

# Glavni projekt stambene zgrade u Splitu

---

Lagator, Karmen

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*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:123:619953>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Karmen Lagator**

**Split, 2024.**

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

**Karmen Lagator**

**Glavni projekt stambene zgrade u Splitu**

**Diplomski rad**

**Split, 2024.**



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO  
KANDIDAT: Karmen Lagator  
MATIČNI BROJ: 0083223618  
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove  
KOLEGIJ: Betonske konstrukcije

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Glavni projekt stambene zgrade u Splitu

Opis zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt stambene zgrade u Splitu. Projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračune
- građevinske nacрте

U Splitu, 20.09.2024.

Mentor:  
doc. dr. sc. Marija Smilović Zulim

Predsjednik Povjerenstva za završne i  
diplomske ispite studija Građevinarstvo:  
izv. prof. dr. sc. Ivan Balić



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

kojom ja, Karmen Lagator, JMBAG: 0083223618, studentica Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, kao autorica ovog diplomskog rada izjavljujem da sam ga izradila samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Marije Smilović Zulim.

U radu sam primijenila metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju rada. Tuđe spoznaje, zaključke, teorije, formulacije i grafičke prikaze koje sam izravno ili parafrazirajući navela u radu citirala sam i povezala s korištenim bibliografskim jedinicama.

---

(vlastoručni potpis studenta/ice)

# **Glavni projekt stambene zgrade u Splitu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt stambene zgrade koja se nalazi u Splitu.

Predmetna građevina je stambena građevina i sastoji se od 6 stambenih jedinica na 4 nadzemne etaže, kao i podrumom koji služi kao garaža.

Građevina je projektirana kao armirano-betonska konstrukcija s armirano betonskom temeljnom pločom, zidovima, stupovima te armirano betonskim pločama kao međukatnom konstrukcijom.

Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

## ***Ključne riječi:***

Stambena zgrada, glavni projekt, armirano-betonska konstrukcija

# **Main design project of a residential building in Split**

## ***Abstract:***

The main design project of a residential building, which is located in Split, is presented in this work.

The subject building is a residential building consisting of 6 residential units on 4 above-ground floors, with a basement serving as a garage.

The building is designed as a reinforced concrete structure with reinforced concrete foundation plate, walls, columns and reinforced concrete plates as inter-floor structures.

The project includes: a technical description of the construction, general and special technical conditions, control plan and quality assurance plan, a calculation of the main structural elements and characteristic construction plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

*Residential building, main design, reinforced concrete structure*

# S a d r Ź a j

<b>1. TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>1</b>
1.1 Općenito ( projektni zadatak ) .....	1
1.2 Oblik i veličina građevinske čestice .....	1
1.3 Namjena građevine .....	2
1.4 Konstruktivne pojedinosti – općenito.....	7
<b>2. PLAN KONTROLE I OSIGURANJE KVALITETE.....</b>	<b>8</b>
2.1 Općenito.....	8
2.2 Opći podatci i definicije .....	9
2.3 Postizanje zahtijevane geometrije .....	12
2.4 Kontrola kvalitete .....	12
2.5 Materijali .....	13
2.6 Zemljani radovi.....	17
2.7 Betonski i armiranobetonski radovi.....	17
2.8 Ostali radovi i materijali .....	20
2.9 Kontrolna ispitivanja .....	20
2.10 Nadzor .....	21
2.11 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole.....	22
2.12 Uporabni vijek održavanja građevine.....	26
<b>3. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI.....</b>	<b>29</b>
3.1 Oplata i skele .....	29
3.2 Transport i ugradnja betona .....	30
3.3 Betoniranje pri visokim temperaturama .....	31
3.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	32
3.5 Dužnosti izvođača.....	32
3.6 Način zbrinjavanja građevnog otpada .....	32

<b>4. PLANOVI POZICIJA .....</b>	<b>35</b>
<b>5. ANALIZA OPTEREĆENJA .....</b>	<b>36</b>
5.1 Stalno opterećenje (vlastita težina).....	36
5.2 Dodatno stalno opterećenje .....	37
5.3 Pokretno opterećenje .....	39
5.4 Opterećenje snijegom .....	40
5.5 Potresno opterećenje.....	42
5.5.1 Prikaz rezultata potresnog djelovanja (modalne analize) .....	46
<b>6. NUMERIČKI MODEL .....</b>	<b>49</b>
6.1 Granično stanje uporabljivosti.....	49
6.2 Granično stanje nosivosti.....	50
<b>7. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....</b>	<b>52</b>
7.1 Proračun krovne ploče (POZ 500).....	52
7.1.1 Dimenzioniranje na savijanje – GSN.....	54
7.1.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	59
7.2 Proračun međukatne ploče (POZ 400) .....	63
7.2.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN .....	65
7.2.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	70
7.3 Proračun međukatne ploče (POZ 300 i POZ 200).....	73
7.3.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN .....	75
7.3.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	80
7.4 Proračun ploče prizemlja (POZ 100).....	83
7.4.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN .....	85
7.4.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	90
7.5 Proračun AB greda (POZ 100 i POZ 500) .....	93
7.5.1 Greda (G101) 30x58 cm .....	93
7.5.2 Greda (G102) 20x73 cm .....	100



7.5.3 Greda (G103) 20x73 cm .....	107
7.5.4 Greda (G104) 20x73 cm .....	114
7.5.5 Greda (G105) 20x58 cm .....	121
7.5.6 Greda (G501) 20x58 cm .....	128
<b>8. PRORAČUN STUBIŠTA .....</b>	<b>135</b>
<b>9. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>137</b>
9.1 Dimenzioniranje zidova.....	137
9.1.1 Zid u smjeru X .....	138
9.1.2 Zid u smjeru Y .....	144
9.1.3 Karakteristični zid podruma.....	150
9.1.4 Visokostijeni nosač .....	157
9.2 Dimenzioniranje stupova.....	159
9.2.1 Rezultati proračuna stupa (S101) 30x35 cm.....	160
9.2.2 Proračun na poprečnu silu.....	165
<b>10. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE (POZ 000) .....</b>	<b>167</b>
10.1 Kontaktna naprezanja .....	168
10.2 Dimenzioniranje na savijanje .....	169
10.3. Dimenzioniranje na proboj .....	172
<b>11. LITERATURA .....</b>	<b>174</b>
<b>12. GRAFIČKI PRILOZI .....</b>	<b>175</b>

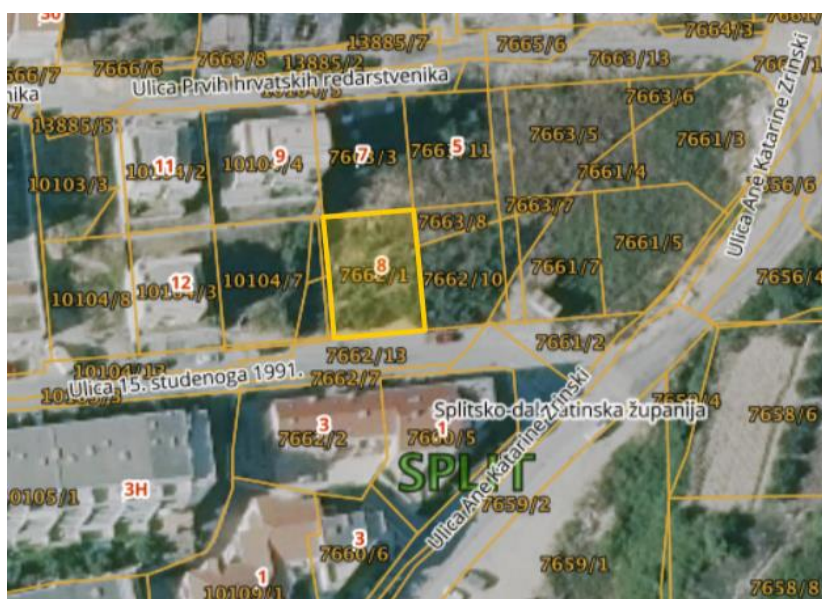
# 1. TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE

## 1.1 Općenito ( projektni zadatak )

Predmet ovog rada je izrada glavnog projekta stambene građevine u Splitu, predio Žnjan. Građevinska čestica na kojoj investitor namjerava izgraditi stambenu zgradu nalazi se u Ulici 15. studenoga 1991. na Žnjanu u Splitu.

Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg stambenog objekta.

Ovaj glavni projekt usklađen je sa svim prostorno – planskim parametrima s važećom lokacijskom dozvolom, formiranje čestice, namjena građevine, veličina i površina građevine, izgrađenost, visina, broj etaža, smještaj građevine na građevinskoj čestici, uređenje čestice, priključenje na javno – prometnu površinu i komunalnu infrastrukturu, parkirališna mjesta.



Slika 1.1. Prikaz pozicije predmetne čestice

## 1.2 Oblik i veličina građevinske čestice

Parcela je pravilnog oblika površine oko 367 m<sup>2</sup>. Objekt je projektiran kao zasebna armiranobetonska konstrukcijska cjelina, a tlocrtna površina objekta je 206,5 m<sup>2</sup>. Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti pješačkog i kolnog pristupa s glavnih prometnica.

### 1.3 Namjena građevine

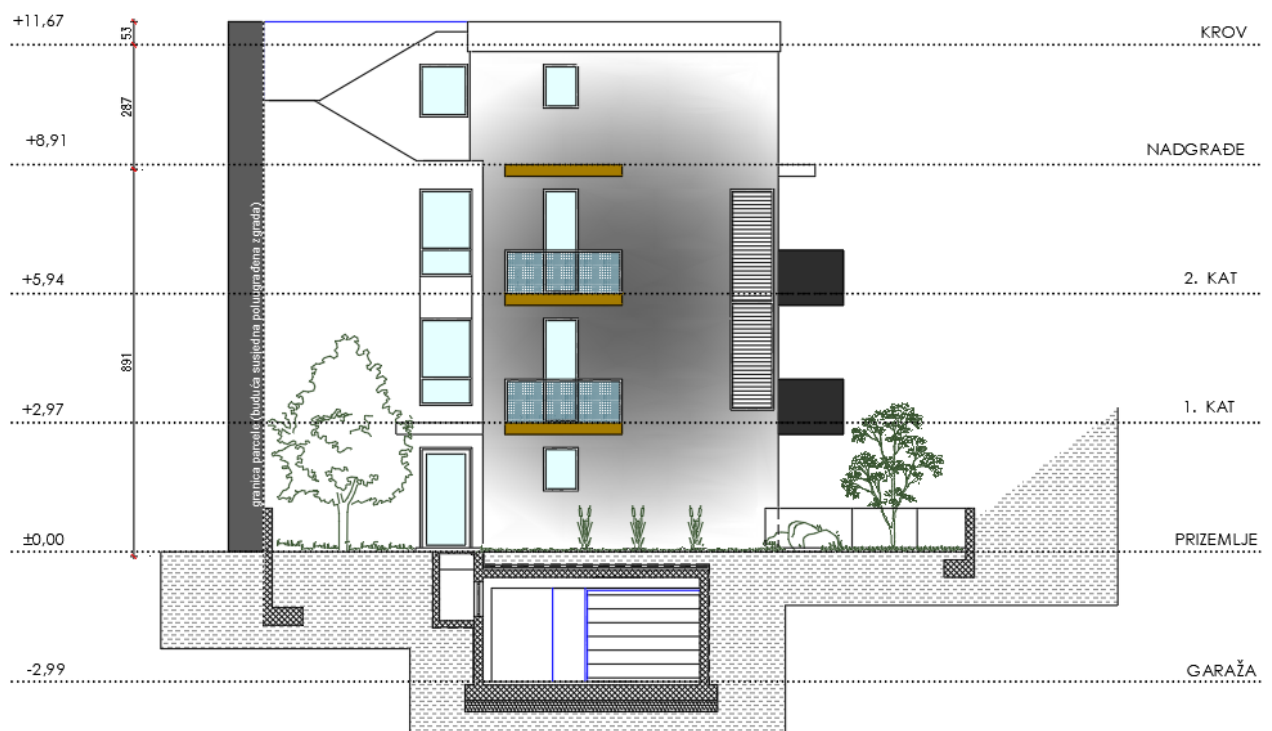
Namjena građevine je stambena. Planirana stambena zgrada se sastoji od 5 etaža (PO+P+2K+N) s ravnim krovom. Zgrada ima 4 nadzemne etaže (prizemlje, 2 kata i nadgrađe) i podrum nepravilnih tlocrtnih dimenzija i površine 206,5 m<sup>2</sup>. Nadgrađe je malo uvučeno u odnosu na katove, a krovna konstrukcija je ravna armiranobetonska ploča.

Maksimalna visina građevine iznosi 15,62 m mjereno od dna temeljne ploče, dok je maksimalna visina nad terenom (od relativne kote 0.00) 12,20 m.

Stubište čini vertikalnu komunikaciju podruma, prizemlja i katova.

Kolni ulaz u podrum nalazi se s južne strane, a pješački ulaz u zgradu moguć kroz jedan ulaz s nivoa prizemlja zgrade.

Visina prizemlja i katova gledano od vrha ploče jednog kata do vrha ploče drugog kata je 2,97 m, visina etaže nadgrađa je 2,87 m, dok je etaža podruma visine 2,96 m.



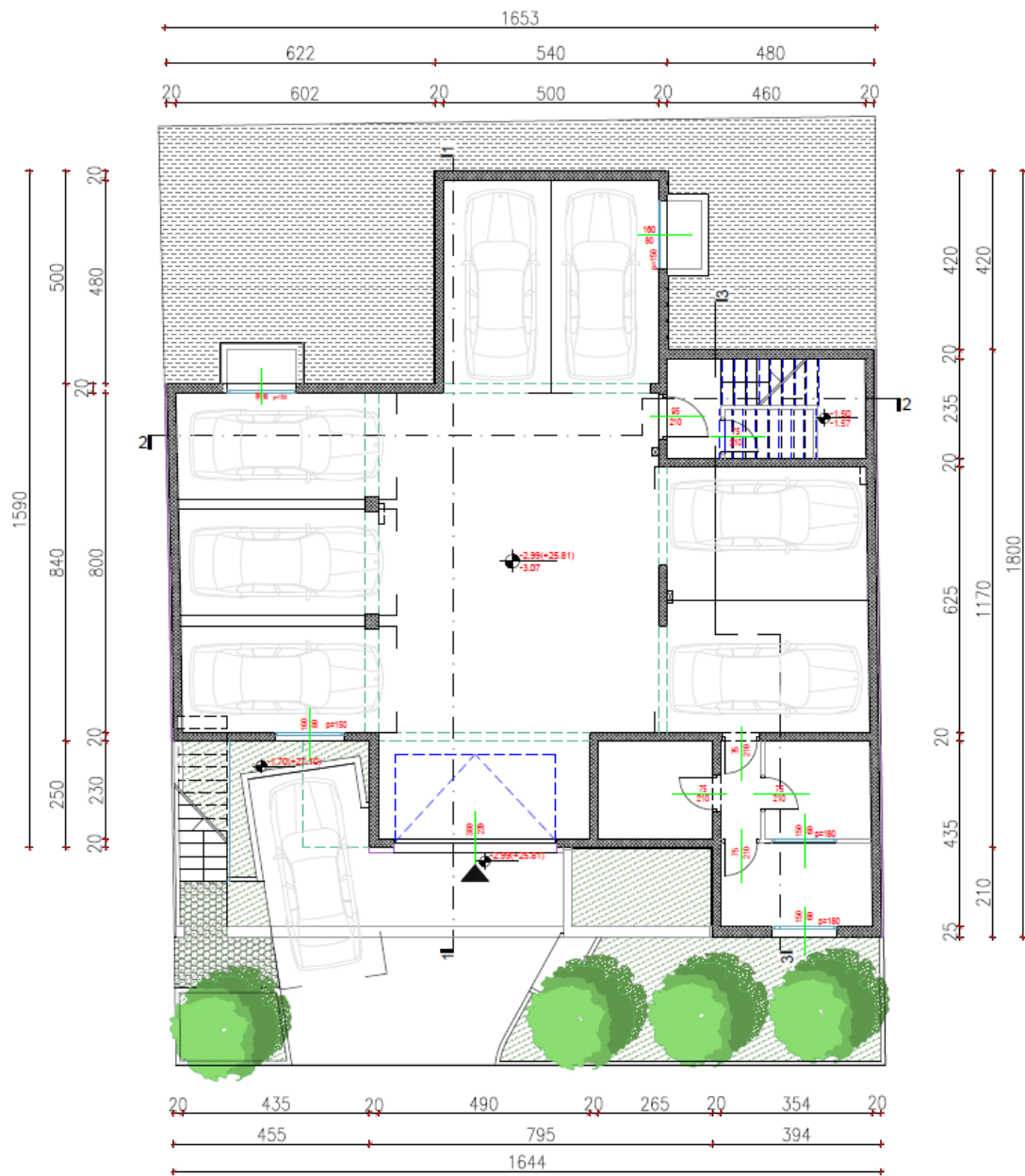
Slika 1.2. Sjeverno pročelje



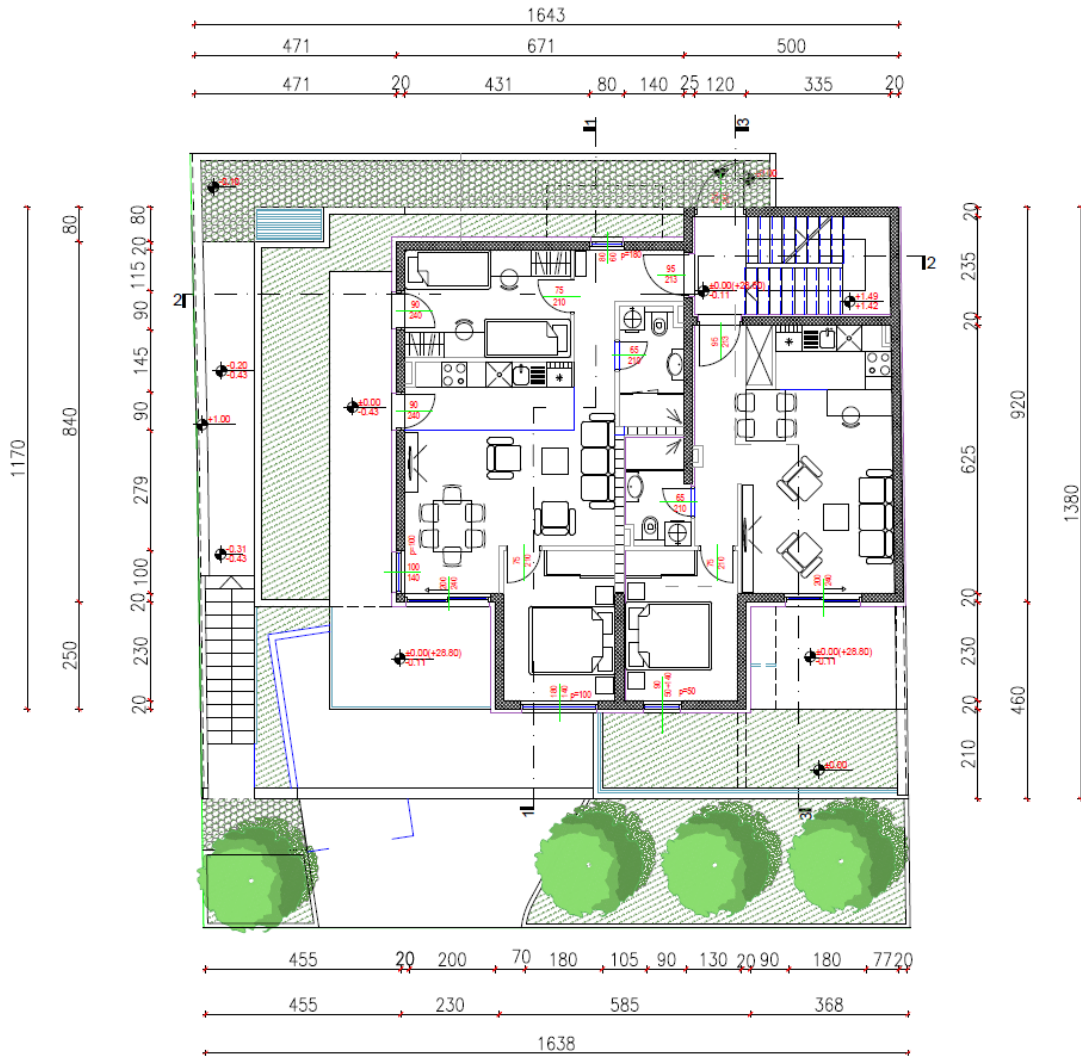
Slika 1.3. Južno pročelje



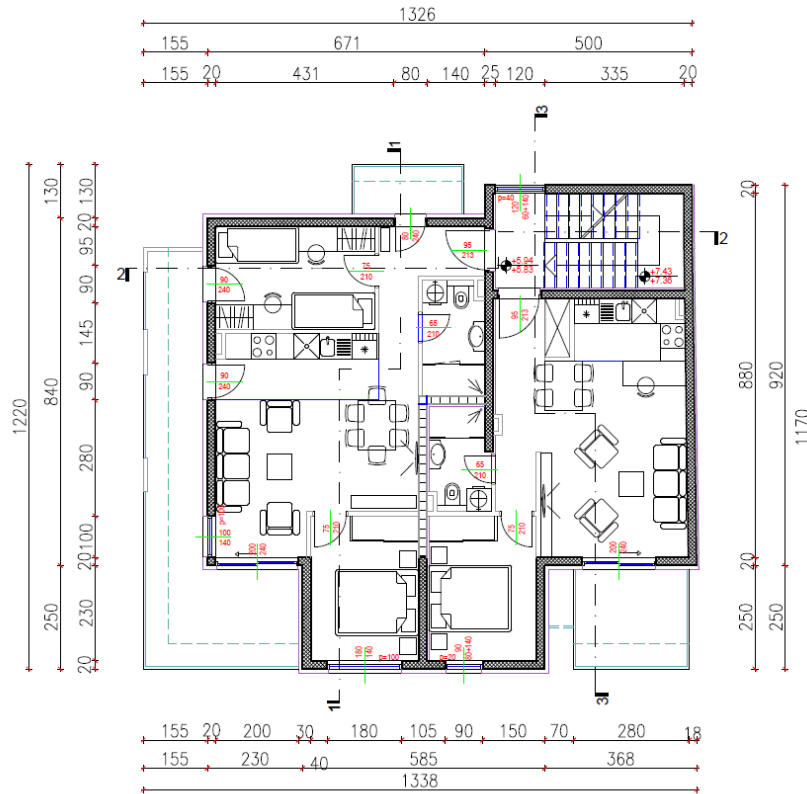
Slika 1.4. Zapadno pročelje



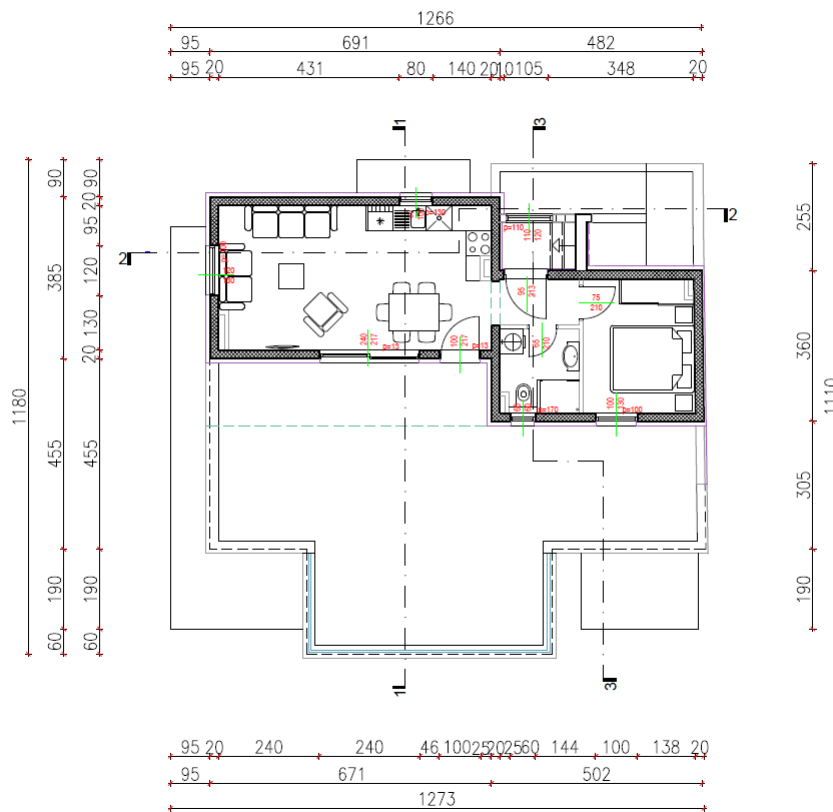
Slika 1.5. Tlocrt podruma



Slika 1.6. Tlocrt prizemlja



Slika 1.7. Tlocrt 1. i 2. kata



Slika 1.8. Tlocrt nadgrađa

#### **1.4 Konstruktivne pojedinosti – općenito**

Predmetna građevina projektirana je kao standardna armirano – betonska konstrukcija koja će se izvesti prema ovom projektu. Nosiva konstrukcija sastoji se od sustava armiranobetonskih zidova i stupova. Zidovi u podrumu su debljine  $d=20$  cm, a stupovi su pravokutnog poprečnog presjeka dimenzija  $b/h=30/35$  cm. Nosiva konstrukcija ostalih etaža se sastoji od armiranobetonskih zidova debljine  $d=20$  cm.

Na objektu će se izvesti ravni krov.

Temelji objekta izvesti će se kao temeljna ploča. Dubina temelja je definirana arhitektonskim projektom.

Vertikalni nosivi elementi su povezani armiranobetonskim gredama i međukatnim konstrukcijama koje su armiranobetonske ploče. Debljina ploče nad katovima i nadgrađem je 16 cm, stropne ploče podruma 18 cm, a debljina temeljne ploče 35 cm.

Zidovi i stupovi prenose opterećenje sa stropnih konstrukcija na temeljnu ploču, preuzimaju seizmička opterećenja, te je za zidove napravljen dokaz seizmičke otpornosti.



## 2. PLAN KONTROLE I OSIGURANJE KVALITETE

### 2.1 Općenito

Predmetni je projekt usklađen sa sljedećim posebnim zakonima, drugim propisima i posebnim uvjetima:

- Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19,125/19)
- Zakon o zaštiti na radu RH (NN 71/14,118/14,154/14,94/18, 96/18)
- Zakon o normizaciji (NN 80/13)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18, 110/19)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18, 104/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)
- HRN EN 1990 - Eurokod 0 :Osnove projektiranja konstrukcija
- HRN EN 1991 - Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije
- HRN EN 1992 - Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija
- HRN EN 1996 - Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija
- HRN EN 1997 - Eurokod 7: Geotehničko projektiranje
- HRN EN 1998 - Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija
- Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (»Službeni list« 31/81, 29/83, 20/88 i 52/90).
- Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton (»Službeni list« 11/87)
- Pravilnik o tehničkim normativima za djelovanja nosivih građevinskih konstrukcija (»Službeni list« 26/88).
- Pravilnik o kontroli projekata (NN 32/14)
- Pravilnik o tehničkim dopuštenjima za građevne proizvode (NN 103/08)
- Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 103/08,147/09,87/10,129/11)

– Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda (NN 113/08)

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija s projektantom. Izvođač je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera i povremeni projektantski nadzor.

## 2.2 Opći podatci i definicije

### PRIMJENA OPĆIH TEHNIČKIH UVJETA

Tehnički uvjeti i program kontrole kvaliteta sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, tehnologiju izvođenja i način ocjenjivanja kvalitete. Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su neophodni za potpuno dovršenje predmetne građevine. Primjena ovih Tehničkih uvjeta je obvezna. Ovi tehnički uvjeti izrađeni su sukladno Zakonu o gradnji (NN. br. 153/13, 20/17, 39/19, 125/19). Svi sudionici u građenju (investitor, izvođač i dr.) dužni su se pridržavati odredbi navedenog zakona i drugih zakona, pravilnika i tehničkih propisa na koje upućuje navedeni zakon.

#### Investitor je dužan:

- projektiranje, građenje i nadzor povjeriti osobama ovlaštenim za obavljanje tih djelatnosti
- riješiti osiguranje zemljišta te sve imovinsko-pravne odnose
- prije gradnje ishoditi građevinsku dozvolu
- osigurati stručni nadzor nad građenjem
- osigurati potrebni tehnološki i projektantski nadzor pri izvedbi nosive konstrukcije
- osigurati provedbu kontrolnih ispitivanja ugrađenih materijala pri izvedbi nosive konstrukcije
- po završetku gradnje poduzeti potrebne radnje za obavljanje tehničkog pregleda i ishođenje uporabne dozvole
- pridržavati se ostalih obveza po navedenom zakonu

Izvođač je dužan:

- radove izvoditi prema ugovoru u skladu s građevinskom dozvolom i drugim dokumentima
- radove izvoditi prema projektima za koje je izdana građevinska dozvola, a u skladu s tehničkim propisima i pravilima struke
- organizirati kontrolu svih radova u izvedbi
- radove izvoditi na način da zadovolje svojstva u smislu: pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti za slučaj požara, zaštite zdravlja ljudi, zaštite korisnika od povreda, zaštite od buke i vibracija, toplinske zaštite i uštede energije, zaštite od korozije, te ostala funkcionalna i zaštitna svojstva
- ugrađivati materijale, opremu i proizvode predviđene projektom, provjerene u praksi, a čija je kvaliteta dokazana certifikatima i tehničkim dopuštenjima sukladno važećim propisima i normama
- osigurati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme, statistički obrađenim rezultatima obavljenih ispitivanja i na drugi način, te certifikatima izdanim prema važećim tehničkim propisima i svim uvjetima danim u ovom poglavlju
- izvođač je dužan odrediti voditelja građenja na projektiranom objektu, a prema potrebi i za pojedine vrste radova
- izraditi program popravaka eventualnih oštećenja pojedinih elemenata konstrukcije i predložiti ga nadzornom inženjeru i projektantu konstrukcije na odobrenje
- izvođač osigurava ili izrađuje svu navedenu dokumentaciju u potpoglavlju “dokumentacija koju osigurava izvođač radova”.

Dokumentacija koju osigurava izvođač radova:

Da bi se osigurao ispravan tok i kvaliteta građenja, izvođač mora na gradilištu posjedovati odgovarajuću dokumentaciju za građenje i pridržavati se nje kako slijedi:

- lokacijsku dozvolu (ako je potrebna) i građevinsku dozvolu
- projektnu dokumentaciju potrebnu za izvođenje (glavni i izvedbeni projekt ovjeren od strane projektanata)
- projekt pripremnih radova i organizacije gradilišta
- projekt tehnologije i izvođenja pojedinih radova
- projekt zaštite gradilišta, radova u izgradnji, sigurnosti ljudi i zaštite na radu
- zapisnik o iskolčenju objekta i način osiguranja stalnih točaka iskolčenja

- uredno vođen građevinski dnevnik i građevinsku knjigu s obračunskim nacrtima
- dokumentaciju kojom se dokazuje tražena kvaliteta radova, konstrukcija i ugrađenog materijala i opreme (potvrde o sukladnosti, uvjerenja, certifikati, jamstveni listovi i sl.), a naročito:
  - program ispitivanja kvalitete ugrađenog betona i izvještaje o ispitivanju betona od strane ovlaštene institucije,
  - potvrde o sukladnosti čeličnih elemenata konstrukcije te dokaze kvalitete spojeva,
  - izvještaje o prethodnim ispitivanjima za materijale koji se ugrađuju, ako se proizvode na gradilištu,
  - izvještaje o svim ostalim ispitivanjima koja su provedena po nalogu za ispitivanju nadzornog inženjera ili bez njegovog naloga, a koja su potrebna radi dokazivanja kvalitete izvedenih radova i ugrađenih materijala.

#### Kontrolna ispitivanja:

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala, koji se ugrađuje u građevinu, mora se cijelo vrijeme građenja voditi evidencija te voditi izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala sukladno projektu, ovom programu ili citiranim pravilnicima, normama i standardima.

Izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala mora sadržavati sljedeće dijelove:

- naziv materijala, laboratorijsku oznaku uzorka, količinu uzoraka, namjenu materijala, mjesto  
i vrijeme (datum) uzimanja uzorka te izvršenih ispitivanja, podatke o proizvođaču i investitoru, podatke o građevini za koju se uzimaju uzorci odnosno vrši ispitivanje
- prikaz svih rezultata, laboratorijskih, terenskih ispitivanja za koja se izdaje uvjerenje odnosno  
ocjena kvalitete
- ocjenu kvalitete i mišljenje o pogodnosti (uporabljivosti) materijala za primjenu na navedenoj  
građevini te rok do kojega vrijedi izvješće

Uzimanje uzoraka i rezultati laboratorijskih ispitivanja moraju se upisivati u laboratorijsku i gradilišnu dokumentaciju (građevinski dnevnik). Uz dokumentaciju koja prati isporuku proizvoda ili poluproizvoda proizvođač je dužan priložiti rezultate tekućih ispitivanja koja se odnose na isporučene količine. Potrebno je provesti pregled i ispitivanje nosivih čeličnih konstrukcija glede geometrije, deformabilnosti nosive konstrukcije i vibracija sukladno važećem tehničkom propisu.

Program ispitivanja potrebno je prethodno usuglasiti s nadzornim inženjerom i projektantom konstrukcije. Sva izvješća, potvrde sukladnosti, certifikati i drugi dokazi kvalitete moraju se odmah po dobivanju dostaviti i nadzornom inženjeru.

### **2.3 Postizanje zahtijevane geometrije**

Nužan je stalni geodetski nadzor. Tijekom građenja vršiti:

- stalnu kontrolu geometrije svih elemenata i objekta kao cjeline
- kontrolu osiguranja svih točaka
- kontrolu postavljenih profila
- kontrolu repera i poligonalnih točaka

### **2.4 Kontrola kvalitete**

Tehnička svojstva, ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava i dokazivanje uporabljivosti građevnih proizvoda, koji se ugrađuju u građevinu, te uvjete za njihovo stavljanje na tržište, distribuciju i uporabu u mjeri potrebnoj za ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu propisano je Zakonom o građevnim proizvodima (NN 76/13, NN 30/14, NN 130/17) i pripadajućim pravilnicima.

Tehnička svojstva građevnog proizvoda moraju biti takva da uz propisanu ugradnju sukladno namjeni građevine, uz propisano, tj. projektom određeno održavanje podnose sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaja okoline, tako da građevina u koju je ugrađen tijekom projektiranog roka uporabe ispunjava bitne zahtjeve za građevinu. Proizvođač, uvoznik, ovlašteni zastupnik i distributer dužni su poduzimanjem odgovarajućih mjera osigurati da tehnička svojstva građevnog proizvoda tijekom njegove distribucije ostanu nepromijenjena. Izvođač i druga osoba koja je preuzela građevni proizvod radi građenja dužni su poduzimanjem odgovarajućih mjera osigurati da tehnička svojstva građevnog proizvoda od njegova preuzimanja do ugradnje ostanu nepromijenjena. Građevni proizvod je uporabljiv ako su njegova tehnička svojstva sukladna tehničkoj specifikaciji. Uporabljivost građevnog proizvoda dokazuje se, ovisno o njegovoj vrsti i tehničkoj specifikaciji, izjavom o svojstvima koja se izdaje nakon provedbe, odnosno osiguranja provedbe postupka ocjenjivanja i provjere stalnosti tehničkih svojstava građevnog proizvoda s tehničkom specifikacijom te oznakom koja potvrđuje sukladnost građevnoga proizvoda s objavljenim svojstvima u odnosu na bitne značajke obuhvaćene tom specifikacijom. Isprave o stalnosti svojstava građevnog proizvoda su certifikat o stalnosti svojstava proizvoda i izjava o

svojstvima. Certifikat o stalnosti svojstava izdaje ovlaštena pravna osoba na zahtjev proizvođača, ovlaštenog zastupnika, odnosno uvoznika građevnog proizvoda, koji snosi troškove njezina izdavanja. Izjavu o svojstvima izdaje proizvođač, ovlašteni zastupnik, odnosno uvoznik građevnog proizvoda. Proizvođač, ovlašteni zastupnik, odnosno uvoznik građevnog proizvoda mora prije stavljanja na tržište, odnosno uporabe građevnog proizvoda izraditi tehničke upute i proizvod označiti oznakom koja potvrđuje sukladnost građevnoga proizvoda s objavljenim svojstvima u odnosu na bitne značajke obuhvaćene tom specifikacijom. Građevni proizvod se ne smije stavljati na tržište niti distribuirati bez tehničke upute i oznake koja potvrđuje sukladnost građevnoga proizvoda s objavljenim svojstvima u odnosu na bitne značajke obuhvaćene tom specifikacijom. Tehničke upute moraju slijediti svaki građevni proizvod koji se isporučuje. Kada se dva ili više istih građevnih proizvoda isporučuju odjednom, tehničke upute moraju slijediti svako pojedinačno pakiranje. Kod isporuke građevnog proizvoda u rasutom stanju tehničke upute moraju slijediti svaku pojedinačnu isporuku. Za građevni proizvod za koji nije donesen tehnički propis uporabljivost se dokazuje prema priznatim tehničkim pravilima.

Propisane mjere kontrole kvalitete i nadzora osiguravaju da zahtijevana kvaliteta bude i dosegnuta tijekom izvođenja. Gotovi građevni proizvodi koji se ugrađuju moraju imati popratne izjave o svojstvima. Kontrola kvalitete podrazumijeva laboratorijska ispitivanja materijala, kao i ispitivanje izvedenih radova. Ispitivanje treba provoditi prema postupcima ispitivanja propisanim tehničkim specifikacijama. Provjera stalnosti svojstava je dio vanjske provjere, a provodi se da bi se utvrdilo da li su određena proizvodnja ili rad izvedeni prema ugovornim odredbama. Sustav certificiranja o stalnosti svojstava građevnih proizvoda propisan je Pravilnikom o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 103/08, NN 147/09, NN 87/10, NN 129/11).

## **2.5 Materijali**

Na osnovu rezultata početnih ispitivanja sastojaka i svojstava betona odabrati će se isporučitelji sastojaka. Odabrani cement, agregat i voda moraju zadovoljavati uvjete propisane u normi HRN EN 206-1 i tamo navedenim normama. Za proizvodnju betona mogu se upotrebljavati samo sastojci betona koji imaju propisanu deklaraciju i certifikat o sukladnosti s odgovarajućim specifikacijama. Vrste i učestalost nadzora/kontrole ispitivanja opreme i sastojaka betona provode se prema HRN EN 206-1.

### ➤ CEMENT

Za proizvodnju betona mogu se upotrebljavati samo cementi čija su osnovna svojstva uvjetovana propisima odgovarajućih standarda, prethodno dokazana. Prethodna ispitivanja i dokaze podobnosti cementa za betonske radove obavlja institucija ovlaštena za poslove provođenja dokaza sukladnosti kvalitete cementa. Prethodni dokaz kvalitete mora se pribaviti za svaku vrstu i razred cementa pri čemu se pod vrstom cementa podrazumijeva cement određene oznake i određenog proizvođača. Na prijedlog izvođača, odluku o vrsti cementa donosi projektant ili nadzorni inženjer na temelju prethodnih ispitivanja i certifikata ovlaštene ustanove. Ovim projektom zahtijeva se da cementi trebaju biti razreda tlačne čvrstoće 42,5N prema normi HRN EN 197-1.

### ➤ VODA

Ako se koristi voda iz javnog vodovoda može se upotrebljavati bez potrebe dokazivanja uporabljivosti. Ako se za pripremanje betona koristi voda koja nije pitka izvođač mora prethodno dokazati uporabljivost te vode u skladu s normom HRN EN 1008:2002, najmanje jednom svaka tri mjeseca (postojanje soli, sadržaj organskih tvari). Voda ne smije sadržavati nikakve sastojke koji bi mogli ugroziti kvalitetu ili izgled betona ili morta. Isto vrijedi za vodu za njegovanje svježeg betona. Kontrola vode za pripremu betona provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda i u betonari na gradilištu prije prve upotrebe.

### ➤ AGREGAT

Tehnička svojstva agregata, ovisno o porijeklu, opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu u betonu, moraju biti specificirana prema normi HRN EN 12620, normama na koje ta norma upućuje kao i odredbama TPGK. Razred kvalitete i sva svojstva agregata određena su prema normi HRN EN 206-1 "Beton -1 dio Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost" i drugim važećim HRN normama. Potvrđivanje sukladnosti agregata provodi se prema odredbama dodatka za norme HRN EN 12620 i odredbama posebnog propisa (Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama sukladnosti i označavanju građevinskih proizvoda). Kontrola agregata prije proizvodnje betona provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za predgotovljene betonske proizvode i u betonari na gradilištu prema normi HRN EN 206-1.

### ➤ DODACI BETONU (KEMIJSKI I MINERALNI)

Kontrola kemijskih i mineralnih dodataka betonu provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda i u betonari na gradilištu prema normi HRN EN 206-1. Preporučuje se uzimanje uzoraka i odlaganje za svaku isporuku.

#### ➤ Kemijski dodaci betonu

Opća prikladnost kemijskih dodataka utvrđuje se ispitivanjem prema HRN EN 934-2. Za konkretnu primjenu kemijskih dodataka izvođač mora pribaviti certifikat prije početka prethodnih ispitivanja.

Prethodna ispitivanja: Prikladnost kemijskih dodataka za konkretnu primjenu mora se utvrditi tijekom prethodnih ispitivanja betona.

Kontrolna ispitivanja: Izvođač je dužan predočiti certifikat za svaku pošiljku svih dodataka Nadzornom inženjeru, koji odobrava upotrebu dodataka za svaku vrstu i svaki cement posebno. Za svaku pošiljku kemijskih dodataka izvođač mora prije uporabe, u laboratoriju gradilišta provjeriti njegovu kompatibilnost s betonom.

#### ➤ Mineralni dodaci betonu

Za konkretnu primjenu mineralnih dodataka izvođač mora pribaviti certifikat prije početka prethodnih ispitivanja.

Prethodna ispitivanja: Prikladnost mineralnih dodataka za konkretnu primjenu mora se utvrditi tijekom prethodnih ispitivanja betona.

Kontrolna ispitivanja: Izvođač je dužan predočiti certifikat za svaku pošiljku svih mineralnih dodataka nadzornom inženjeru, koji odobrava upotrebu dodataka za svaku vrstu i svaki cement posebno.

### ➤ BETON

Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37, a sve prema "Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije" (NN 17/17).

### ➤ ARMATURA

Vrsta čelika za armiranje koja se upotrebljava mora biti sukladna Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije (NN. br. 17/17, 75/20). Čelik za armiranje mora imati isprave o sukladnosti u skladu s Pravilnikom o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i



označavanju građevnih proizvoda (NN.br. 103/08, 147/09, 87/10, 129/11). Za armirano betonske konstrukcije predviđen je slijedeći čelik za armiranje prikazan u tablici 2.1.

Predviđena armatura je B 500B za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3 cm.

Veličina zaštitnog sloja osigurava se dostatnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja treba osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema zahtjevima ovog projekta i projektu betona, kojeg je dužan izraditi izvođač radova. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta.

Treba u potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva upotrijebljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći. Skidanje oplata za grede i ploče može se izvršiti nakon što beton postigne min. 70% čvrstoće (cca 7 dana uz normalnu njegu betona). Za temelje se može upotrijebiti beton niže klase.

Tablica 2.1. Čelik za armiranje armirano betonskih konstrukcija

Konstrukcijski elementi	Čelik za armiranje
Temelji, grede i stupovi	– rebraste šipke B 500 razreda duktilnosti B ( $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ - karakteristična granica razvlačenja)
Stropne ploče	– rebraste šipke B 500 razreda duktilnosti B ( $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ - karakteristična granica razvlačenja) – zavarene mreže B 500 razreda duktilnosti A ( $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ - karakteristična granica razvlačenja)
Zidovi	– rebraste šipke B 500 razreda duktilnosti B ( $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ - karakteristična granica razvlačenja) – zavarene mreže B 500 razreda duktilnosti B ( $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ - karakteristična granica razvlačenja)

Svojstava čelika potrebno je dokazati sukladno normi HRN EN 10020, nizovima normi HRN EN 1130 i normi HRN EN 10080. Nastavljanje armature zavarivanjem izvoditi sukladno normama HRN EN ISO 17660-1 i HRN EN ISO 17660-2.

## 2.6 Zemljani radovi

### ISKOPI

Tijekom radova na iskopima kontrolirati sljedeće:

- iskop se obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta, te sa propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla)
- tijekom rada ne smije doći do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- ne smiju se iskapati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa
- za vrijeme rada na iskopu, pa do završetka svih radova na objektu, izvođač je dužan osigurati pravilnu odvodnju, ne smije dozvoliti zadržavanje vode u iskopima
- vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom elaboratu, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu građevine

### NASIPI

Kontrolu kvalitete materijala za izradu nasipa vršiti prema važećim normama. Kontrolom i tekućim ispitivanjima obuhvatiti:

- Određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stišljivosti (Ms)
- Ispitivanje granulometrije nasipanog materijala

Nasipanje izvoditi po propisanim debljinama slojeva i s propisanom zbijenošću. Kontrola zbijenosti vrši se probno po slojevima i obvezno na vrhu.

## 2.7 Betonski i armiranobetonski radovi

Beton i armirani beton potrebno je proizvoditi, ugrađivati i kontrolirati u skladu s HRN 1128:2007 "Beton - Smjernice za primjenu norme HRN EN 206-1", HRN EN 206-1 "Beton -1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost" i HRN EN 13670:2010 "Izvođenje betonskih konstrukcija", te u njima propisanim normama.

## BETON

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta.

Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona (kojeg je dužan izraditi izvođač), a u svemu sukladno s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (N.N.17/17) te sa svim pratećim normativima.

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije.

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrstnalog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima. Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti projektanta i investitora. Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

## BETONSKI ČELIK

Betonski čelik treba udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme:

- nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
- nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
- nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)

- nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999),
- nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
- nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodataka A norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B500 u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

## **PREKIDI BETONIRANJA**

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

## **OPLATA**

Za izvedbu svih betonskih i armiranobetonskih elemenata potrebno je pravovremeno izraditi, postaviti i učvrstiti odgovarajuću drvenu, metalnu ili sličnu oplatu. Oplata mora odgovarati mjerama građevinskih nacрта, detalja i planova oplata. Podupiranjem i razupiranjem oplata mora se osigurati njena stabilnost i nedeformabilnost pod teretom ugrađene mješavine. Unutarnje površine moraju biti ravne i glatke, bilo da su vertikalne, horizontalne ili kose. Postavljena oplata mora se lako i jednostavno rastaviti, bez udaranja i upotrebe pomoćnih alata i sredstava čime bi se "mlada" konstrukcija izložila štetnim vibracijama. Ako se nakon skidanja oplata ustanovi da izvedena konstrukcija dimenzijama i oblikom ne odgovara projektu izvođač je obavezan istu srušiti i ponovo izvesti prema projektu. Prije ugradnje svježe mješavine betona u oplatu istu, ako je drvena, potrebno je dobro navlažiti, a ako je metalna mora se premazati odgovarajućim premazom.

Izvođač ne može započeti betoniranje dok nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri. Izvođač je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta.

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima.

Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

## **2.8 Ostali radovi i materijali**

Svi ostali materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve upotrijebljene materijale provode se tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost projektanta i investitora. Za vrijeme izvođenja radova potreban je stalni tehnički nadzor.

Preporuča se stalni kvalificirani nadzor građevinske struke koji će moći realizirati sve postavke iz ovog proračuna.

## **2.9 Kontrolna ispitivanja**

Kontrolna ispitivanja provodi nadzorni organ, a za konačnu ocjenu kvalitete materijala i radova mjerodavni su rezultati kontrolnog ispitivanja. Kontrolna ispitivanja obavljaju se u tijeku izvedbe radova po vrsti, obujmu i vremenu, kako to nalažu zakonski propisi i tehnička regulativa.

Ukoliko rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu da kvaliteta upotrijebljenih materijala i izvedenih radova ne odgovara zahtijevanim uvjetima, nadzorni organ je dužan izdati nalog izvođaču da nekvalitetan materijal zamjeni kvalitetnim i radove dovede u ispravno stanje.

Izvođač je dužan napraviti „Projekt betona“, koji će zadovoljiti uvjete date ovom projektnom dokumentacijom, a istovremeno uvažiti tehnologiju proizvodnje i ugradbe betona koju primjenjuje izvođač, te zadovoljiti propisane uvjete. Kontrolu kvalitete betonskih radova treba provjeriti za to registriranoj organizaciji, a za kontrolna ispitivanja je potrebno primijeniti u skladu s „TPGK“ N.N. 17/17.

## 2.10 Nadzor

Pregledi i nadzor trebaju osigurati da se radovi izvršavaju u skladu s ovim Tehničkim uvjetima i zahtjevima projektnih specifikacija. Nadzor u ovom kontekstu odnosi se na verifikaciju (potvrđivanje) sukladnosti svojstava proizvoda i materijala koji će se upotrijebiti i na nadzor nad izvedbom radova. Plan nadzora treba identificirati sve nadzore, motrenja i ispitivanja za potrebne dokaze kvalitete. Glavni nadzor nad provođenjem sustava održavanja kvalitete obavlja glavni nadzorni inženjer (kontinuirano). Glavni nadzorni inženjer može imati pomoćnike-specijaliste iz područja tehnologije betona, proračuna konstrukcije, te prisutnost projektanta koji obavlja projektantski nadzor. U skladu sa zakonskim propisima vanjski nadzor može obavljati i nezavisna ovlaštena organizacija za kontrolu kvalitete. Izvođač radova mora voditi građevinski dnevnik (prema Pravilniku o vođenju građevinskog dnevnika) koji svakodnevno u vrijeme izvođenja radova ispunjava osoba izvođača, a ovjerava nadzorni inženjer kao i svu ostalu dokumentaciju kakvoće korištenih materijala i izvedenih radova. Svi radovi vode se i preuzimaju kroz građevinski dnevnik i to po fazama rada, pri čemu je nužno da za početak radova naredne faze nadzorni inženjer ocjeni kvalitetu izvedenih radova te nakon toga odobri nastavak radova.

### PROJEKTANTSKI NADZOR

Projektantski nadzor nad izvođenjem predmetnih radova obavlja projektant osobno ili preko svojih suradnika. Taj nadzor vodi brigu da se radovi izvedu prema projektu i njegovim dopunama (ako budu postojale) i svrsishodno namjeni koja proizlazi iz projekta. Projektantski nadzor projektanta je povremenog karaktera. Projektant ima pravo donositi odluke u slučaju kada se ukaže potreba da se izvrše izmjene pojedinih dijelova projekta, bilo po opsegu, postupku ili redoslijedu izvođenja radova.

### STRUČNI NADZOR

Potrebno je osigurati stalni stručni nadzor tijekom izvođenja radova. Nadzorni inženjer je predstavnik investitora, plaćen je od investitora i izvršava svoju odgovornost prema njemu. Nadzorni inženjer ima zadatak da kontinuirano prati radove, a za veće radove u punom radnom vremenu. On je odgovoran za tumačenje ugovornih obaveza i izmjena, on uspostavlja kriterije prihvatljivosti, vodi računa da se radovi izvedu u skladu sa projektom i standardima i dobrom praksom, ocjenjuje napredovanje gradnje i određuje dinamiku plaćanja graditelju sukladno količini izvršenih radova i ugrađenom materijalu. U slučaju kakvih većih odstupanja od projektnih

postavki, zapažanja ovog nadzora su mjerodavna kod odluke o nastavku rada. Nadzorni inženjer stalno obavještava vlasnika o toku radova i zadovoljenju roka završetka radova. Nadzorni inženjer mora imati tehničko znanje o građevinskim materijalima i izvođenju gradnje i imati iskustvo s tim te mora zadobiti povjerenje i poštovanje vlasnika i izvođitelja.

## IZVJEŠĆE O IZVEDENIM RADOVIMA

Da bi se sačuvali svi podaci o izvedenom stanju, potrebno je po završenom poslu izraditi izvješće o svim izvedenim radovima. Poseban naglasak u tom izvješću treba staviti na eventualne izmjene u odnosu na predviđeno projektom.

### 2.11 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole

Tablica 2.2. Norme za beton – osnovne norme

HRN EN 206-1:2002	Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)
HRN EN 206-1/A1:2004	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)
nHRN EN 206-1/A2	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/prA2:2004)

Tablica 2.3. Norme za beton – ostale norme

HRN EN 12350-1	Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
HRN EN 12350-2	Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
HRN EN 12350-3	Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
HRN EN 12350-4	Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
HRN EN 12350-5	Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
HRN EN 12350-6	Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća

HRN EN 12350-7	Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
HRN EN 12390-1	Ispitivanje očvrnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrnulog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCEN/TS 12390-9	Ispitivanje očvrnulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
ISO 2859-1	Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine
ISO 3951	Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
HRN U.M1.057	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrnulom betonu
HRN EN12504-1	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
HRN EN 12504-2	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
HRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
HRN EN 12504-4	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima



Tablica 2.4. Norme za čelik za armiranje – osnovne norme

nHRN EN 10080-1	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1.dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
nHRN EN 10080-2	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
nHRN EN 10080-3	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
nHRN EN 10080-4	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
nHRN EN 10080-5	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
nHRN EN 10080-6	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

Tablica 2.5. Norme za čelik za armiranje – ostale norme

HRN EN 10020	Definicije i razredba vrsta čelika
HRN EN 10025	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
HRN EN 10027-1	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
HRN EN 10027-2	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
EN 10079	Definicije čeličnih proizvoda
HRN EN 10204	Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
prEN ISO 17660	Zavarivanje čelika za armiranje
HRN EN 287-1	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
HRN EN 719	Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
HRN EN 729-3	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću

HRN EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
HRN EN ISO 377	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
HRN EN 10002-1	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
HRN EN ISO 15630-1	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armature šipke i žice
HRN EN ISO 15630-2	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

Tablica 2.6. Ostale norme

ENV 1992-1-1	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
ENV 1992-1-2	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo. Izvođač je dužan osiguravati dokaze o svojstvima ugrađenih građevnih proizvoda u odnosu na njihove bitne značajke, dokaze o sukladnosti ugrađene opreme i/ili postrojenja prema posebnom zakonu, isprave o sukladnosti određenih dijelova građevine temeljnim zahtjevima za građevinu, kao i dokaze kvalitete (rezultati ispitivanja, zapisi o provedenim procedurama kontrole kvalitete i dr.) za koje je obveza prikupljanja tijekom izvođenja građevinskih i drugih radova za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku (članak 135. Zakona o gradnji 153/13, 20/17, 39/19,125/19).

Nadzorni inženjer dužan je odrediti provedbu kontrolnih ispitivanja određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu i/ili drugih zahtjeva, odnosno uvjeta predviđenih glavnim projektom ili izvješćem o obavljenoj kontroli projekta i obveze provjere u pogledu građevnih proizvod (članak 58. Zakona o gradnji 153/13, 20/17, 39/19,125/19). Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine (članak 58. Zakona o gradnji 153/13, 20/17, 39/19,125/19).

## 2.12 Uporabni vijek održavanja građevine

Prema prilogu I. Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije NN 17/17, 75/20, 7/22 - I.1.2 Planiranje uporabnog vijeka konstrukcija ovdje se primjenjuje metoda iz procjene uporabnog vijeka građevine primjenom korekcijskih koeficijenata (faktorska metoda) kako je definirana normom HRN ISO 15686-1.

Korekcijski koeficijenti:

koeficijent A - kvaliteta elemenata koji obuhvaća kvalitetu samog projekta elementa

koeficijent B - razine projekta koji obuhvaća montažu elementa u zgradi obzirom na postojanje natprosječne zaštite

koeficijent C - razina izvedbe koji se odnosi na uspješnost pri izvedbi i vjerojatnu razinu kontrole na gradilištu

koeficijent D - unutrašnji okoliš označava ocjenu okoliša, izlaganje uzročnicima degradacije i opasnosti takvog izlaganja

koeficijent E - vanjski okoliš

koeficijent F - uvjeti uporabe

koeficijent G - razina održavanja

ESCL - procijenjeni uporabni vijek

RSCL - referentni uporabni vijek elementa (građevine)

Procjena uporabnog vijeka prema metodi korekcijskih koeficijenata određuje se prema jednadžbi:

$$ESCL = RSCL \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G$$

Za predmetnu građevinu primjenom gornje jednadžbe moguće je procijeniti uporabni vijek građevine:

$$ESCL = 50 \text{ godina}$$

Tablica 2.7. Razredba proračunskog uporabnog vijeka (prema HRN ENV 1991-1):

Razred	Zahtjevani proračunski uporabni vijek (godine)	Primjer
1	1-5	Privremene konstrukcije
2	25	Zamjenjivi dijelovi konstrukcije (npr. grede pokretnih kranova, ležajevi)
3	50	Konstrukcije zgrada ili druge uobičajene konstrukcije
4	100	Monumentalne građevine, mostovi i dr.

## ODRŽAVANJE KONSTRUKCIJE GRAĐEVINE

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema pravilima propisanim člancima 20. do 23. Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22) i normama na koje upućuje Prilog II., te odgovarajućom primjenom odredaba ostalih priloga Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22).

Redoviti pregledi predmetne građevine u svrhu održavanja betonske konstrukcije za predmetnu građevinu provoditi najmanje svakih 10 godina (zgrade). Izvanredne preglede građevine provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, požar, eksplozija i sl.) ili prema zahtjevu inspekcije. Osim ovih pregleda preporučuje se da korisnici i suvlasnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom. Način obavljanja pregleda uključuje:

- vizualni pregled, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine
- utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature, za betonske konstrukcije u umjereno ili jako agresivnom okolišu
- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata betonske konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije. Ovu i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Vlasnici zgrade dužni su postupiti prema potrebnim zahtjevima i mjerama iz dokumentacije o stanju konstrukcije te izvesti neophodne radove održavanja, obnove i izmjene uređaja i dijelova te radove popravka, ojačanja i rekonstrukcije.

Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama.

*Tablica 2.8. Norme za ispitivanje i održavanje građevina*

HRN ENV 13269	Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju
HRN EN 13306	Nazivlje u održavanju
HRN ENV 13670-1:2002	Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)

HRN U.M1.047:1987	Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma
HRN EN 4866:1999	Mehaničke vibracije i udari – Vibracije građevina – Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine (ISO 4866:1990+Dopuna 1:1994+Dopuna 2:1996)
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima
HRN ISO 15686-1:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)
HRN ISO 15686-2:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)
HRN ISO 15686-3:2004	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)
HRN 12504-1:2000	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)
HRN 12504-2:2001	Svojstva betona u konstrukcijama – 2.dio: Nerozorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)
nHRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)
HRN EN 12504-4:2004	Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog impulsa (EN 12504-4:2004)
HRN EN 12390-1:2001	Ispitivanje očvrsloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)
HRN EN 12390-3:2002	Ispitivanje očvrsloga betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća ispitnih uzoraka (EN 12390-3:2001)

### 3. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI

#### 3.1 Oplata i skele

Skele i oplata moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primati opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće. Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplata mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera. Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da izdrže pritiske kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progiba. Nadvišenja oplata dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplata rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona. Žičane spojnice za pridržavanje oplata ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive. Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine. Površina oplata mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prijanjanja za beton premazom vapnom. Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema određenom redosljedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata.

Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija. Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena tršćanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica. Skele moraju biti izrađene prema pravilima struke i propisima Pravilnika o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama u građevinarstvu. Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplate vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplate i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

### **3.2 Transport i ugradnja betona**

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona.

U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja. Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,5 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj. Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona. Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem.

Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom uklješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora. Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45°C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

### 3.3 Betoniranje pri visokim temperaturama

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja. Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere: krupne frakcije agregata hladiti raspršivanjem vode po površini deponije, što se ne preporuča s frakcijama do 8 mm, zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona, deponije pijeska zaštititi nadstrešnicama, silose za cement, rezervoare, miješalicu, cijevi itd. zaštititi od sunca bojenjem u bijelo. Ukoliko ovi postupci hlađenja nisu dostatni, daljnje sniženje temperature može se postići hlađenjem vode u posebnim postrojenjima (coolerima). Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro). Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti. Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redoslijed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.



### 3.4 Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona. Pri ugradnji svježeg beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C. Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

### 3.5 Dužnosti izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku. Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se otkloniti sa gradilišta. Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koji se u toku garantnog roka pojave.

Izvođač ne smije vršiti bušenje armirano – betonskih konstrukcija bez prethodnog odobrenja i uputstava nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik. Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal. Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.

### 3.6 Način zbrinjavanja građevnog otpada

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propis iz tog područja je:

Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike:

- Pravilnik o vrstama otpada
- Pravilnik o postupanju s otpadom, itd.

Prema navedenom zakonu građevni otpad spada u inertni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstavati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade.

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko-fizikalna obrada
- biološka obrada
- termička obrada
- kondicioniranje otpada
- odlaganje otpada

Kemijsko-fizikalna obrada otpada je obrada kemijsko-fizikalnim metodama s ciljem mijenjanja njegovih kemijsko-fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: neutralizacija, taloženje, ekstrakcija, redukcija, oksidacija, dezinfekcija, centrifugiranje, filtracija, sedimentacija, rezervna osmoza.

Biološka obrada je obrada biološkim metodama s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: aerobna i anaerobna razgradnja.

Termička obrada je obrada termičkim postupkom. Provodi se s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: spaljivanje, piroliza, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, taljenje, zataljivanje u staklo.

Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, oprашivanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari koje sadrži otpad.

S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom.

Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

- drvo
- plastiku
- asfalt koji sadrži katran
- katran i proizvodi koji sadrže katran

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

- građevinski materijali na bazi azbesta
- asfalt koji sadrži katran
- asfalt (bez katrana)
- katran i proizvodi koji sadrže katran
- izolacijski materijal koji sadrži azbest
- miješani građevni otpad i otpad od rušenja

Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: beton, cigle, pločice i keramika, građevinski materijali na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, mjed, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali.

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

#### **4. PLANOVI POZICIJA**

Planovi pozicija, tlocrti i presjeci prikazani su u grafičkim priložima.

- ploče su označene velikim slovom P pripadajućim brojem (P000, P100, ...).
- grede su označene velikim slovom G i pripadajućim brojem (G101, G102, ...).
- stupovi su označeni velikim slovom S i pripadajućim brojem (S001).

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 22.0". Zbog opširnosti projekta prikazani su samo oni rezultati koji su smatrani relevantnim.

## 5. ANALIZA OPTEREĆENJA

Osnovna opterećenja na koja se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine prikazana su u sljedećoj tablici:

Tablica 5.1. Osnovna djelovanja

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
<b>g</b>	Stalno djelovanje – vlastita težina elemenata nosive konstrukcije
<b>Δg</b>	Dodatno stalno djelovanje – pokrov, obloga, stalna oprema itd.
<b>q</b>	Promjenjivo djelovanje – uporabno opterećenje, pokretna oprema
<b>s</b>	Snijeg
<b>S</b>	Potres

### 5.1 Stalno opterećenje (vlastita težina)

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Scia Engineer 22.0 i iznosi:

Specifična težina armiranog betona iznosi  $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$

$$g_{500,400,300,200} = \gamma \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} = 4,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{100} = \gamma \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m} = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{000} = \gamma \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,35 \text{ m} = 8,75 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{stubište}} = \gamma \cdot d = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,16 \text{ m} = 4,0 \text{ kN/m}^2$$

## 5.2 Dodatno stalno opterećenje

a) Ploča krova

Tablica 5.2. Karakteristični iznos opterećenja slojeva ravnog krova

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Betonske ploče na plastičnim podlošcima	0,05	25,0	1,25
Hidroizolacija + parna brana	0,01	20,0	0,20
Toplinska izolacija	0,08	5,0	0,4
Beton za pad	0,08	24,0	1,92
AB ploča	0,16	Uključena kroz program	

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 3,77$  (kN/m<sup>2</sup>)

b) Ploča katova:

Tablica 5.3. Karakteristični iznos opterećenja slojeva katova

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Pregrade			1,0
Završni sloj	0,02	12,0	0,24
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,04	5,0	0,20
Hidroizolacija	0,005	20,0	0,1
AB ploča	0,16	Uključena kroz program	

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,79$  (kN/m<sup>2</sup>)

## c) Ploča iznad podruma

Tablica 5.4. Karakteristični iznos opterećenja slojeva kata POZ 100

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Pregrade			1,0
Završni sloj	0,02	12,0	0,24
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,04	5,0	0,20
Hidroizolacija	0,005	20,0	0,1
AB ploča	0,18	Uključena kroz program	

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,79$  (kN/m<sup>2</sup>)

## d) Stubište

Tablica 5.5. Karakteristični iznos opterećenja slojeva stubišta

Sloj:	d(m)	g (kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Pod (pločice ili kamen)	0,02	27,0	0,54
Cementni mort	0,01	20,0	0,20
AB stube	0,0825	25,0	2,06
AB ploča	0,16	Uključena u programu	
Vap. cementna žbuka	0,01	19,0	0,19

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,99$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 5.3 Pokretno opterećenje

Minimalno pokretno (korisno) opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje.

Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su opterećenja:

- Ravni krov (POZ 500):  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2 + \text{snijeg}$
- Stambeni prostori:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubište:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Balkoni:  $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$
- Pod podruma:  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: Neće se raditi kombinacija korisnog opterećenja, tj. postavljanje korisnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je korisno opterećenje uvećano za 20% za polje.

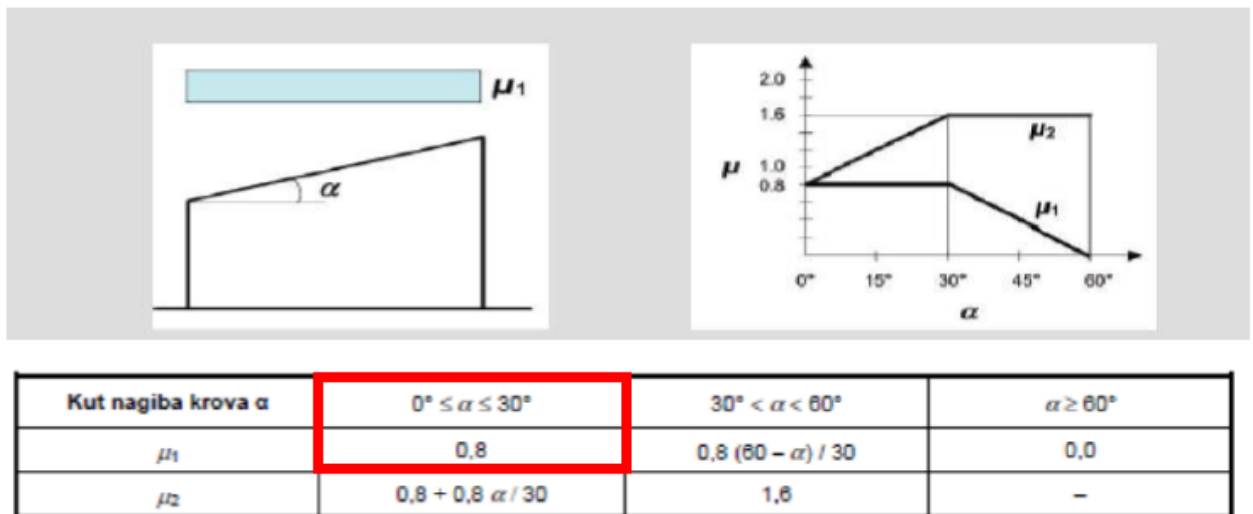


## 5.4 Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom određuje se Eurokodom 1991-1-3, te za stalne i prolazne situacije definira se izrazom:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$\mu_1$  - koeficijent oblika za opterećenje snijegom - ravni i jednostrešni krov - nagib krova  $\rightarrow \alpha = 5^\circ$



Slika 5.1. Očitavanje koeficijenta oblika  $\alpha = 5^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $[kN/m^2]$

$\Rightarrow$  Predmetni objekt nalazi se u Splitu, područje 3. (priobalje i otoci). Prema preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično opterećenje snijegom je:

$s_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$  (Zona III - do 100 m nadmorske visine).

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	



Slika 5.2. Karta karakterističnih vrijednosti opterećenja snijegom obzirom na područje

$C_e$  - koeficijent izloženosti  $\Rightarrow C_e = 1.0$

$C_t$  - toplinski koeficijent  $\Rightarrow C_t = 1.0$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

**Napomena:** Opterećenje krova snijegom uzeto je u obzir u sklopu pokretnog opterećenja na krovu u iznosu od 1,5 kN/m<sup>2</sup>.

## 5.5 Potresno opterećenje

Konstrukcije se u potresnim područjima moraju projektirati i graditi tako da ispune zahtjeve da ne smije doći do rušenja i zahtjev ograničenog stanja oštećenja. Kako bi se postigli navedeni zahtjevi moraju se provjeriti granična stanja nosivosti i granična stanja oštećenja.

Proračun potresnog opterećenja napravljen je pomoću prostornog modela konstrukcije u računalnom programu SCIA Engineer 22.0.

Potresne sile su određene koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna.

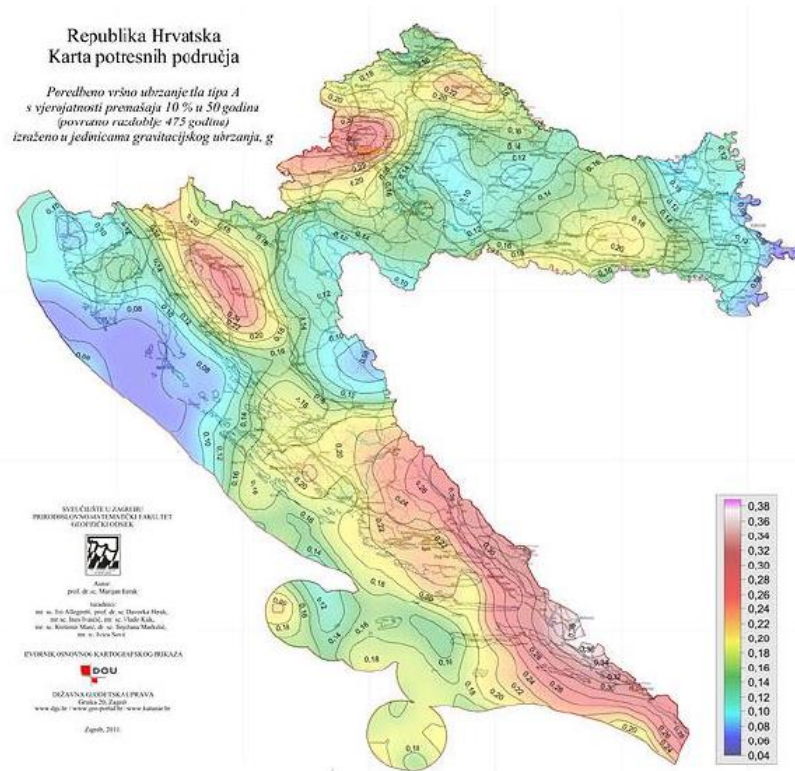
Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla na kojoj će se nalaziti građevina, proračunsko ubrzanje tla na tom području, duktilnost konstrukcije itd. Neki od tih parametara direktno se unose na temelju normama definiranih vrijednosti dok se ostale vrijednosti parametara uzimaju u obzir kroz vrijednosti faktora ponašanja.

Potresno djelovanje u nekoj točki na površini općenito se prikazuje elastičnim spektrom odziva. Faktor ponašanja predstavlja omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njen odziv u cijelosti bio elastičan u odnosu na potresne sile koje bi se pojavile na promatranoj konstrukciji.

Predmetna građevina nalazi se u Splitu, koji se nalazi u području gdje je poredbeno vršno ubrzanje tla 0,219g. U nastavku su razrađene vrijednosti svih parametara mjerodavnih za potresni proračun koji su korišteni u analizi pomoću računalnog programa.

Vrijednosti poredbenog horizontalnog vršnog ubrzanja tla očitavaju se koristeći seizmološke karte Republike Hrvatske. Za traženo područje očita se ubrzanje tla za povratni period od 475 godina za GSN.

Za područje grada Splita  $a_{gR,GSN} = 0.219g$



Slika 5.3. Seizmička karta Republike Hrvatske



Slika 5.4. Prikaz parametara za promatranu lokaciju - Split

Objekt je temeljen na čvrstom tlu klase A.

Parametar kojim u proračunu uzimamo u obzir vrstu i kvalitetu tla naziva se faktor tla (S).

Tablica 5.6. Parametri elastičnog spektra ubrzanja podloge tipa I.

Tip temeljnog tla	S	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]	$T_D$ [s]
<b>A</b>	1.00	0.15	0.40	2.00
<b>B</b>	1.2	0.15	0.50	2.00
<b>C</b>	1.15	0.20	0.60	2.00
<b>D</b>	1.35	0.20	0.60	2.00
<b>E</b>	1.4	0.15	0.50	2.00

Kategorija tla A:  $S = 1.0$ ,  $T_B = 0.15$ ,  $T_C = 0.40$ ,  $T_D = 2.00$

**Faktor ponašanja** za horizontalna potresna djelovanja  $q$  ovisi o vrsti i tipu konstrukcije.

Pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja konstrukcije te sustav nepovezanih zidova.

Tablica 5.7. Klase ponašanja konstrukcije

Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okviri sustav, dvojni sustav, sustav 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

**Proračun faktora ponašanja**

- faktor ponašanja za klasu DCM

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$$

- osnovni faktor ponašanja:  $q_0 = 3 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \rightarrow$  za zidni sustav

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,0 \rightarrow \text{za tlocrtno nepravilne sustave}$$

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

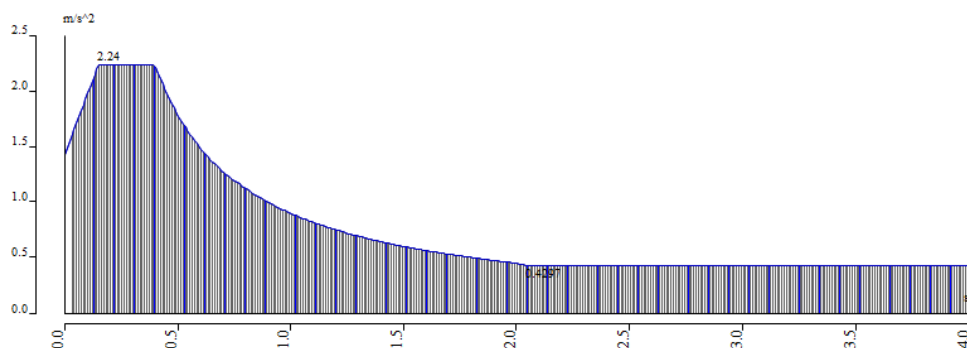
- faktor prevladavajućeg sloma:  $k_w = \frac{1+\alpha_0}{3}$  uz uvjet  $0,5 \leq k_w \leq 1$ ;  $\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}}$

$$k_w = 1 \text{ za smjer } x \text{ i } y$$

- za zgrade nepravilne po visini faktor ponašanja se umanjuje za 20%

$$q = 0,8 \cdot q_0 \cdot k_w = 0,8 \cdot 3 \cdot 1 = 2,4$$

Odgovor konstrukcije na seizmičko djelovanje analiziran je računalnim postupkom, u programskom paketu SCIA Engineer 22.0. Za potrebe proračuna na potres u model su uključene sve etaže.



Slika 5.5. Spektar odziva za povratni period 475 godina

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (težina konstrukcije i dodatno stalno opterećenje) i 30% pokretnog opterećenja. Broj oblika (modova) osciliranja za predmetnu zgradu iznosi 20.

U nastavku su prikazani rezultati dinamičke analize iz razloga što dobivamo realniji uvid dinamičkog ponašanja.

### 5.5.1 Prikaz rezultata potresnog djelovanja (modalne analize)

Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja.

Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 20 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize, aktivirano je preko 90 % mase u x i y smjeru djelovanja potresnih sila.

Relative modal masses

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$W_{xi\_R}/W_{xtot\_f}$	$N_{yi\_R}/W_{ytot\_f}$	$W_{zi\_R}/W_{ztot\_f}$
1	17.3862	0,36	2,77	0,4863	0,4346	0,0002	0,0243	0,0283	0,0262
2	18.6129	0,34	2,96	0,4603	0,4983	0,0000	0,0146	0,0168	0,0069
3	25.7464	0,24	4,10	0,0034	0,0242	0,0001	0,0033	0,0029	0,9597
4	54.1365	0,12	8,62	0,0000	0,0000	0,0008	0,0012	0,0002	0,0000
5	54.8608	0,11	8,73	0,0018	0,0037	0,1558	0,1143	0,0480	0,0001
6	59.6811	0,11	9,50	0,0340	0,0144	0,0147	0,2492	0,6325	0,0008
7	62.0528	0,10	9,88	0,0001	0,0097	0,6556	0,1930	0,0051	0,0011
8	69.0873	0,09	11,00	0,0073	0,0107	0,0447	0,2959	0,1656	0,0011
9	74.3905	0,08	11,84	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000
10	79.8802	0,08	12,71	0,0059	0,0006	0,0001	0,0078	0,0488	0,0011
11	85.5501	0,07	13,62	0,0000	0,0007	0,0030	0,0133	0,0002	0,0001
12	87.764	0,07	13,97	0,0001	0,0019	0,0378	0,0346	0,0011	0,0002
13	98.0752	0,05	15,61	0,0000	0,0000	0,0435	0,0038	0,0071	0,0001
14	101.875	0,05	16,21	0,0000	0,0002	0,0001	0,0057	0,0018	0,0000
15	113.544	0,05	18,07	0,0002	0,0002	0,0133	0,0140	0,0113	0,0006
16	115.065	0,05	18,31	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004	0,0083	0,0006
17	123.911	0,05	19,72	0,0000	0,0001	0,0012	0,0055	0,0014	0,0005
18	131.789	0,05	20,97	0,0000	0,0000	0,0003	0,0023	0,0001	0,0001
19	152.899	0,04	24,33	0,0000	0,0000	0,0040	0,0006	0,0015	0,0005
20	160.088	0,04	25,48	0,0000	0,0000	0,0018	0,0006	0,0010	0,0001
				0,9995	0,9997	0,9775	0,9844	0,9821	0,9997

Tablica 5.8. Prikaz sudjelujućih masa

## Prikaz vlastitih vektora

### 3D displacement

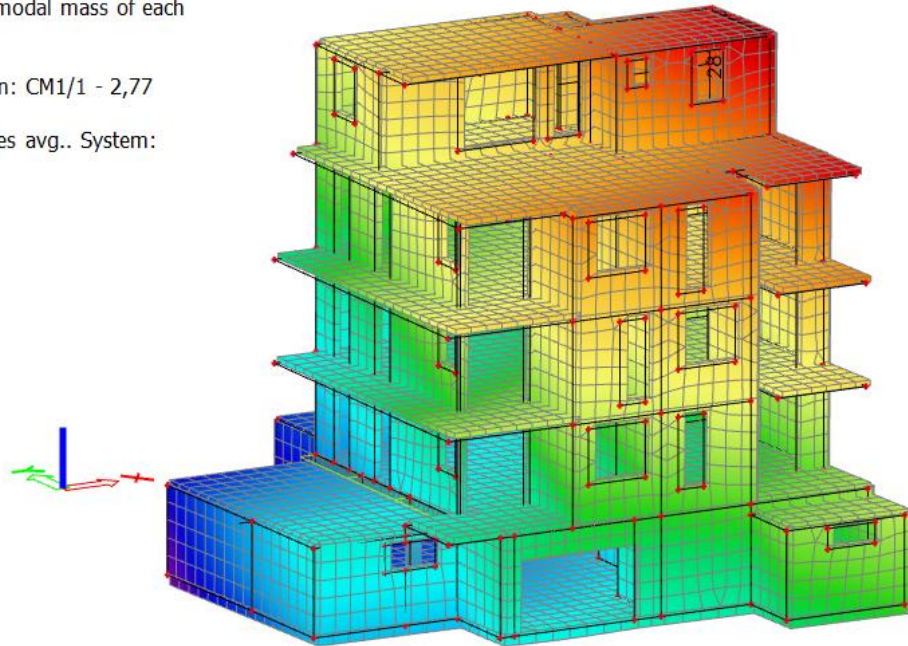
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/1 - 2,77

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 5.6. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora

### 3D displacement

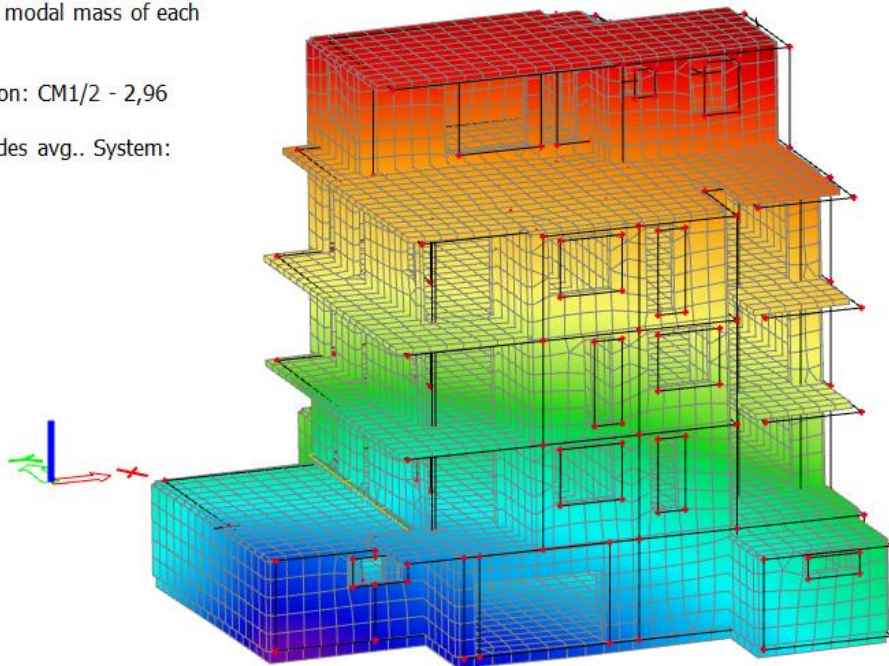
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/2 - 2,96

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 5.7. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora



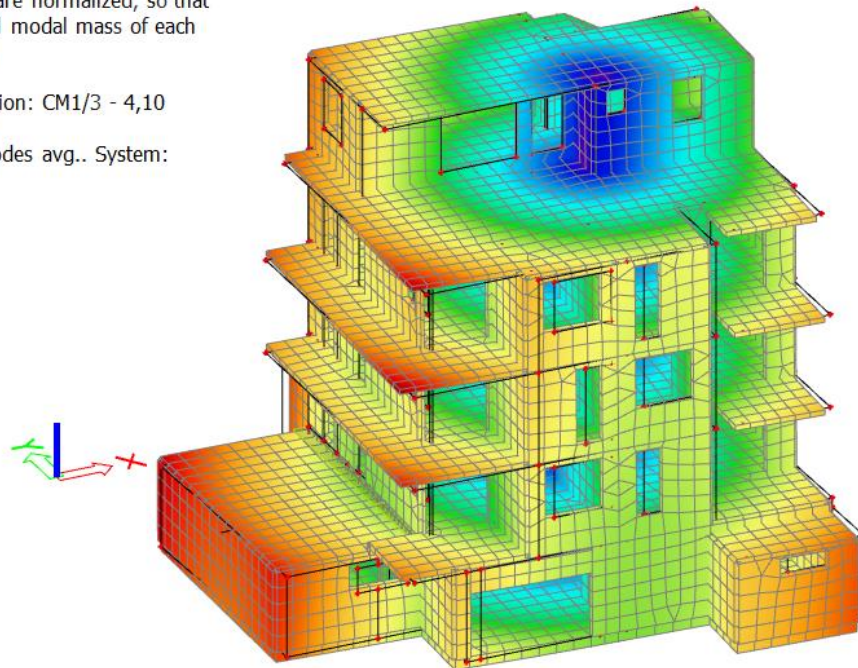
**3D displacement**Values:  $\mathbf{U}_{total}$ 

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/3 - 4,10

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 5.8. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora

## 6. NUMERIČKI MODEL

Za potrebe proračuna nosivih elemenata konstrukcije izrađen je prostorni štapno - plošni model prikazan u nastavku. Modelom su obuhvaćene sve grede, ploče i zidovi, od temeljene konstrukcije do krovne ploče. Za proračun vertikalnih elemenata na horizontalna djelovanja provedena je dinamička analiza.

Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije i nekonstruktivnih elemenata) te korisnim opterećenjem.

Vlastita težina je uključena u proračunski model, a dodatno stalno i korisno opterećenje je zadano kao raspodijeljeno opterećenje po pločama.

Opterećenja zadana modelom su:

1. vlastita težina,  $g$
2. stalno opterećenje,  $\Delta g$
3. korisno opterećenje,  $q$
4. potres u vidu prethodno izračunatih i navedenih ulaznih parametara na osnovu kojih je provedena dinamička analiza građevine

Podaci o materijalima i geometrijskim svojstvima proračunskog modela:

Beton: C30/37

Čelik za armiranje: B500B

- AB ploče predmetne građevine bit će debljine 16,0, 18,0 i 35,0 cm
- geometrijska svojstva greda su vidljiva i detaljno obrađena u planu pozicija
- AB zidovi predmetne građevine bit će debljine 20,0 cm
- stupovi  $b/h=30/35$  cm

### 6.1 Granično stanje uporabljivosti

Mjerodavna kombinacija koja se koristi kod kontrole progiba i pukotina ploča i greda:

$$\text{GSU} \rightarrow 1.0 (g + \Delta g) + 1.0q$$

## 6.2 Granično stanje nosivosti

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

Osnovne kombinacije djelovanja:

$$\text{GSN 1} \rightarrow 1.35 (g + \Delta g) + 1.8q$$

$$\text{GSN 2} \rightarrow 1.35 (g + \Delta g) + 1.5q$$

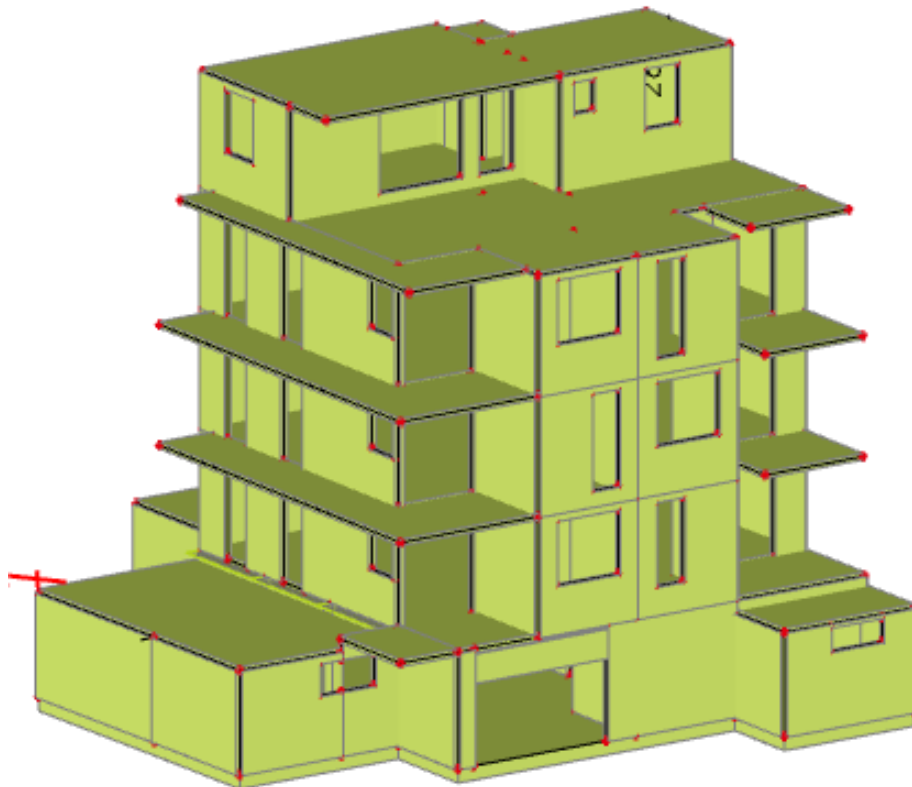
Seizmičke kombinacije djelovanja:

$$\text{KSx} \rightarrow 1.0 (g + \Delta g) + 0.3q + 1.0S_x + 0.3S_y$$

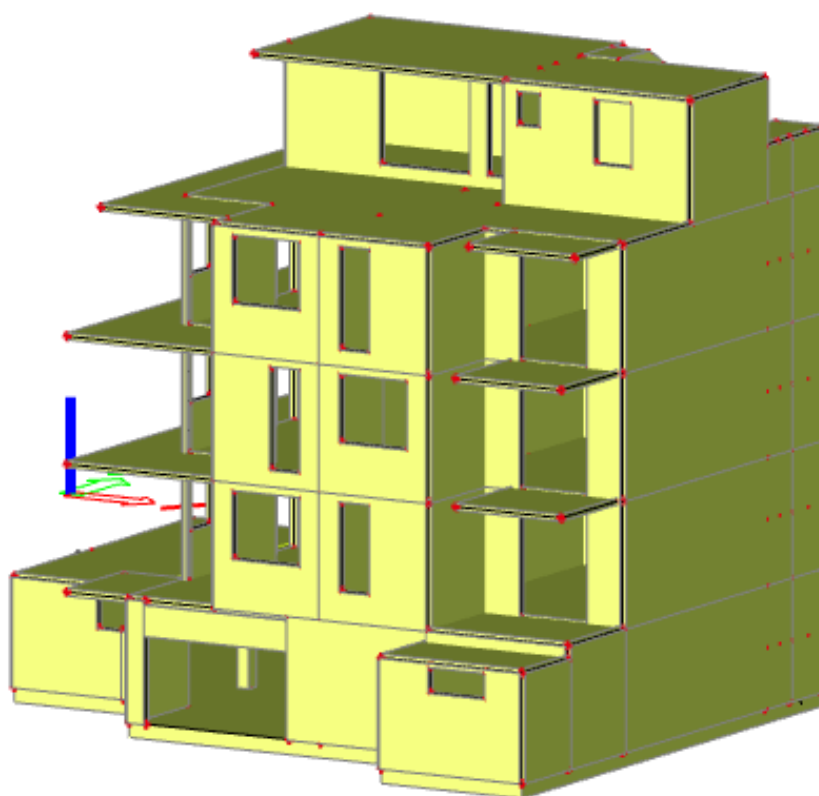
$$\text{KSy} \rightarrow 1.0 (g + \Delta g) + 0.3q + 1.0S_y + 0.3S_x$$

$S_x$  – potresno djelovanje u smjeru x

$S_y$  – potresno djelovanje u smjeru y



Slika 6.1. Prikaz modela zgrade



*Slika 6.2. Prikaz modela zgrade*

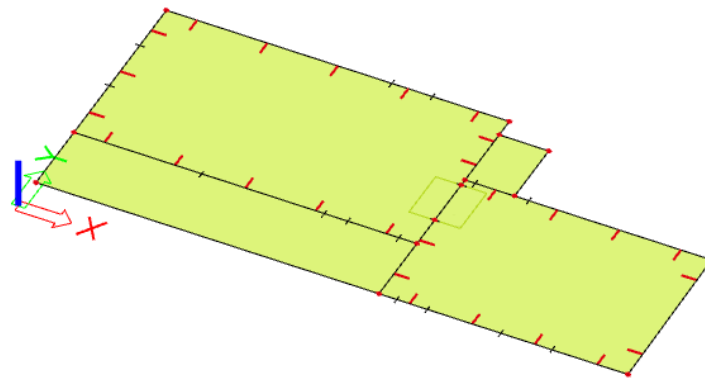
## 7. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun AB ploča proveden je prema EC-2 (Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija). Za dimenzioniranje upotrijebljene su mjerodavne kombinacije (zasebno za vrijednosti u polju i na ležaju) za granično stanje nosivosti dok su za kontrolu pukotina i progiba korištene kombinacije graničnog stanja uporabljivosti.

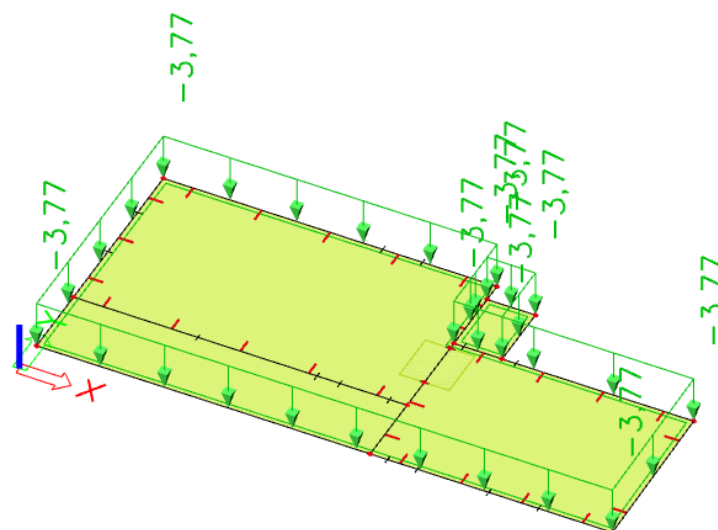
### 7.1 Proračun krovne ploče (POZ 500)

U nastavku je prikazan model krovne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

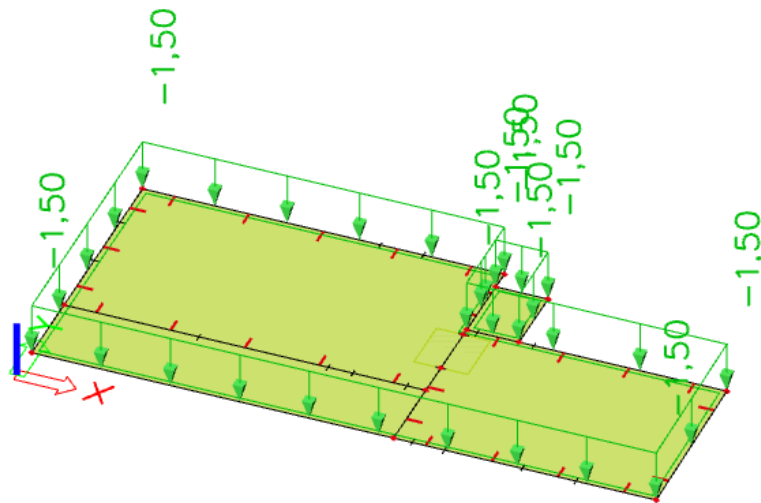
Vlastita težina zadana u računalnom modelu.



Slika 7.1 Grafički prikaz modela krovne ploče



Slika 7.2. Dodatno stalno opterećenje  $\Delta g=3,77$  (kN/m<sup>2</sup>)



Slika 7.3. Promjenjivo opterećenje (snijeg+vjetar)  $q=1,5$  (kN/m<sup>2</sup>)

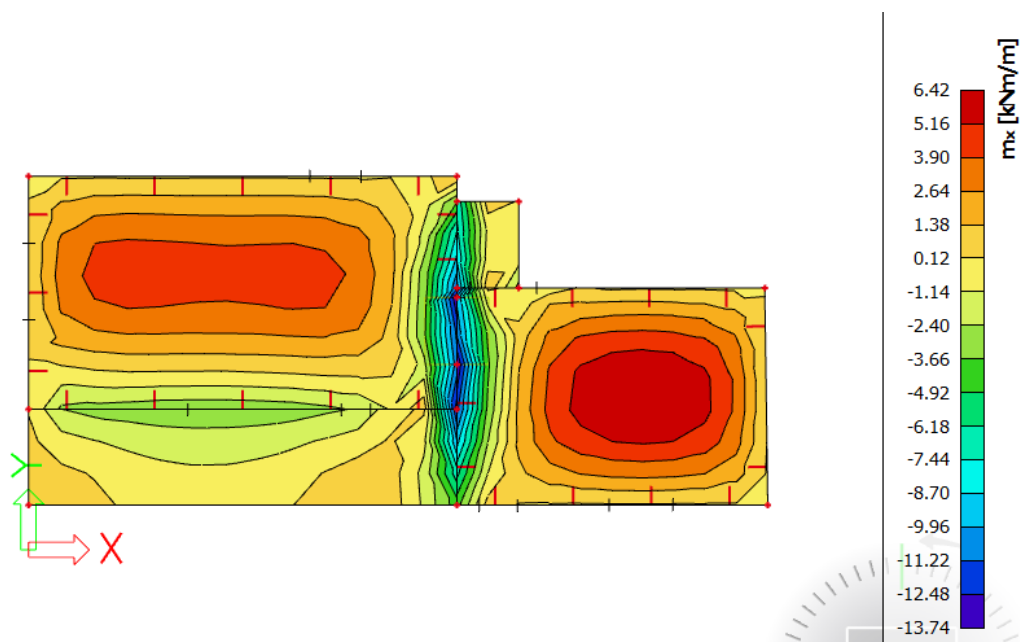
### 7.1.1 Dimenzioniranje na savijanje – GSN

Proračun je proveden za kombinaciju:

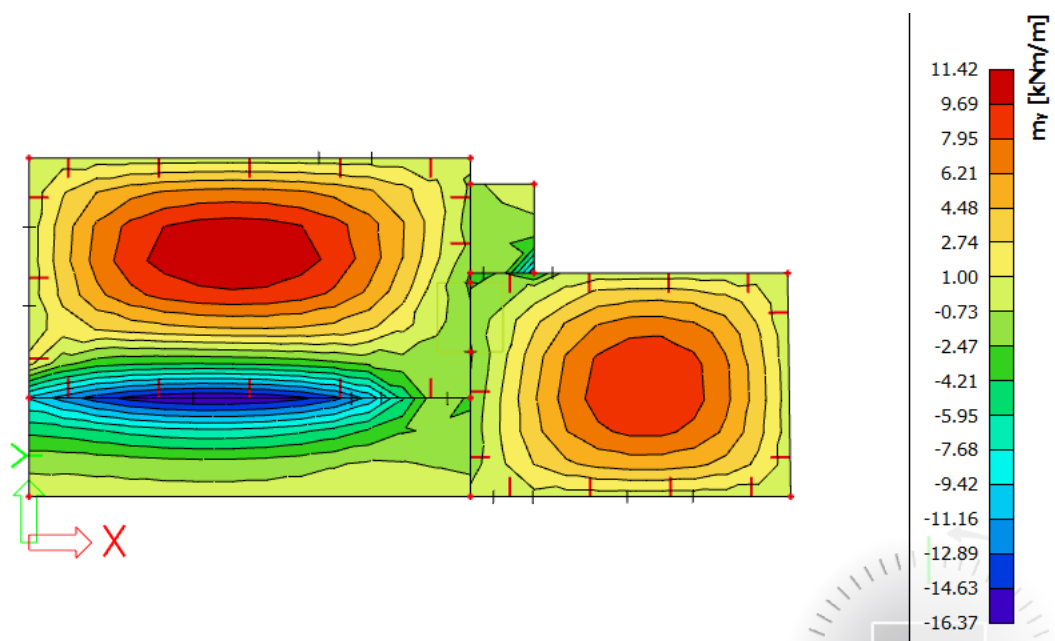
$$\text{GSN1: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.8 \cdot q$$

$$\text{GSN2: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot q$$

#### Momenti savijanja u polju za kombinaciju opterećenja GSN1

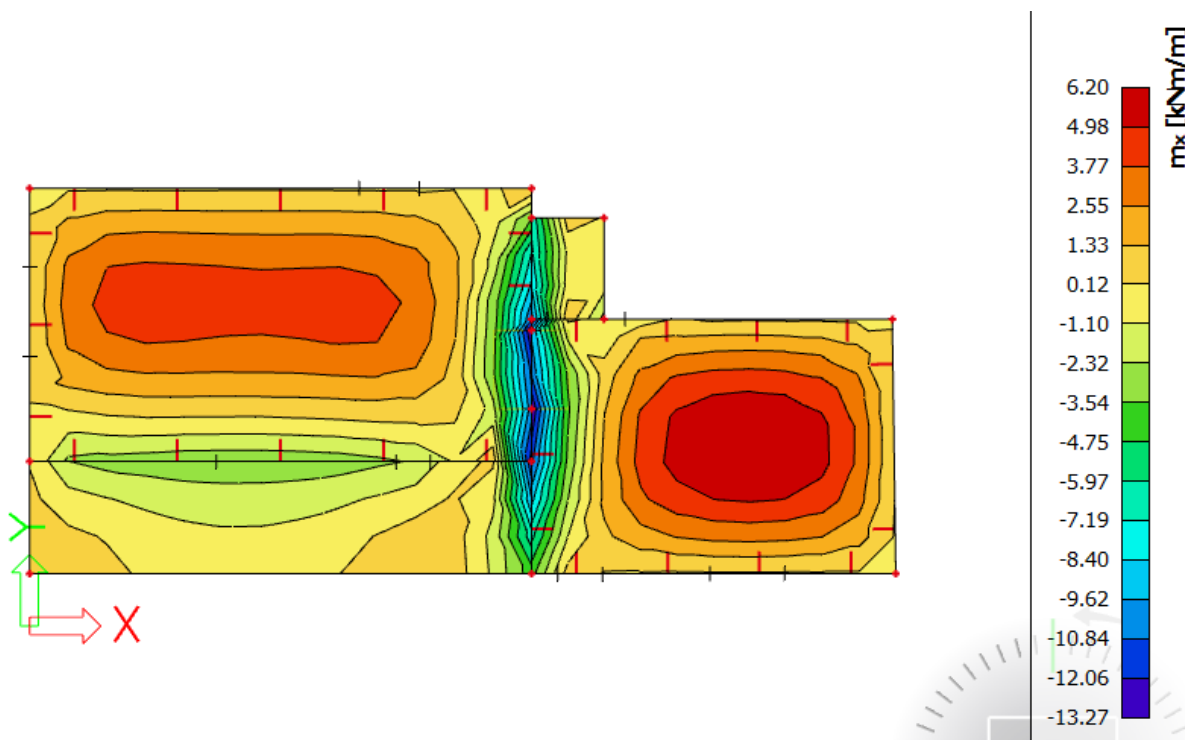
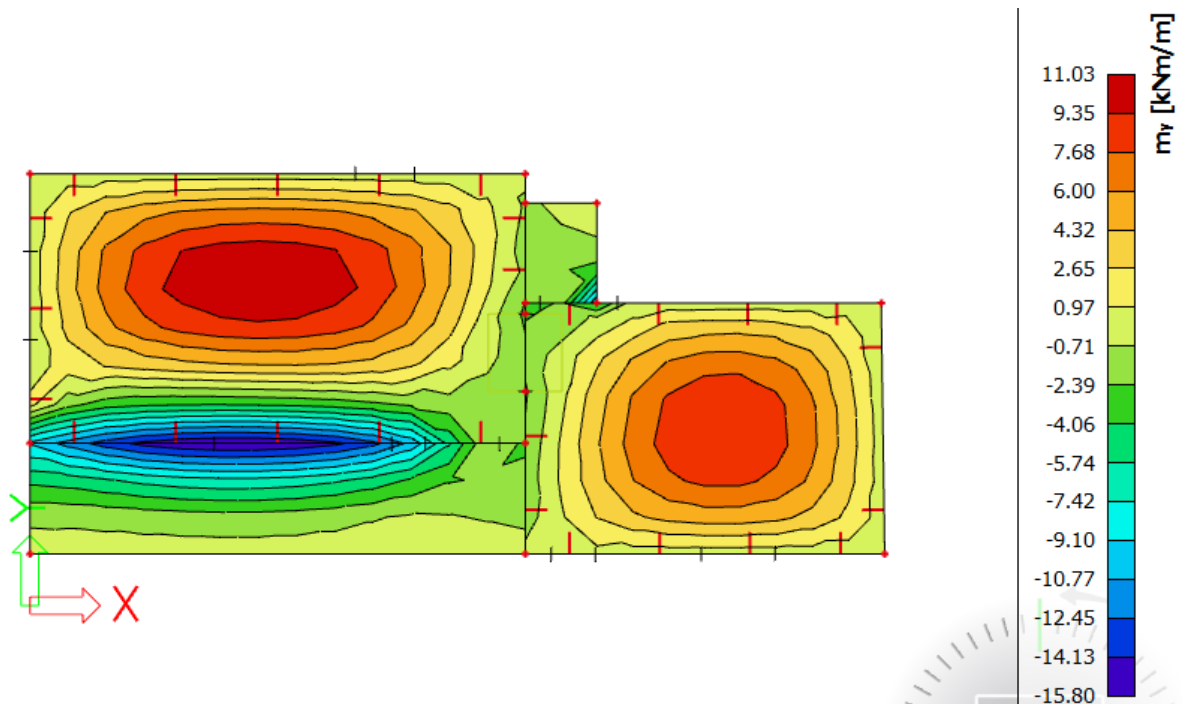


Slika 7.4. Moment savijanja  $M_x$  za kombinaciju GSN1



Slika 7.5. Moment savijanja  $M_y$  za kombinaciju GSN1

## Momenti savijanja na ležajevima za kombinaciju opterećenja GSN2

Slika 7.6. Moment savijanja na ležajima  $M_x$  za kombinaciju GSN2Slika 7.7. Moment savijanja na ležajima  $M_y$  za kombinaciju GSN2



**Dimenzioniranje:**

**Beton C 30/37**  $f_{ck} = 30,0 \text{ Mpa}$   $E_{cm} = 33,0 \text{ Gpa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

**Armatura B 500B**  $f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 16 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 16 = 32,0 \text{ cm}^2$$

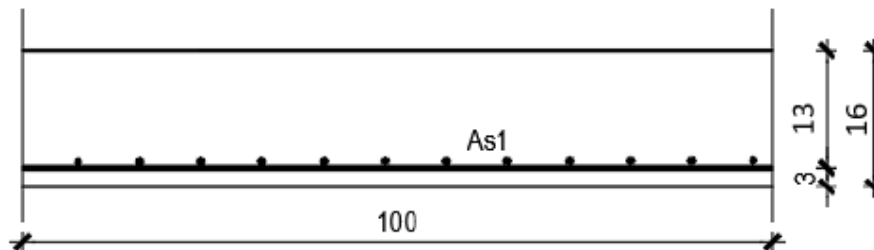
**Debljina ploče**

$b=100 \text{ cm}$

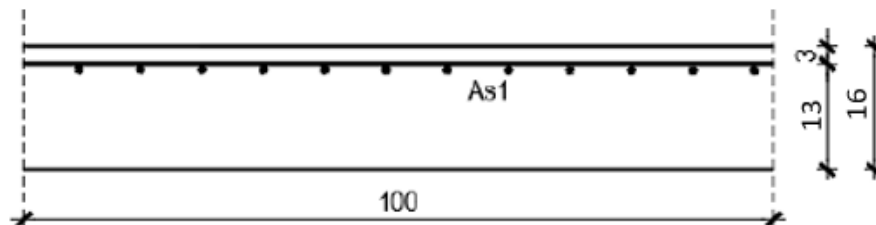
$h_{pl} = 16,0 \text{ cm}$

zaštitni sloj:  $d_1=3,0 \text{ cm}$ ;  $d=13,0 \text{ cm}$

Presjek u polju



Presjek iznad ležaja



U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

$$M_{Rd,c,lim} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,66	1,66	53,74	8,45	0,10
R/Q - 188	1,88	1,88	53,74	9,57	0,12
R/Q - 196	1,96	1,96	53,74	9,98	0,12
R/Q - 257	2,57	2,57	53,74	13,08	0,16
R/Q - 283	2,83	2,83	53,74	14,40	0,18
R/Q - 335	3,35	3,35	53,74	17,05	0,21
R/Q - 385	3,85	3,85	53,74	19,59	0,24
R/Q - 424	4,24	4,24	53,74	21,58	0,27
R/Q - 503	5,03	5,03	53,74	25,60	0,31
R/Q - 524	5,24	5,24	53,74	26,67	0,33
R/Q - 636	6,36	6,36	53,74	32,37	0,40
R/Q - 785	7,85	7,85	53,74	39,95	0,49

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima. Ako se u obzir uzmu i preklopi

$$\geq 40 \text{ cm} \left( A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{\text{širina mreže (215)} + \text{preklop(40)}}{\text{širina mreže(215)}} \right) :$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,97	1,97	53,74	10,02	0,12
R/Q - 188	2,23	2,23	53,74	11,35	0,14
R/Q - 196	2,32	2,32	53,74	11,83	0,15
R/Q - 257	3,05	3,05	53,74	15,51	0,19
R/Q - 283	3,36	3,36	53,74	17,08	0,21
R/Q - 335	3,97	3,97	53,74	20,22	0,25
R/Q - 385	4,57	4,57	53,74	23,24	0,29
R/Q - 424	5,03	5,03	53,74	25,59	0,31
R/Q - 503	5,97	5,97	53,74	30,36	0,37
R/Q - 524	6,21	6,21	53,74	31,63	0,39
R/Q - 636	7,54	7,54	53,74	38,39	0,47
R/Q - 785	9,31	9,31	53,74	47,39	0,58

**Donja zona ploče (polje):**

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 11,42 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11,42 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,034$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,1 \text{ ‰}$   $\xi = 0,099$   $\zeta = 0,965$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{11,42 \cdot 100}{0,965 \cdot 13 \cdot 43,48} = 2,09 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 257 + preklop 40 cm** ( $A_s = 3,05 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

**Gornja zona ploče (ležaj):**

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 15,80 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,80 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,047$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,3 \text{ ‰}$   $\xi = 0,115$   $\zeta = 0,959$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15,80 \cdot 100}{0,959 \cdot 13 \cdot 43,48} = 2,91 \text{ cm}^2$$

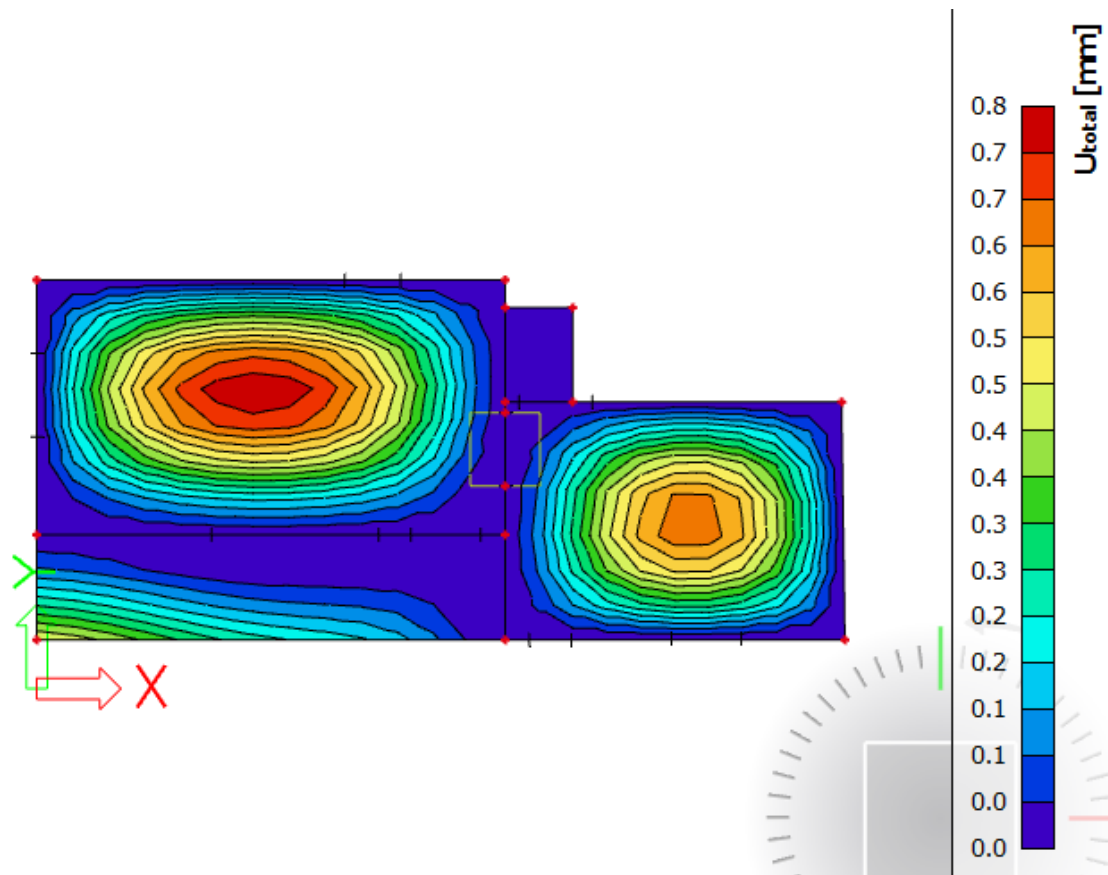
Odabrana armatura: **Q - 335 + preklop 40 cm** ( $A_s = 3,97 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

## 7.1.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

### Kontrola progiba

Progibi ploča su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU: } 1.0 \cdot (g + \Delta g) + 1.0 \cdot q$$



Slika 7.8. Progib krovne ploče (mm)

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{365}{250} = 1,46 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,08 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,08 = 0,24 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1,46 \text{ cm}$

**Progibi krovne ploče zadovoljavaju.**

## Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

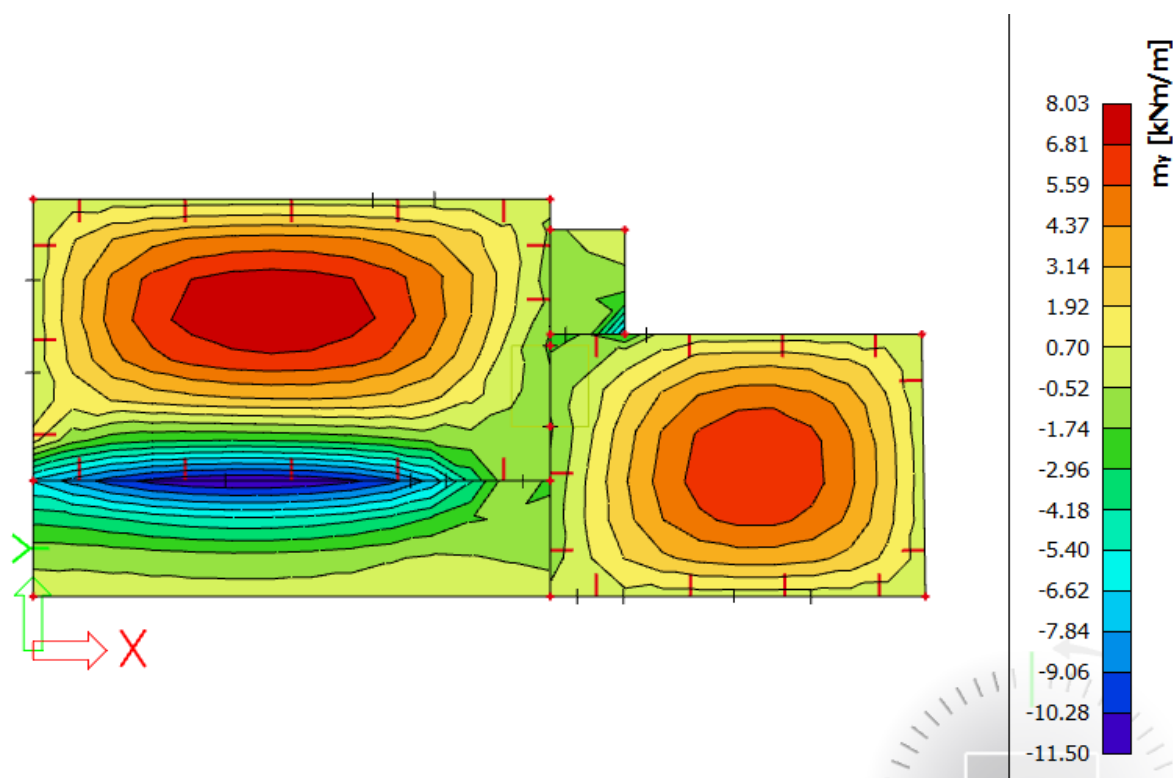
$$\text{GSU} : 1,0 (g + \Delta g) + 1,0q$$

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

$$w_k \leq w_g$$

Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine iznosi:

$$w_g = 0,3 \text{ mm}$$



Slika 7.9. Maksimalni moment savijanja za GSU kombinaciju opterećenja

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

$s_{r,max}$  - najveći razmak pukotina

$\varepsilon_{sm}$  - srednja deformacija armature za odgovarajuću kombinaciju opterećenja

$\varepsilon_{cm}$  - srednja deformacija betona između pukotina

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

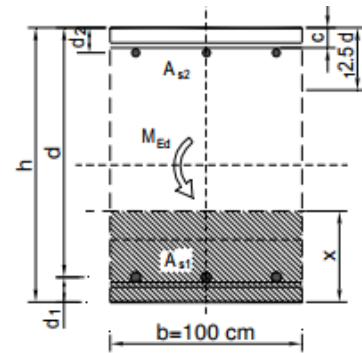
$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \text{ gdje je:}$$



Mjerodavni moment za ležaj:  $M=11,50 \text{ kNm/m}$

Odabrana armatura: **Q - 335 + preklop 40 cm** ( $A_s = 3,97 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ )

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 $\text{MN/m}^2$	$f_{ctm} =$	2,90 $\text{MN/m}^2$	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,97 $\text{cm}^2$	$A_{s2} =$	0,00 $\text{cm}^2$	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 $\text{GN/m}^2$	$E_{cm} =$	32,80 $\text{GN/m}^2$	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	11,50 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	236,65 $\text{MN/m}^2$				
$x =$	2,28 cm	$r_{p,eff} =$	0,0053		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000054	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000710	
$\emptyset =$	8,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	341,93 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,243 mm	$<$	$w_g$		

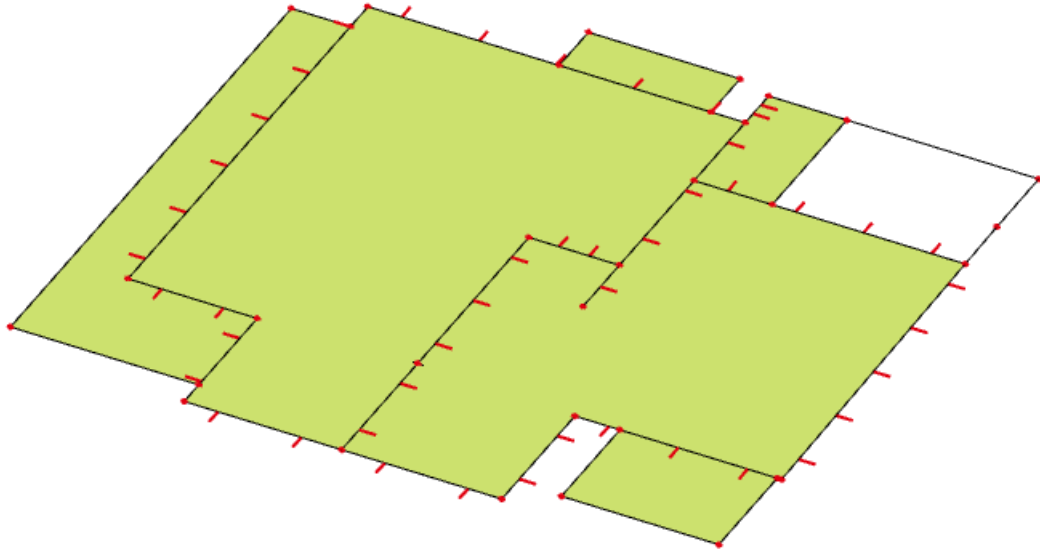


Dobivena karakteristična širina pukotine od 0,243 mm je manja od granične vrijednosti koja za AB konstrukcije iznosi 0,3 mm što znači da ugrađena armatura **zadovoljava**.

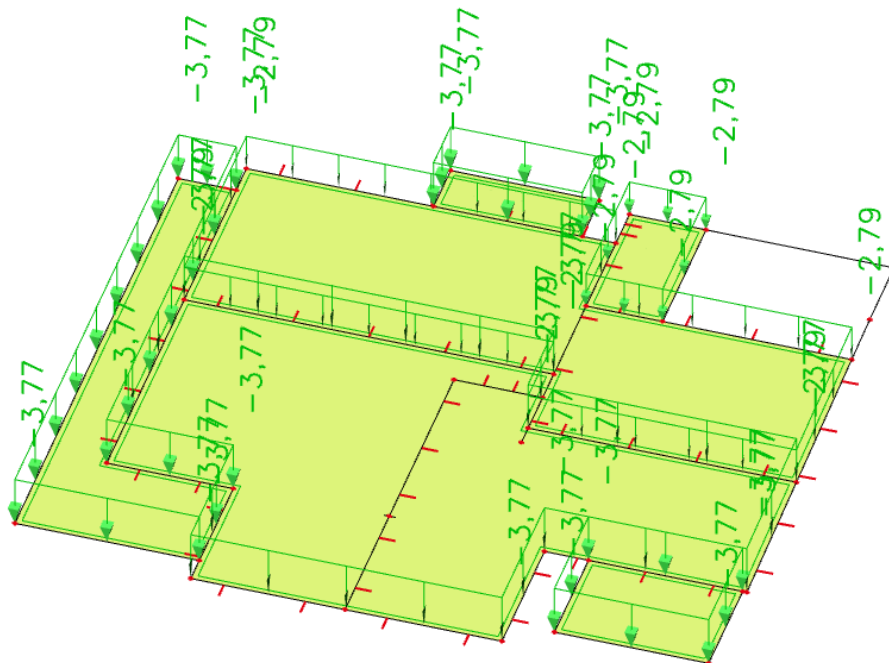
## 7.2 Proračun međukatne ploče (POZ 400)

U nastavku je prikazan model međukatne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

Vlastita težina zadana je u računalnom modelu.

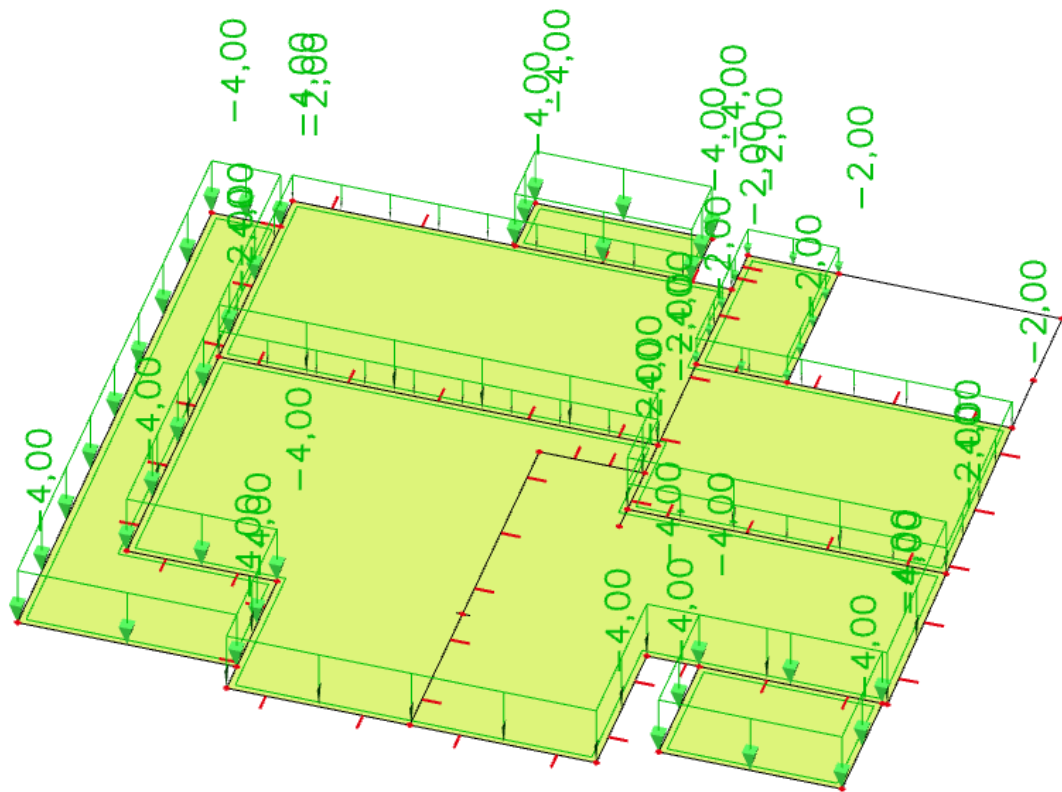


Slika 7.10. Tlocrtni prikaz međukatne ploče



Slika 7.11. Dodatno stalno opterećenje  $\Delta g=2,79$ , za terasu  $\Delta g=3,77$  (kN/m<sup>2</sup>)





Slika 7.12. Promjenjivo opterećenje (korisno)  $q=2,0$ , za terasu  $q=4,0$  (kN/m<sup>2</sup>)

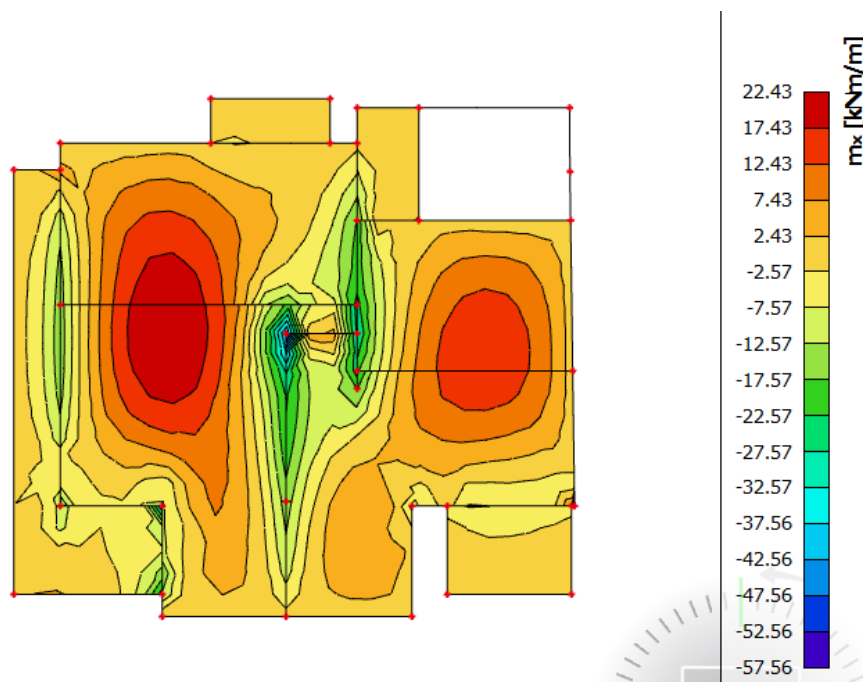
### 7.2.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN

Proračun je proveden za kombinacije:

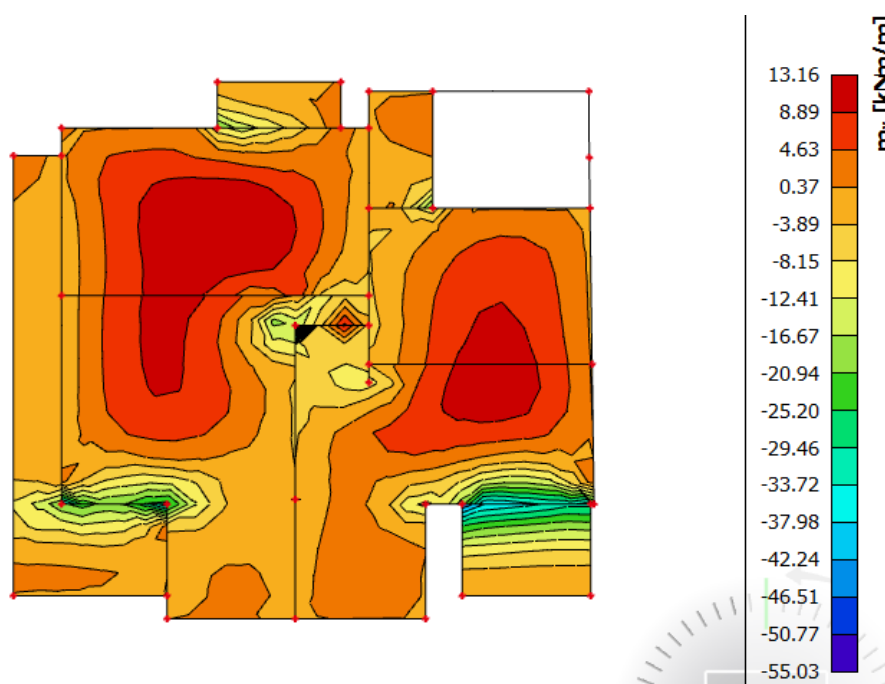
$$\text{GSN1: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.8 \cdot q$$

$$\text{GSN2: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot q$$

#### Momenti savijanja u polju za kombinaciju opterećenja GSN1

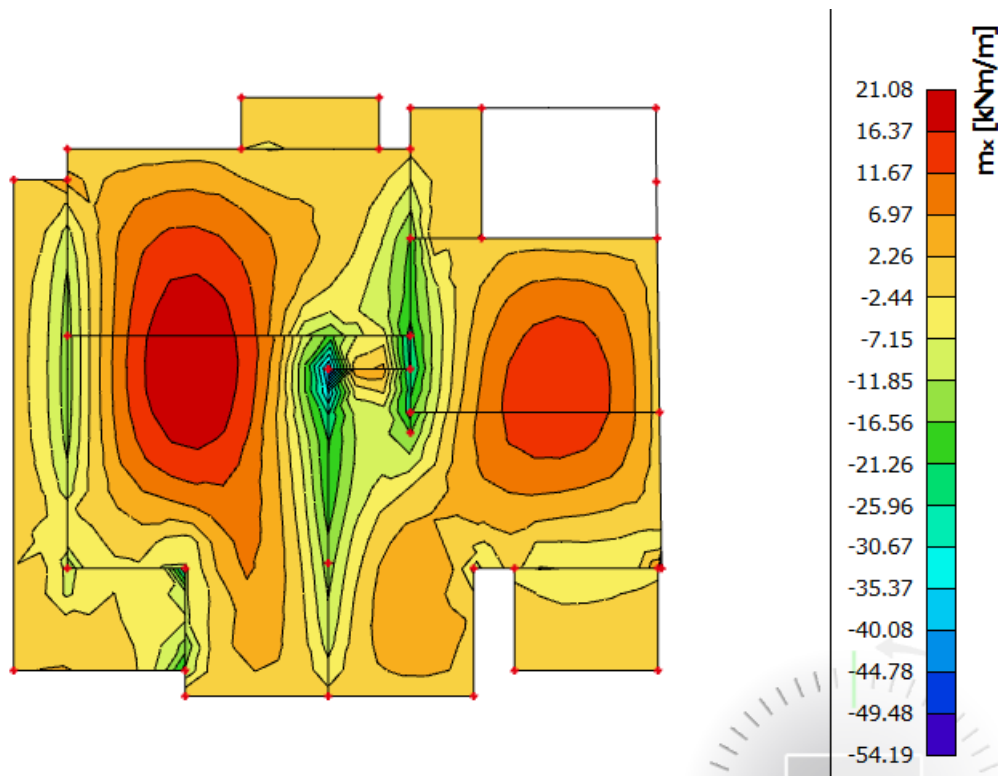
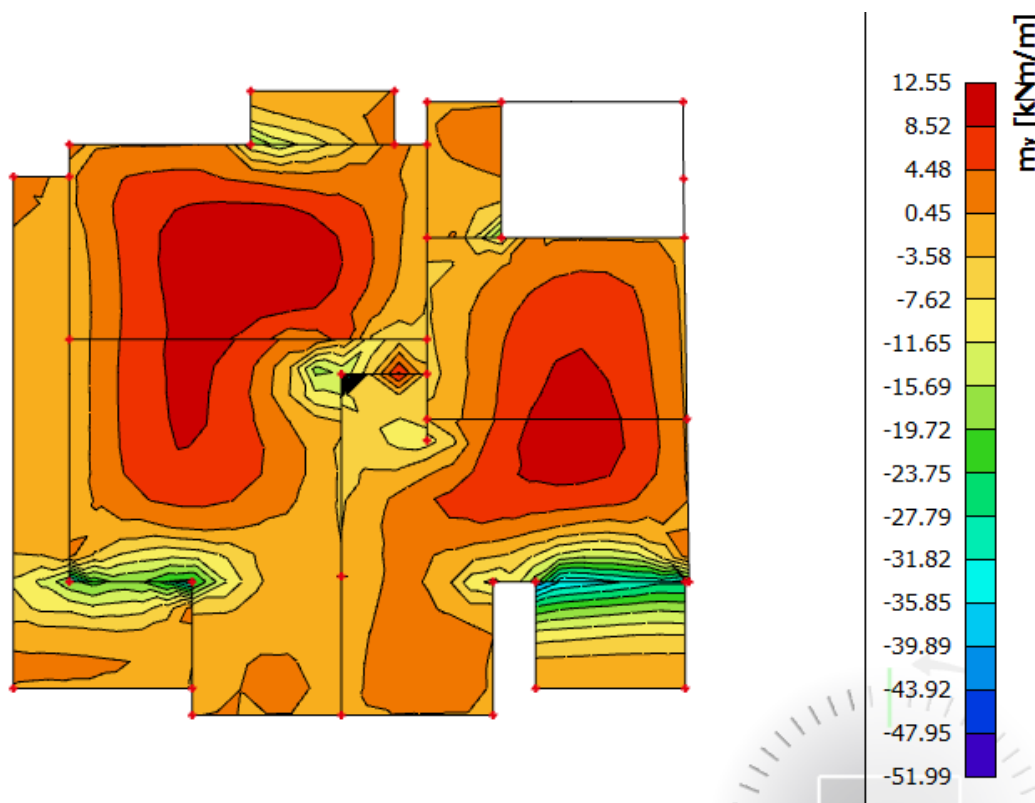


Slika 7.13. Moment savijanja u polju  $M_x$  za kombinaciju GSN1



Slika 7.14. Moment savijanja u polju  $M_y$  za kombinaciju GSN1

## Momenti savijanja na ležajevima za kombinaciju opterećenja GSN2

Slika 7.15. Moment savijanja na ležajima  $M_x$  za kombinaciju GSN2Slika 7.16. Moment savijanja na ležajima  $M_y$  za kombinaciju GSN2

**Dimenzioniranje:**

**Beton C 30/37**  $f_{ck} = 30,0 \text{ Mpa}$   $E_{cm} = 33,0 \text{ Gpa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

**Armatura B 500B**  $f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 16 = 1,6 \text{ cm}^2$$

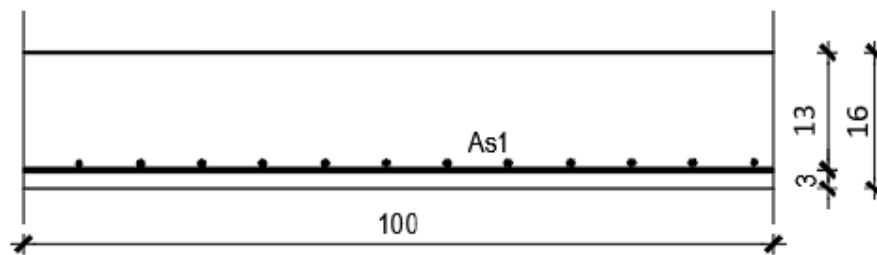
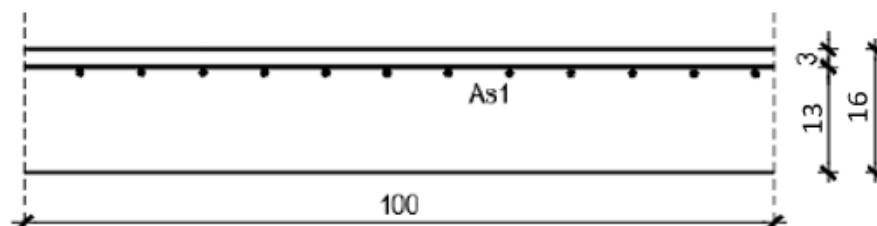
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 16 = 32,0 \text{ cm}^2$$

**Debljina ploče**

$b=100 \text{ cm}$

$h_{pl} = 16,0 \text{ cm}$

zaštitni sloj:  $d_1=3,0 \text{ cm}$ ;  $d=13,0 \text{ cm}$

**Presjek u polju****Presjek iznad ležaja**

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

$$M_{Rd,c,lim} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,66	1,66	53,74	8,45	0,10
R/Q - 188	1,88	1,88	53,74	9,57	0,12
R/Q - 196	1,96	1,96	53,74	9,98	0,12
R/Q - 257	2,57	2,57	53,74	13,08	0,16
R/Q - 283	2,83	2,83	53,74	14,40	0,18
R/Q - 335	3,35	3,35	53,74	17,05	0,21
R/Q - 385	3,85	3,85	53,74	19,59	0,24
R/Q - 424	4,24	4,24	53,74	21,58	0,27
R/Q - 503	5,03	5,03	53,74	25,60	0,31
R/Q - 524	5,24	5,24	53,74	26,67	0,33
R/Q - 636	6,36	6,36	53,74	32,37	0,40
R/Q - 785	7,85	7,85	53,74	39,95	0,49

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim prilogima. Ako se u obzir uzmu i preklopi

$$\geq 40 \text{ cm} \left( A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{\text{širina mreže (215)} + \text{preklop(40)}}{\text{širina mreže(215)}} \right) :$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,97	1,97	53,74	10,02	0,12
R/Q - 188	2,23	2,23	53,74	11,35	0,14
R/Q - 196	2,32	2,32	53,74	11,83	0,15
R/Q - 257	3,05	3,05	53,74	15,51	0,19
R/Q - 283	3,36	3,36	53,74	17,08	0,21
R/Q - 335	3,97	3,97	53,74	20,22	0,25
R/Q - 385	4,57	4,57	53,74	23,24	0,29
R/Q - 424	5,03	5,03	53,74	25,59	0,31
R/Q - 503	5,97	5,97	53,74	30,36	0,37
R/Q - 524	6,21	6,21	53,74	31,63	0,39
R/Q - 636	7,54	7,54	53,74	38,39	0,47
R/Q - 785	9,31	9,31	53,74	47,39	0,58

**Donja zona ploče (polje):**

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 22,43 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22,43 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,066$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰}$   $\xi = 0,145$   $\zeta = 0,947$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22,43 \cdot 100}{0,947 \cdot 13 \cdot 43,48} = 4,19 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 424 + preklop 40 cm** ( $A_S = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

**Gornja zona ploče (ležaj):**

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 35,85 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{35,85 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,106$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 2,4 \text{ ‰}$   $\xi = 0,194$   $\zeta = 0,925$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{35,85 \cdot 100}{0,925 \cdot 13 \cdot 43,48} = 6,86 \text{ cm}^2$$

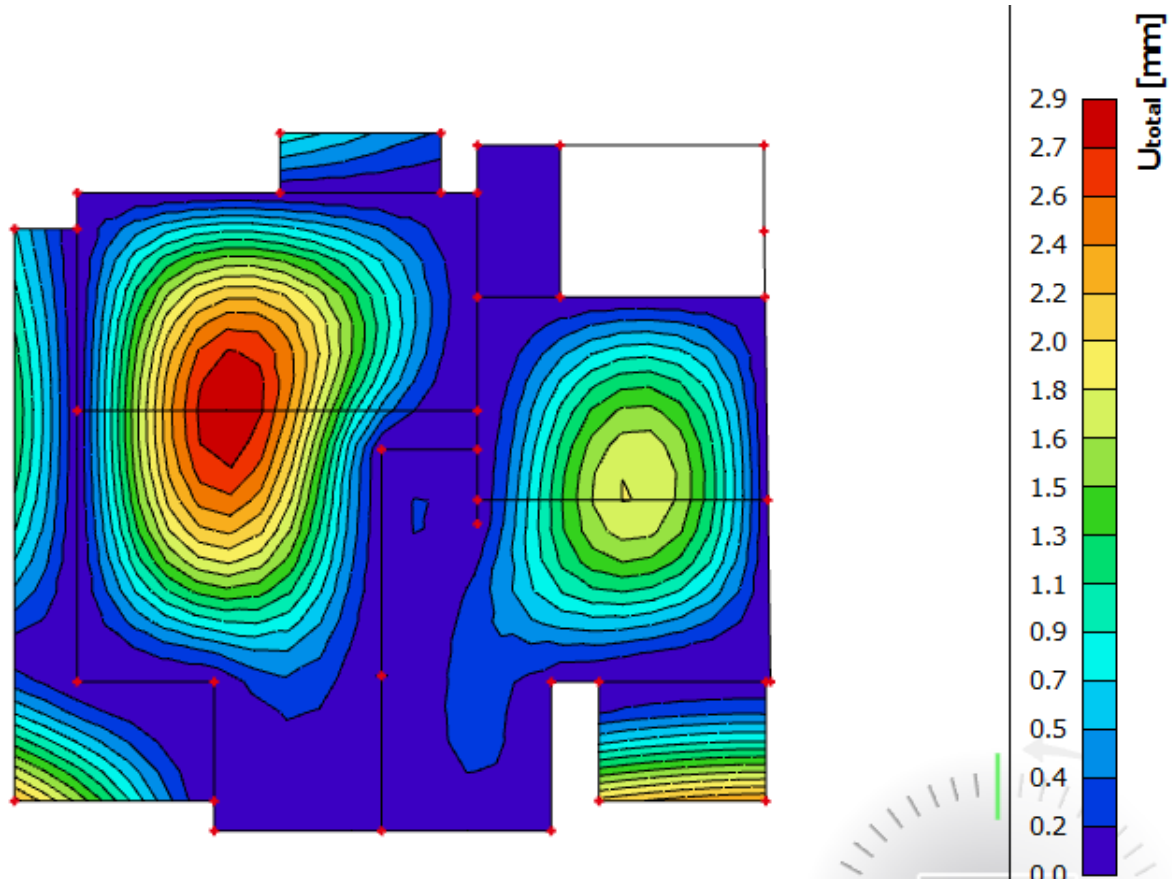
Odabrana armatura: **Q - 785 + preklop 40 cm** ( $A_S = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

## 7.2.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

### Kontrola progiba

Progibi međukatnih ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU: } 1.0 \cdot (g + \Delta g) + 1.0 \cdot q$$



Slika 7.17. Progib međukatne ploče za GSU kombinaciju opterećenja

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{671}{250} = 2,68 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,29 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,29 = 0,87 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,68 \text{ cm}$

**Progibi ploče POZ 400 zadovoljavaju.**

## Kontrola pukotina

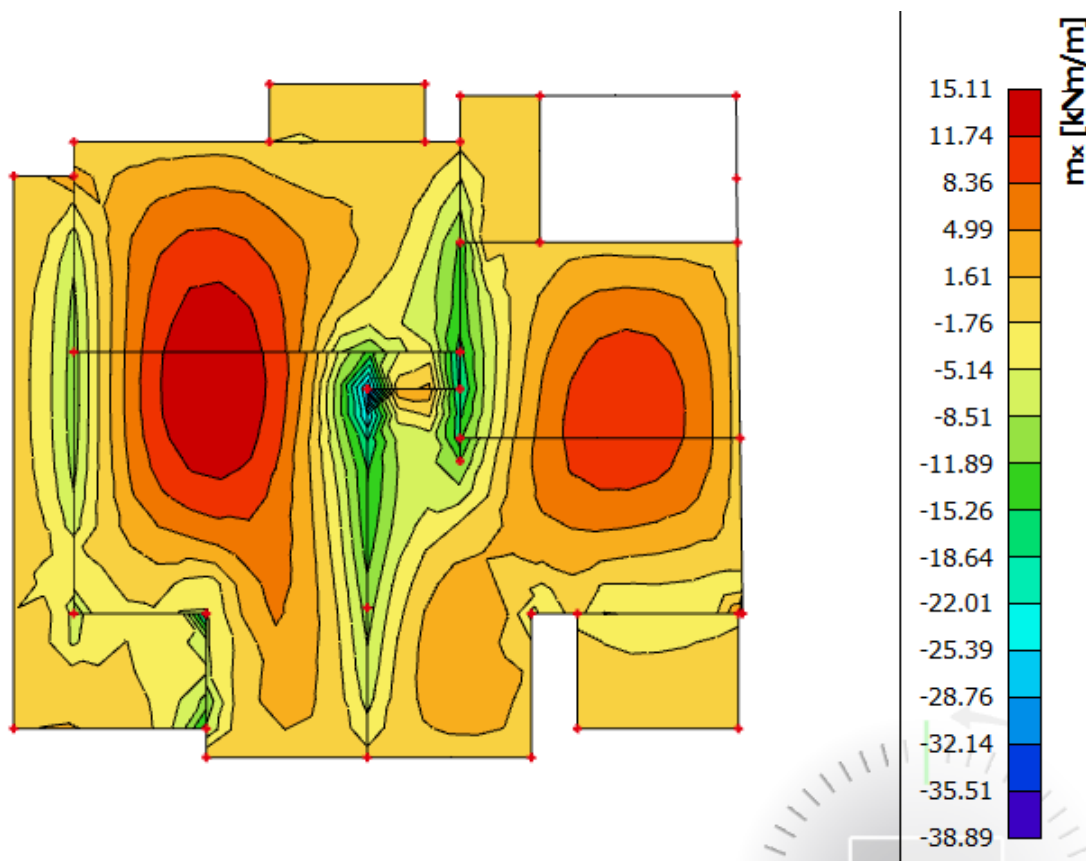
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU} : 1,0 (g + \Delta g) + 1,0q$$

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

$$w_k \leq w_g$$

Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine iznosi:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$ .



Slika 7.18. Maksimalni moment savijanja za GSU kombinaciju opterećenja

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

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

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

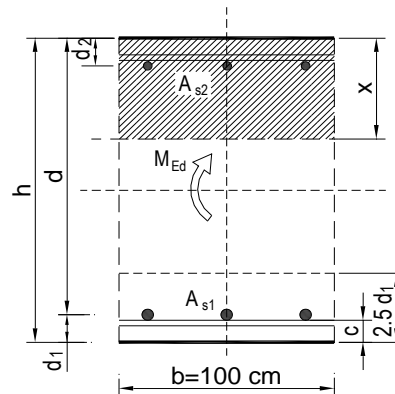


Mjerodavni moment za polje:  $M=15,11$  kNm/m

Odabrana armatura: **Q - 424 + preklop 40 cm** ( $A_S = 5,03$  cm<sup>2</sup>/m')

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	5,03 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	15,11 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	247,13 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,53 cm	$r_{p,eff} =$	0,0067		
$(e_{sm}-e_{cm}) =$	0,000337	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000741	
$\emptyset =$	9,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	313,13 mm				

$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm}-e_{cm}) = 0,232$  mm  $<$   $w_g$



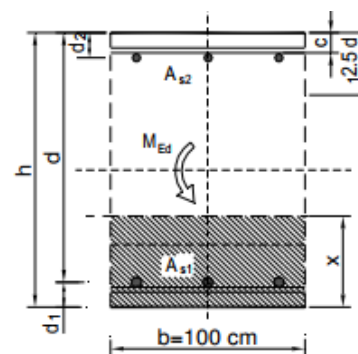
Dobivena karakteristična širina pukotine od 0,232 mm je manja od granične vrijednosti koja za AB konstrukcije iznosi 0,3 mm što znači da ugrađena armatura **zadovoljava**.

Mjerodavni moment za ležaj:  $M = 28,76$  kNm/m

Odabrana armatura: **Q - 785 + preklop 40 cm** ( $A_S = 9,31$  cm<sup>2</sup>/m')

$b =$	100,0 cm	$d =$	13,0 cm	$h =$	16,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	9,31 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	28,76 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	259,71 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,32 cm	$r_{p,eff} =$	0,0124		
$(e_{sm}-e_{cm}) =$	0,000797	$>$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000779	
$\emptyset =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	221,95 mm				

$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm}-e_{cm}) = 0,177$  mm  $<$   $w_g$

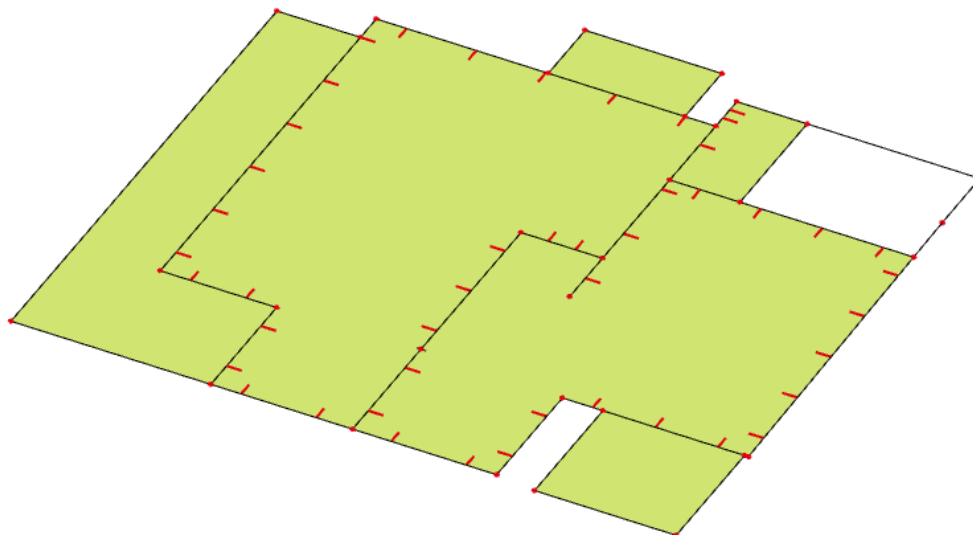


Dobivena karakteristična širina pukotine od 0,177 mm je manja od granične vrijednosti koja za AB konstrukcije iznosi 0,3 mm što znači da ugrađena armatura **zadovoljava**.

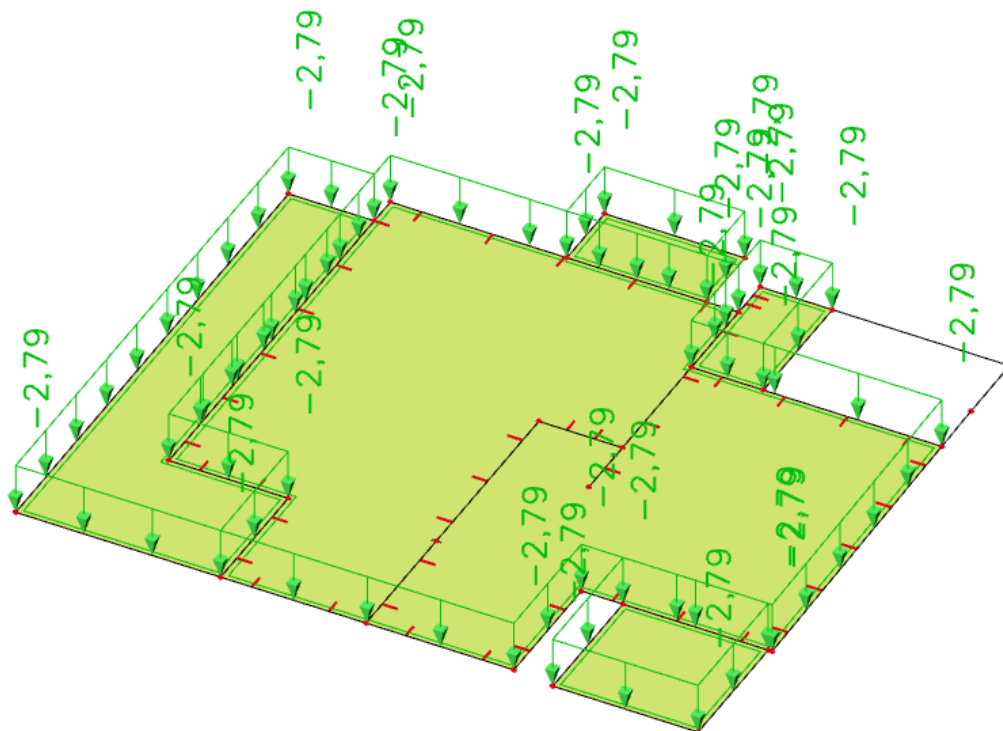
### 7.3 Proračun međukatne ploče (POZ 300 i POZ 200)

U nastavku je prikazan model međukatne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

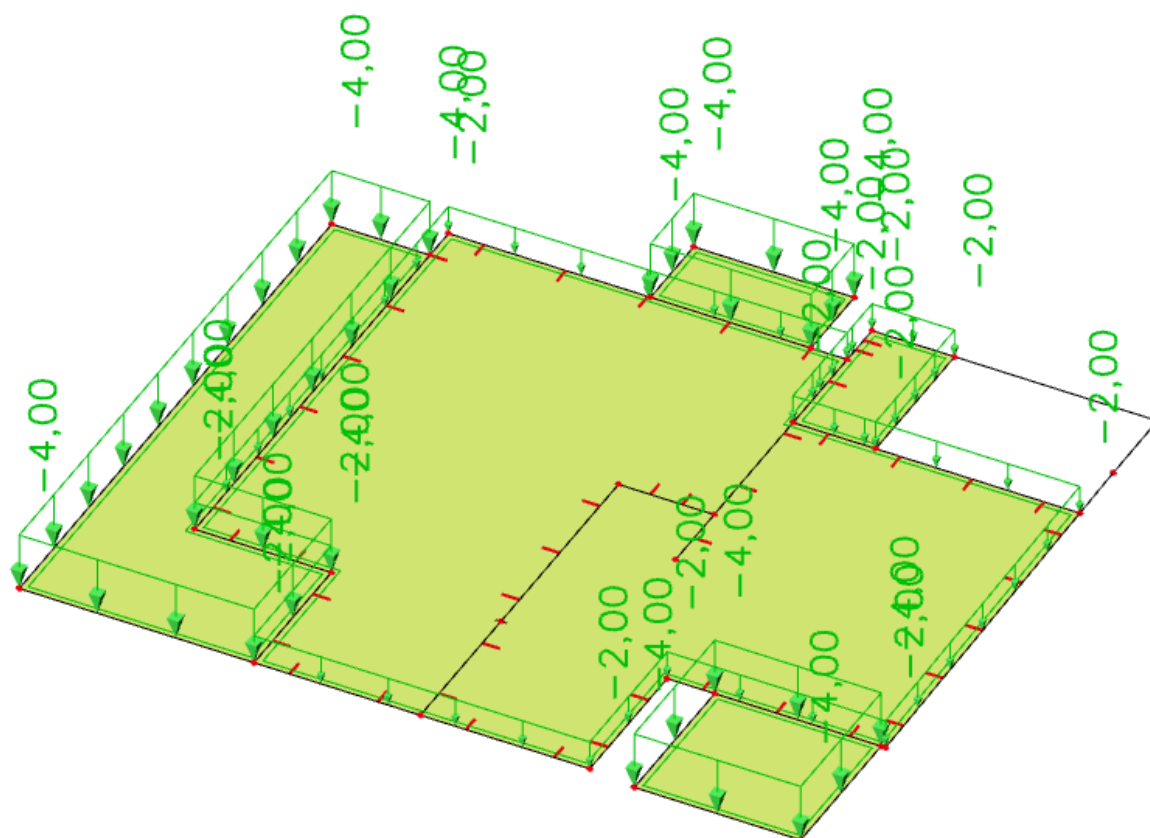
Vlastita težina zadana je u računalnom modelu.



Slika 7.19. Tlocrtni prikaz međukatne ploče



Slika 7.20. Dodatno stalno opterećenje  $\Delta g=2,79 \text{ (kN/m}^2\text{)}$



Slika 7.21. Promjenjivo opterećenje (korisno)  $q=2,0$ , za balkone  $q=4,0$  (kN/m<sup>2</sup>)

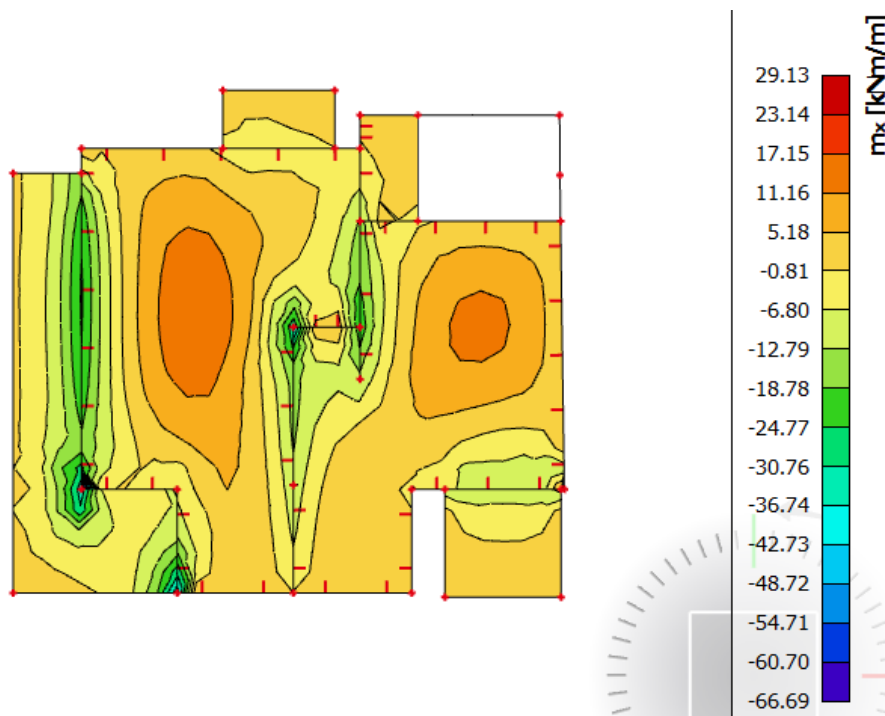
### 7.3.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN

Proračun je proveden za kombinacije:

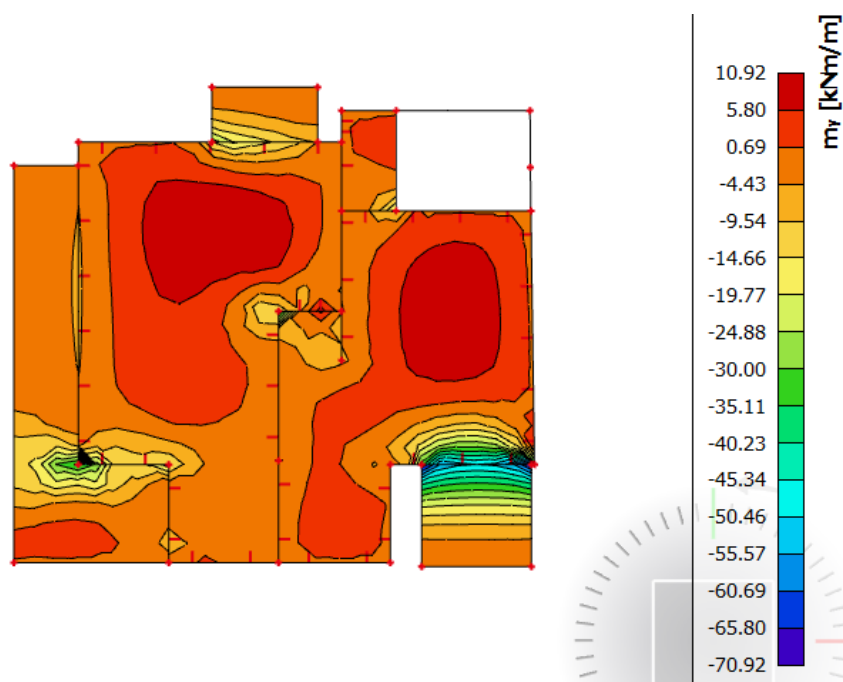
$$\text{GSN1: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.8 \cdot q$$

$$\text{GSN2: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot q$$

#### Momenti savijanja u polju za kombinaciju opterećenja GSN1

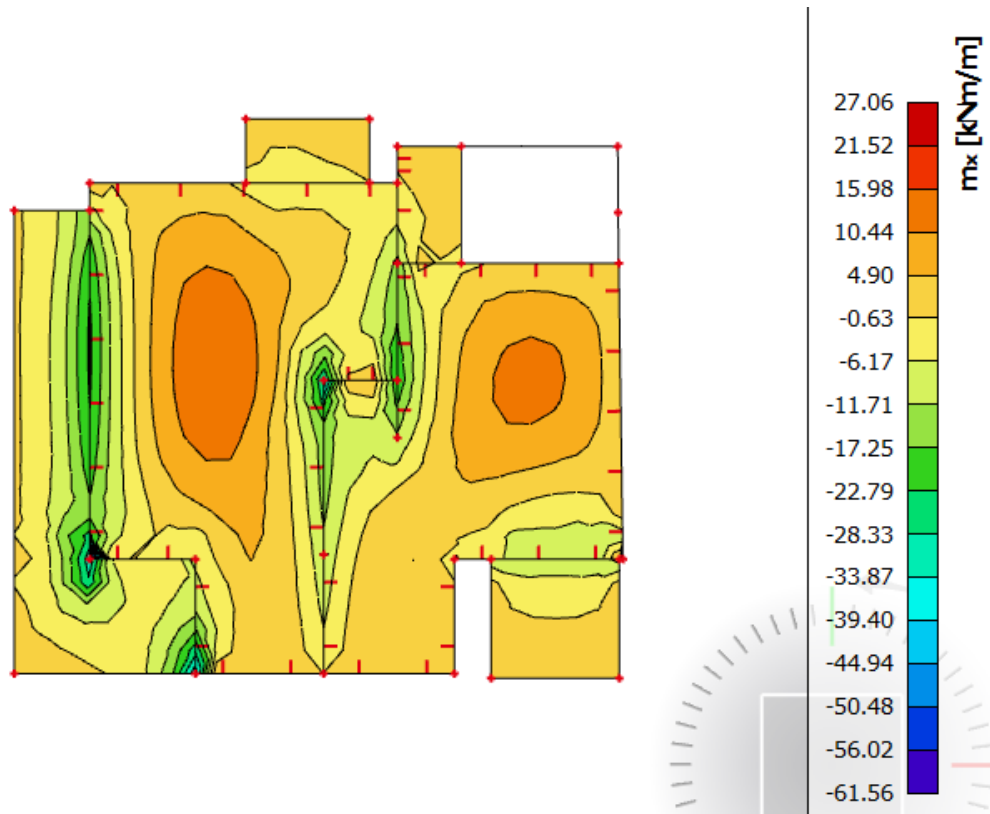
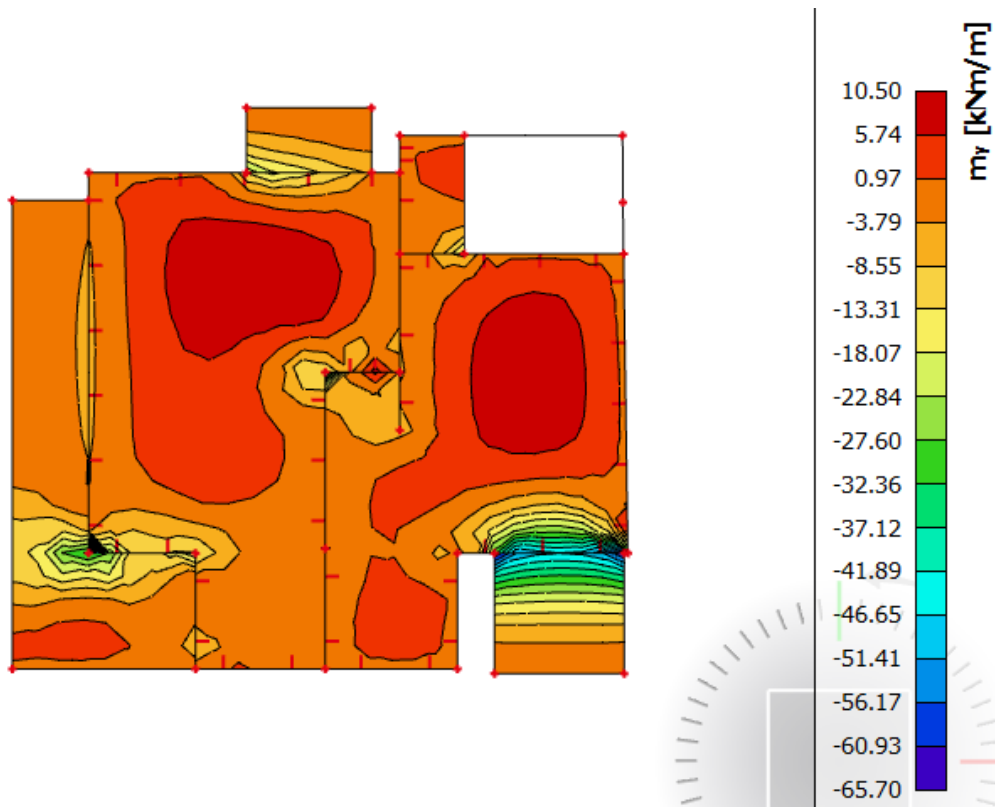


Slika 7.22. Moment savijanja u polju  $M_x$  za kombinaciju GSN1



Slika 7.23. Moment savijanja u polju  $M_y$  za kombinaciju GSN1

## Momenti savijanja na ležajevima za kombinaciju opterećenja GSN2

Slika 7.24. Moment savijanja na ležajima  $M_x$  za kombinaciju GSN2Slika 7.25. Moment savijanja na ležajima  $M_y$  za kombinaciju GSN2

**Dimenzioniranje:**

**Beton C 30/37**  $f_{ck} = 30,0 \text{ Mpa}$   $E_{cm} = 33,0 \text{ Gpa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

**Armatura B 500B**  $f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 16 = 1,6 \text{ cm}^2$$

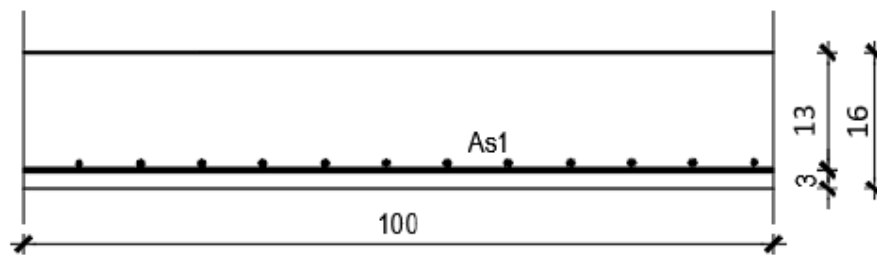
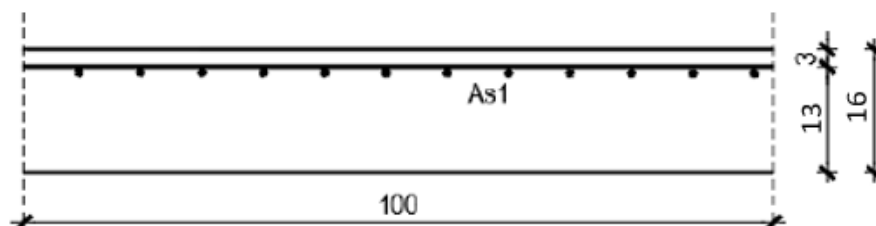
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 16 = 32,0 \text{ cm}^2$$

**Debljina ploče**

$b=100 \text{ cm}$

$h_{pl} = 16,0 \text{ cm}$

zaštitni sloj:  $d_1=3,0 \text{ cm}$ ;  $d=13,0 \text{ cm}$

**Presjek u polju****Presjek iznad ležaja**

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

$$M_{Rd,c,lim} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,66	53,74	8,45	0,10	
R/Q - 188	1,88	53,74	9,57	0,12	
R/Q - 196	1,96	53,74	9,98	0,12	
R/Q - 257	2,57	53,74	13,08	0,16	
R/Q - 283	2,83	53,74	14,40	0,18	
R/Q - 335	3,35	53,74	17,05	0,21	
R/Q - 385	3,85	53,74	19,59	0,24	
R/Q - 424	4,24	53,74	21,58	0,27	
R/Q - 503	5,03	53,74	25,60	0,31	
R/Q - 524	5,24	53,74	26,67	0,33	
R/Q - 636	6,36	53,74	32,37	0,40	
R/Q - 785	7,85	53,74	39,95	0,49	

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima. Ako se u obzir uzmu i preklopi

$$\geq 40 \text{ cm} \left( A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{\text{širina mreže (215)} + \text{preklop(40)}}{\text{širina mreže(215)}} \right) :$$

Mreža	Površina $A_{s1}$		Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 166	1,97	53,74	10,02	0,12	
R/Q - 188	2,23	53,74	11,35	0,14	
R/Q - 196	2,32	53,74	11,83	0,15	
R/Q - 257	3,05	53,74	15,51	0,19	
R/Q - 283	3,36	53,74	17,08	0,21	
R/Q - 335	3,97	53,74	20,22	0,25	
R/Q - 385	4,57	53,74	23,24	0,29	
R/Q - 424	5,03	53,74	25,59	0,31	
R/Q - 503	5,97	53,74	30,36	0,37	
R/Q - 524	6,21	53,74	31,63	0,39	
R/Q - 636	7,54	53,74	38,39	0,47	
R/Q - 785	9,31	53,74	47,39	0,58	

**Donja zona ploče (polje):**

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 17,15 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{17,15 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,051$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$   $\xi = 0,123$   $\zeta = 0,956$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{17,15 \cdot 100}{0,956 \cdot 13 \cdot 43,48} = 3,17 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 385 + preklop 40 cm** ( $A_S = 4,57 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

**Gornja zona ploče (ležaj):**

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 46,63 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{46,63 \cdot 100}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,138$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 3,0 \text{ ‰}$   $\xi = 0,231$   $\zeta = 0,907$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{46,63 \cdot 100}{0,907 \cdot 13 \cdot 43,48} = 9,1 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 785 + preklop 40 cm** ( $A_S = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

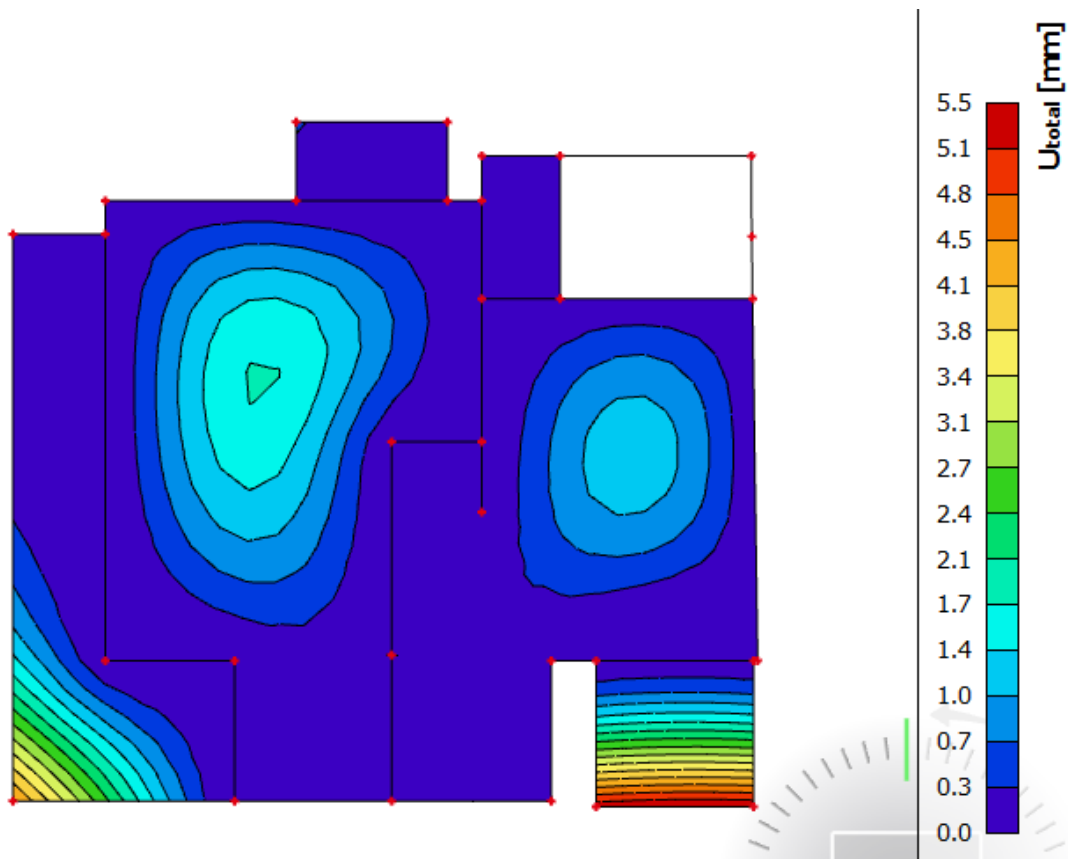


### 7.3.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### Kontrola progiba

Progibi međukatnih ploča su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU: } 1.0 \cdot (g + \Delta g) + 0.3 \cdot q$$



Slika 7.26. Progib međukatne ploče za GSU kombinaciju opterećenja

Granična vrijednost progiba na balkonu:  $f_{p,dop} = \frac{l}{150} = \frac{260}{150} = 1,73 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,55 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,55 = 1,65 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1,73 \text{ cm}$

**Progibi ploče POZ 300 i POZ 200 zadovoljavaju.**

## Kontrola pukotina

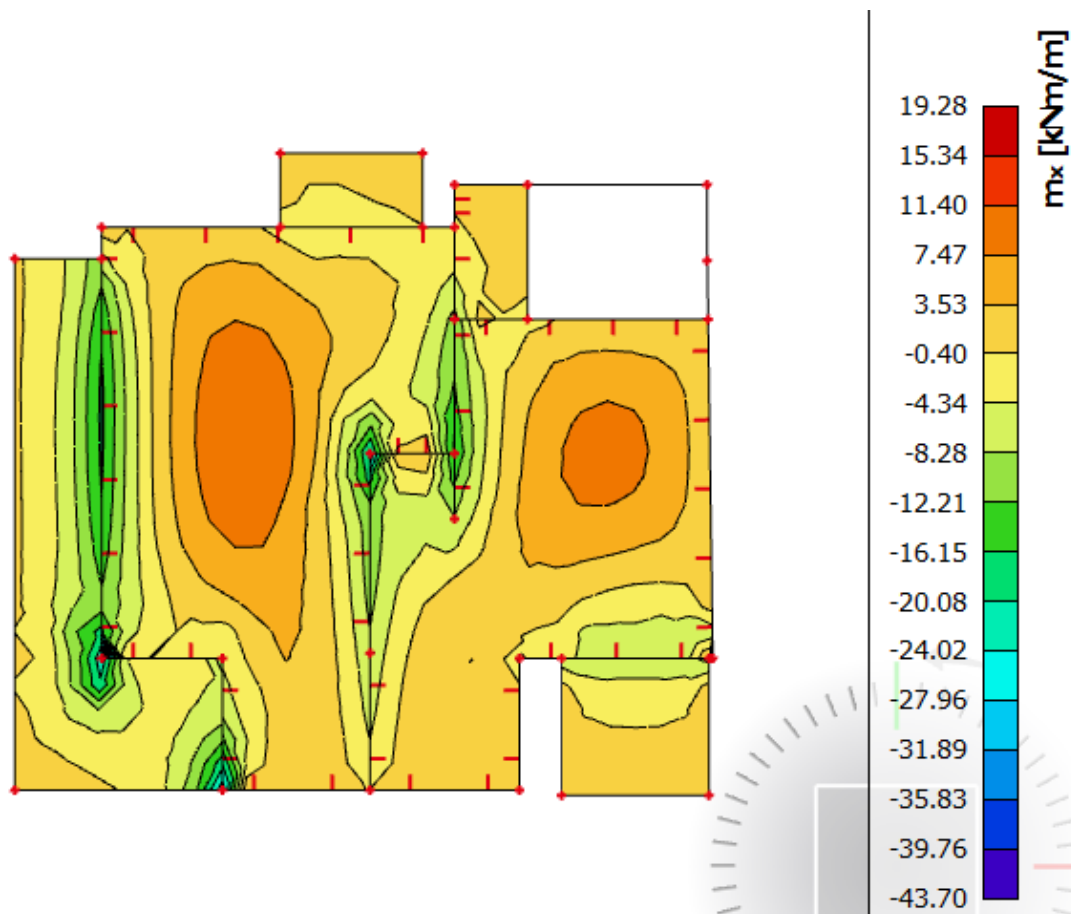
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU} : 1,0 (g + \Delta g) + 1,0q$$

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

$$w_k \leq w_g$$

Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine iznosi:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$ .



Slika 7.27. Maksimalni moment savijanja za GSU kombinaciju opterećenja

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

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

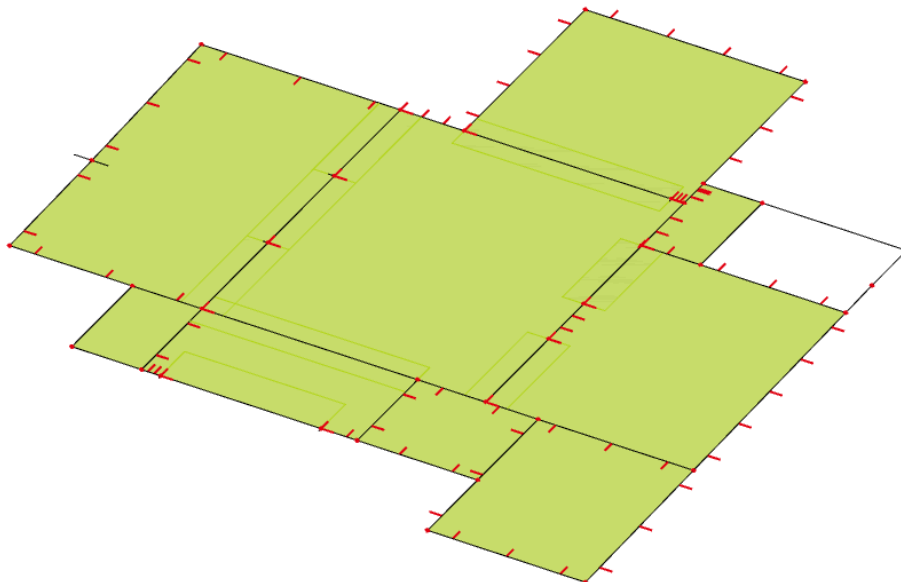
$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \text{ gdje je:}$$



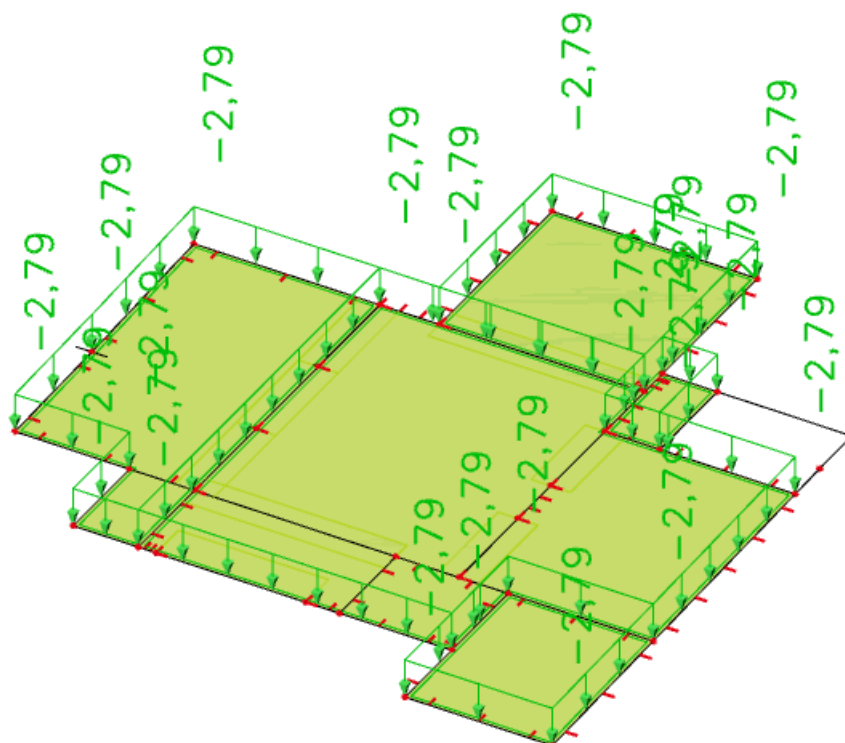
## 7.4 Proračun ploče prizemlja (POZ 100)

U nastavku je prikazan model međukatne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

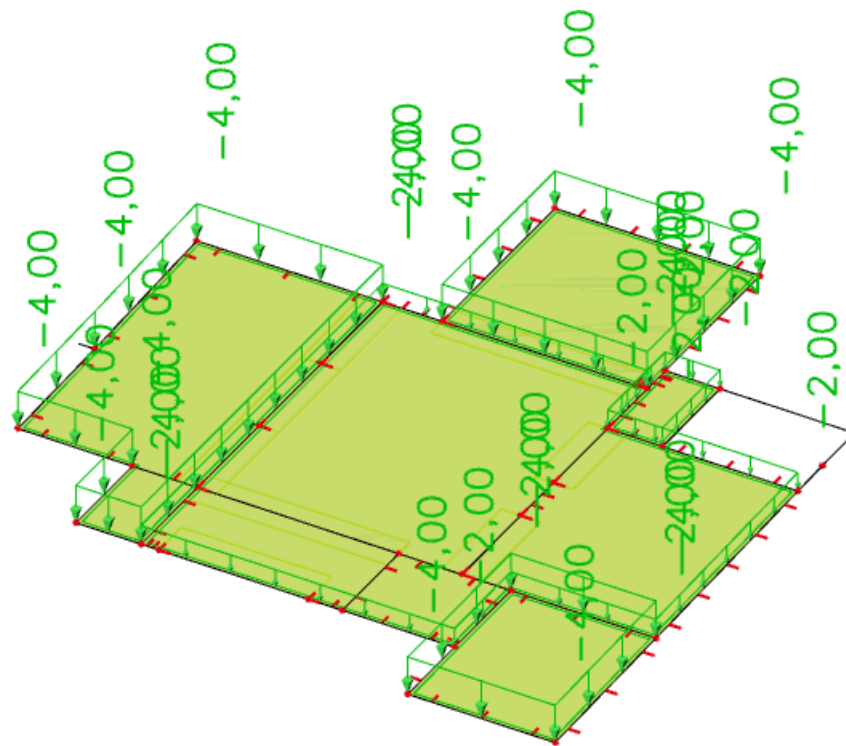
Vlastita težina zadana je u računalnom modelu.



Slika 7.28. Tlocrtni prikaz ploče prizemlja



Slika 7.29. Dodatno stalno opterećenje  $\Delta g=2,79$  (kN/m<sup>2</sup>)



Slika 7.30. Promjenjivo opterećenje (korisno)  $q=2,0$ , za terase  $q=4,0$  (kN/m<sup>2</sup>)

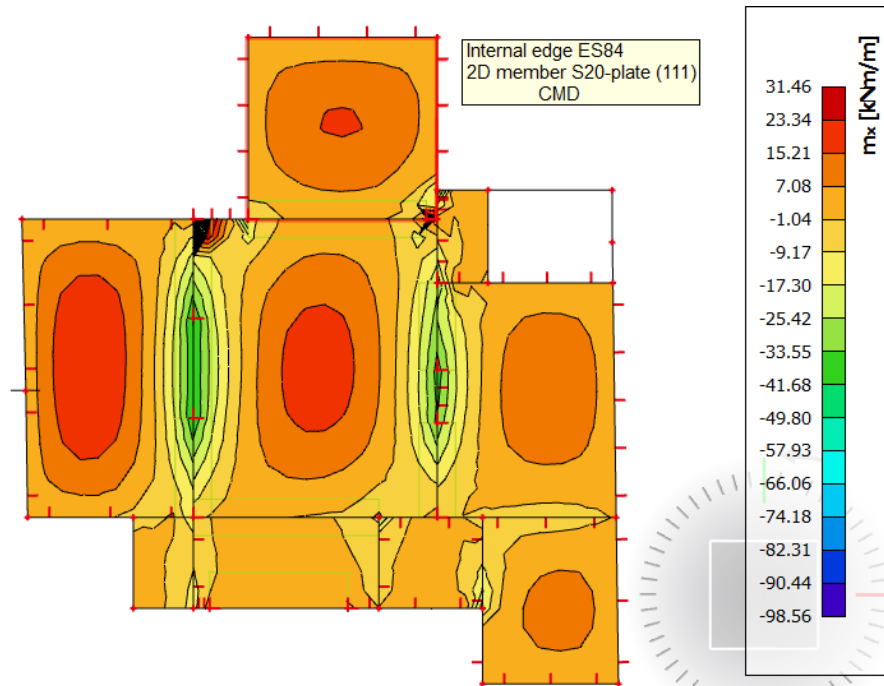
### 7.4.1 Dimenzioniranje na savijanje - GSN

Proračun je proveden za kombinacije:

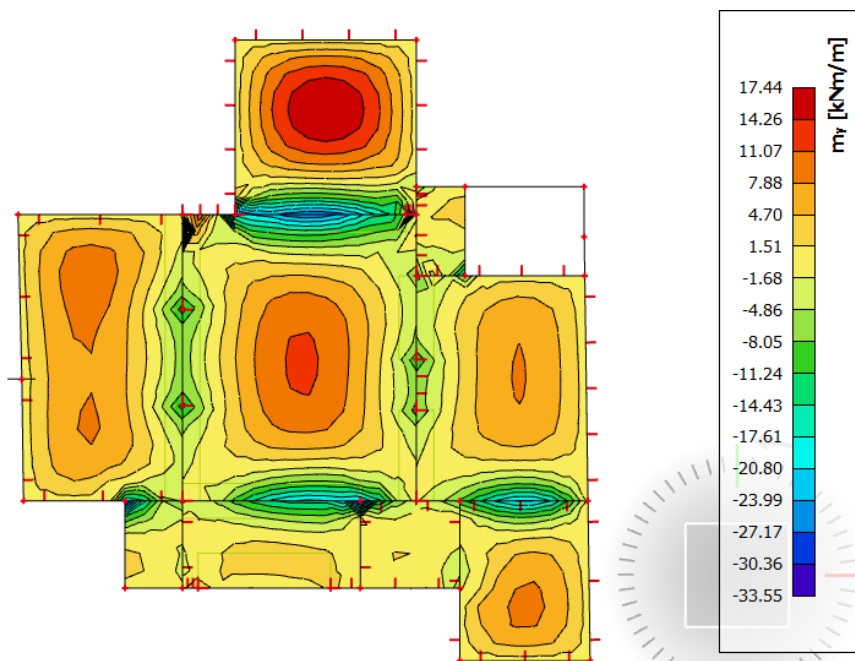
$$\text{GSN1: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.8 \cdot q$$

$$\text{GSN2: } 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot q$$

#### Momenti savijanja u polju za kombinaciju opterećenja GSN1

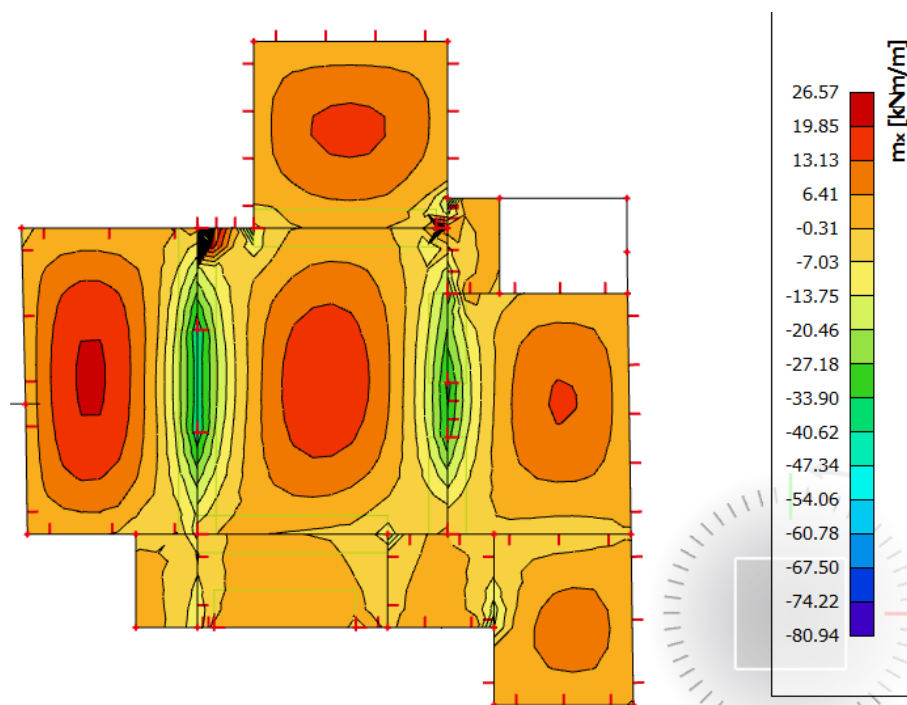
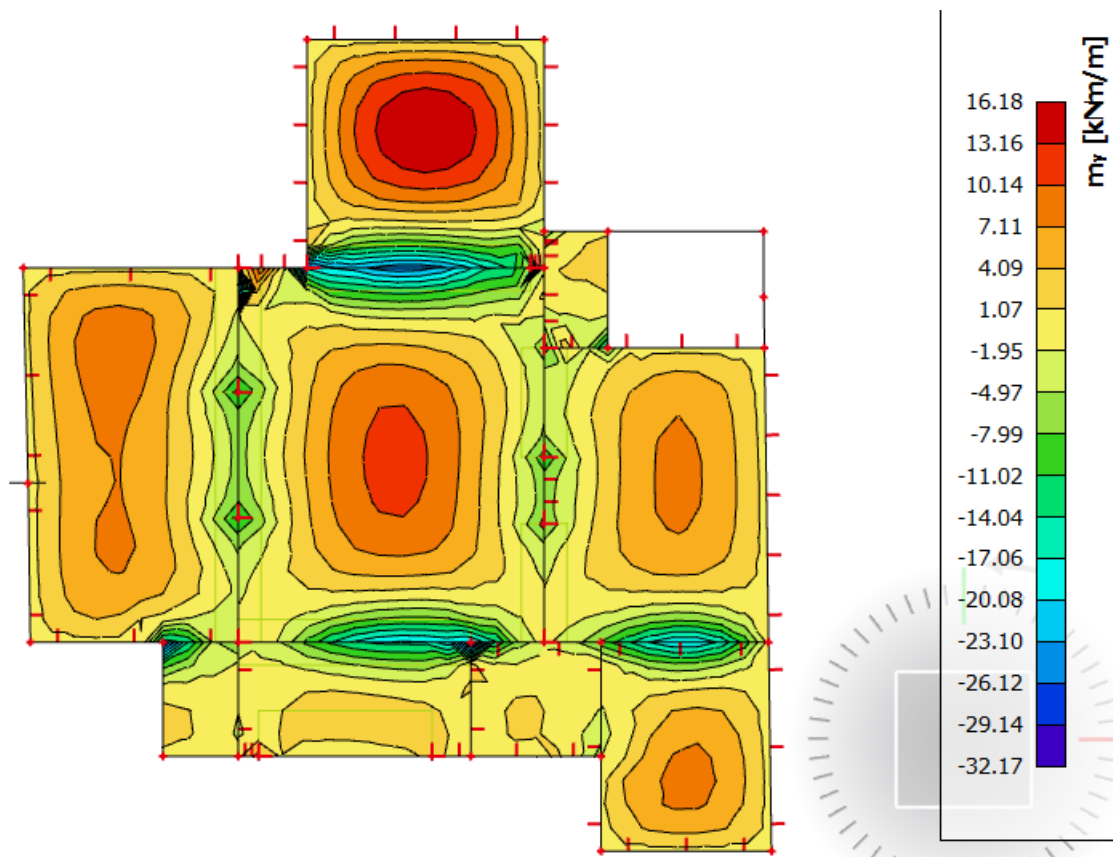


Slika 7.31. Moment savijanja u polju  $M_x$  za kombinaciju GSN1



Slika 7.32. Moment savijanja u polju  $M_y$  za kombinaciju GSN1

## Momenti savijanja na ležajevima za kombinaciju opterećenja GSN2

Slika 7.33. Moment savijanja na ležajima  $M_x$  za kombinaciju GSN2Slika 7.34. Moment savijanja na ležajima  $M_y$  za kombinaciju GSN2

**Dimenzioniranje:**

**Beton C 30/37**  $f_{ck} = 30,0 \text{ Mpa}$   $E_{cm} = 33,0 \text{ Gpa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

**Armatura B 500B**  $f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 18 = 1,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 18 = 36,0 \text{ cm}^2$$

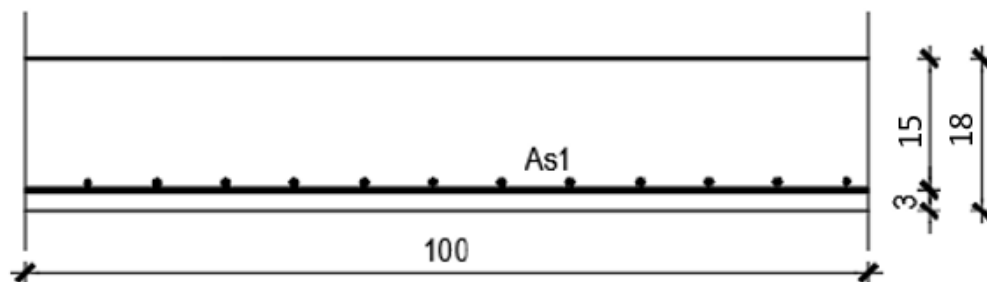
**Debljina ploče**

$b=100 \text{ cm}$

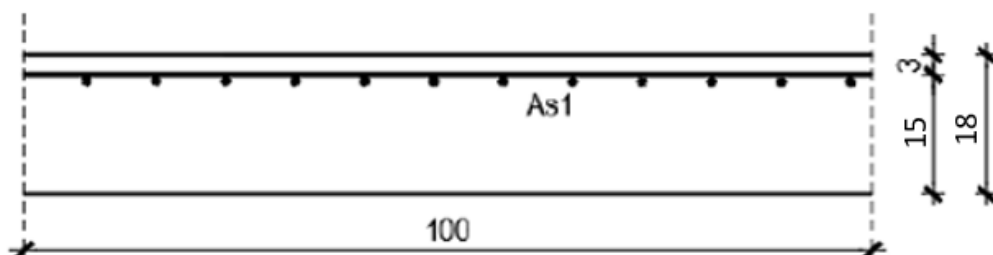
$h_{pl} = 18,0 \text{ cm}$

zaštitni sloj:  $d_1=3,0 \text{ cm}$ ;  $d=15,0 \text{ cm}$

Presjek u polju



Presjek iznad ležaja





U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

$$M_{Rd,c,lim} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Mreža		Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 188		1,88	71,55	11,04	0,10
R/Q - 196		1,96	71,55	11,51	0,11
R/Q - 257		2,57	71,55	15,09	0,14
R/Q - 283		2,83	71,55	16,62	0,16
R/Q - 335		3,35	71,55	19,67	0,19
R/Q - 385		3,85	71,55	22,61	0,21
R/Q - 424		4,24	71,55	24,90	0,24
R/Q - 503		5,03	71,55	29,54	0,28
R/Q - 524		5,24	71,55	30,77	0,29
R/Q - 636		6,36	71,55	37,35	0,35
R/Q - 785		7,85	71,55	46,10	0,44

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima. Ako se u obzir uzmu i preklopi

$$\geq 40 \text{ cm} \left( A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{\text{\textit{širina mreže (215)} + \text{\textit{preklop(40)}}}{\text{\textit{širina mreže(215)}}} \right) :$$

Mreža		Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 188		2,23	71,55	13,09	0,12
R/Q - 196		2,32	71,55	13,65	0,13
R/Q - 257		3,05	71,55	17,90	0,17
R/Q - 283		3,36	71,55	19,71	0,19
R/Q - 335		3,97	71,55	23,33	0,22
R/Q - 385		4,57	71,55	26,82	0,25
R/Q - 424		5,03	71,55	29,53	0,28
R/Q - 503		5,97	71,55	35,03	0,33
R/Q - 524		6,21	71,55	36,50	0,35
R/Q - 636		7,54	71,55	44,30	0,42
R/Q - 785		9,31	71,55	54,68	0,52

**Donja zona ploče (polje):**

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 22,49 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,34 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,052$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰}$   $\xi = 0,123$   $\zeta = 0,956$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,34 \cdot 100}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,74 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 385 + preklop 40 cm** ( $A_S = 4,57 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

**Gornja zona ploče (ležaj):**

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 47,34 \text{ kNm/m'}$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{47,34 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,105$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 2,3 \text{ ‰}$   $\xi = 0,187$   $\zeta = 0,928$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{39,06 \cdot 100}{0,928 \cdot 15 \cdot 43,48} = 7,82 \text{ cm}^2$$

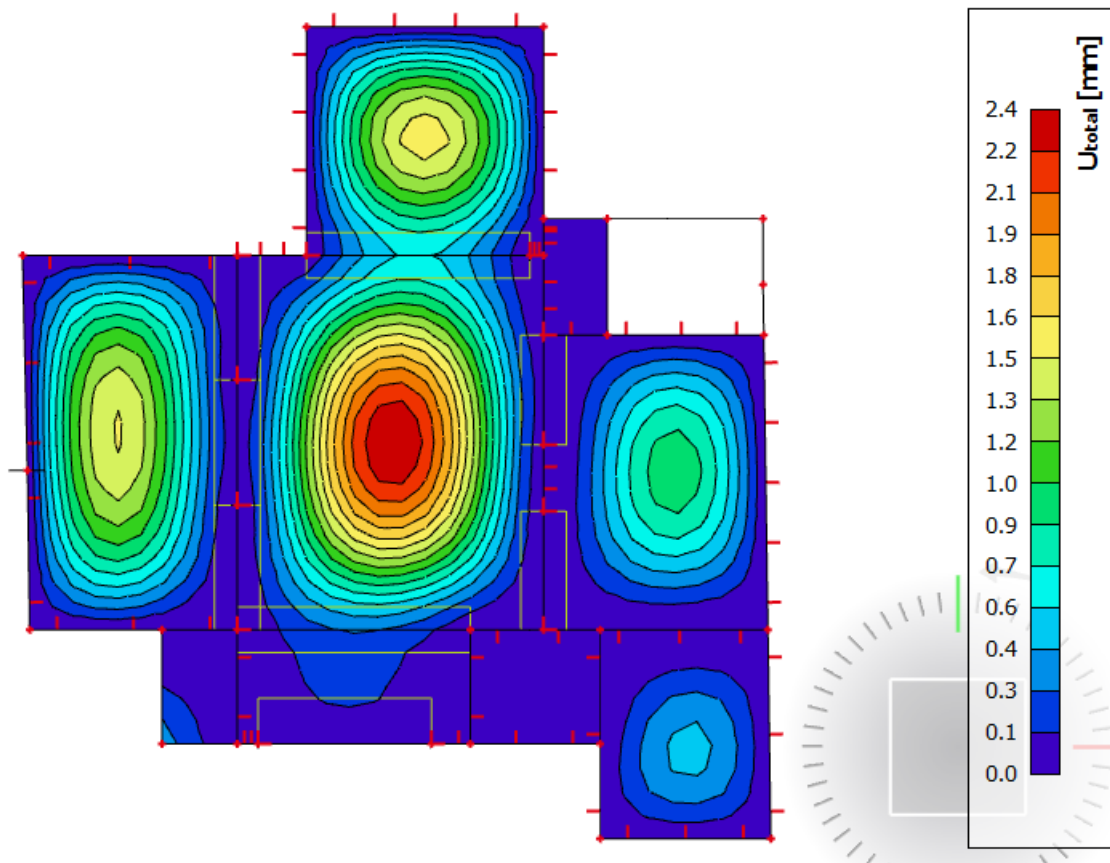
Odabrana armatura: **Q - 785 + preklop 40 cm** ( $A_S = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

## 7.4.2 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

### Kontrola progiba

Progibi ploče prizemlja su također dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU: } 1.0 \cdot (g + \Delta g) + 1.0 \cdot q$$



Slika 7.35. Progib ploče prizemlja za GSU kombinaciju opterećenja

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{671}{250} = 2,68 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,24 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,24 = 0,72 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,68 \text{ cm}$

**Progibi ploče POZ 100 zadovoljavaju.**

### Kontrola pukotina

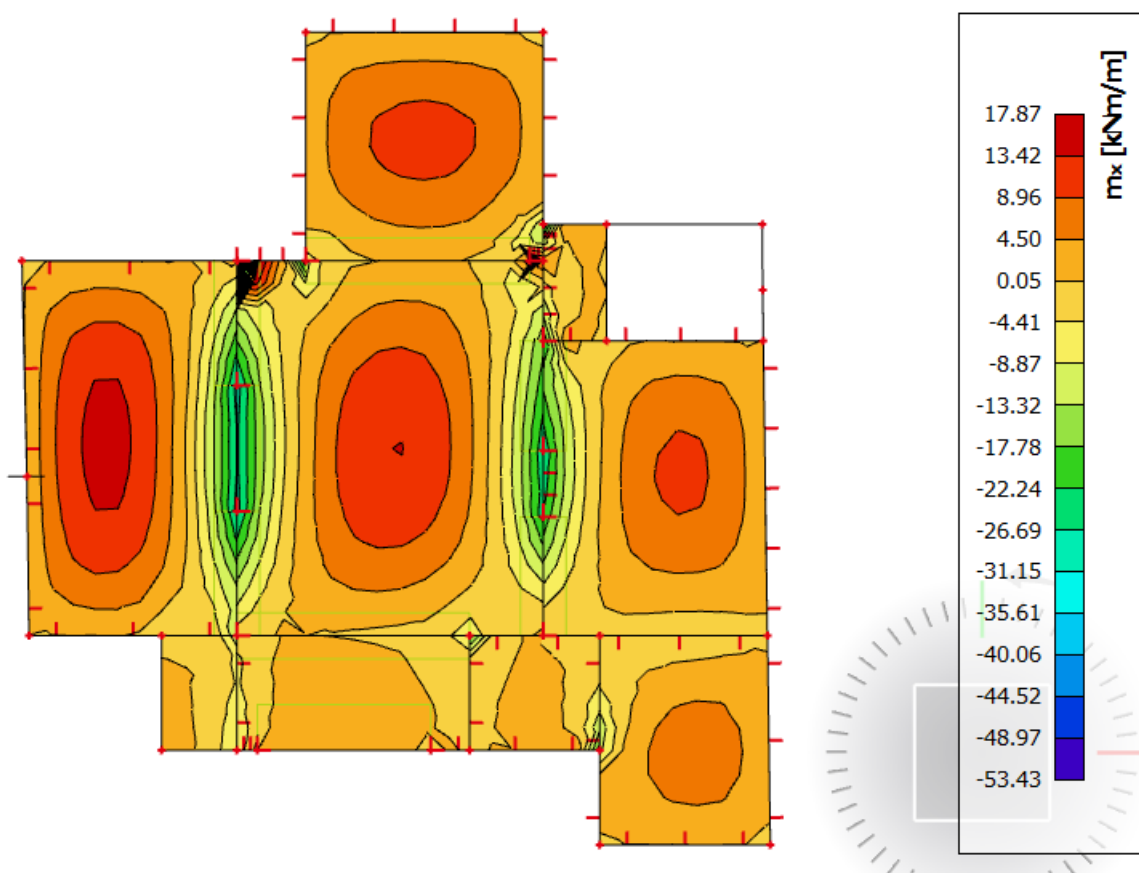
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU} : 1,0 (g + \Delta g) + 1,0q$$

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

$$w_k \leq w_g$$

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



Slika 7.36. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  za GSU kombinaciju opterećenja

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

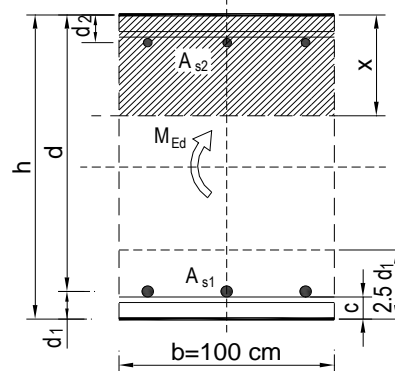
Vrijednost  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$  određuje se prema izrazu:

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

Mjerodavni moment za polje:  $M=14,79$  kNm/m

Odabrana armatura: **Q - 385 + preklop 40 cm** ( $A_S = 4,57$  cm<sup>2</sup>/m')

$b =$	100,0 cm	$d =$	15,0 cm	$h =$	18,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,57 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	14,79 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	229,13 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,63 cm	$r_{p,eff} =$	0,0061		
$(e_{sm}-e_{cm}) =$	0,000160	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000687	
$\emptyset =$	7,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	280,30 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm}-e_{cm}) =$	0,193 mm	$<$	$w_g$		

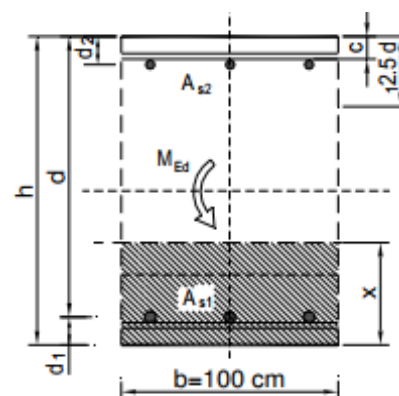


Dobivena karakteristična širina pukotine od 0,193 mm je manja od granične vrijednosti koja za AB konstrukcije iznosi 0,3 mm što znači da ugrađena armatura **zadovoljava**.

Mjerodavni moment nad ležajem:  $M=28,12$  kNm/m

Odabrana armatura: **Q - 785 + preklop 40 cm** ( $A_S = 9,31$  cm<sup>2</sup>/m')

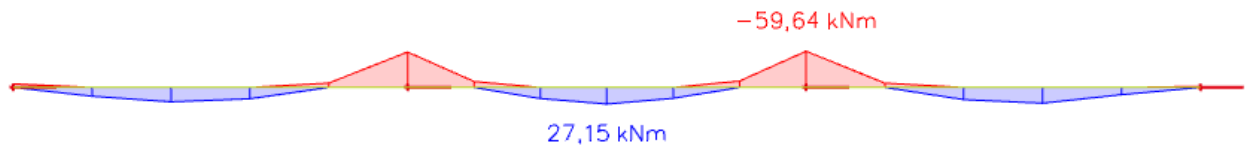
$b =$	100,0 cm	$d =$	15,0 cm	$h =$	18,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	9,31 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	28,12 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	218,86 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,60 cm	$r_{p,eff} =$	0,0124		
$(e_{sm}-e_{cm}) =$	0,000592	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000657	
$\emptyset =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	221,95 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm}-e_{cm}) =$	0,146 mm	$<$	$w_g$		



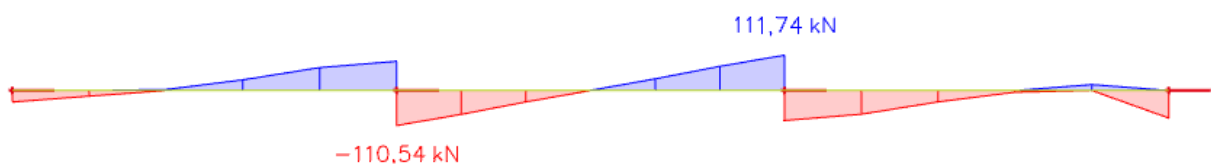
Dobivena karakteristična širina pukotine od 0,146 mm je manja od granične vrijednosti koja za AB konstrukcije iznosi 0,3 mm što znači da ugrađena armatura **zadovoljava**.

## 7.5 Proračun AB greda (POZ 100 i POZ 500)

### 7.5.1 Greda (G101) 30x58 cm



Slika 7.37. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.38. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 30 \cdot 53 = 2,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 30 \cdot 53 = 2,07 \text{ cm}^2$$

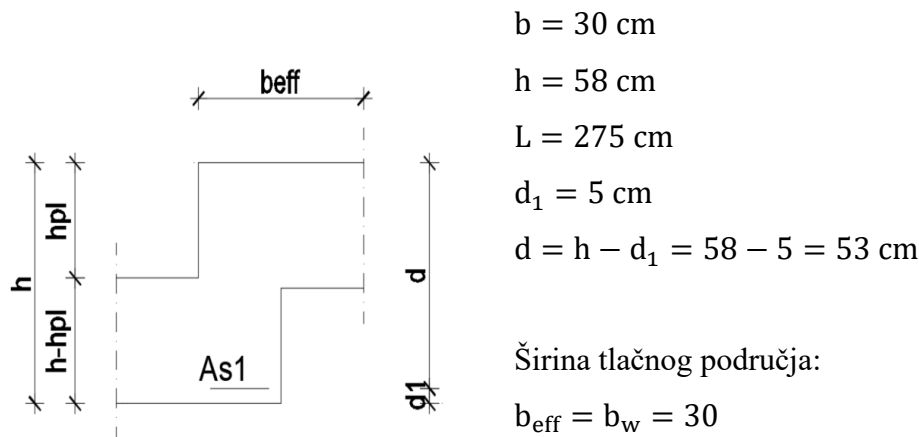
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 30 \cdot 58 = 69,6 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

30x58cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	267,98	95,86	0,27
3φ16	6,03	267,98	125,12	0,35
4φ14	6,16	267,98	127,82	0,35
4φ16	8,04	267,98	166,83	0,46
4φ18	10,18	267,98	211,23	0,59
4φ20	12,57	267,98	260,82	0,72



Slika 7.39. Poprečni presjek grede

**Proračun uzdužne armature u polju**

$$M_{\text{Ed}} = 27,15 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{2715}{30 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,016$$

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

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{2715}{0,977 \cdot 53 \cdot 43,48} = 1,21 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

**Proračun uzdužne armature na ležaju**

$$M_{\text{Ed}} = 59,64 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{5964}{30 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,035$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 1,1 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,965 \quad \xi = 0,099$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{5964}{0,965 \cdot 53 \cdot 43,48} = 2,68 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )



## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)	<b>b<sub>w</sub></b>	30,00	cm	<b>C 30/37</b>		
f <sub>cd</sub> =30/1.5=20.0 MPa	<b>h</b>	58,00	cm	<b>f<sub>ck</sub></b>	30,00	Mpa
	<b>d<sub>1</sub> (d<sub>2</sub>)</b>	5,00	cm	<b>f<sub>cd</sub></b>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
	<b>d</b>	53,00	cm	<b>f<sub>yd</sub>, f<sub>yw,d</sub></b>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
As <sub>l</sub> = 9.24 cm <sup>2</sup>	<b>A<sub>sl</sub></b>	9,24	cm <sup>2</sup>	<b>τ<sub>Rd</sub></b>	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
V <sub>Ed,max</sub> = 111,74 kN	<b>V<sub>Ed,max</sub></b>	111,74	kN	<b>Računska armatura</b>		
N <sub>Ed</sub> =0.0 kN	<b>N<sub>sd</sub></b>	0,00	kN	<b>ρ<sub>min</sub></b>	0,0010	
	<b>k</b>	1,61		<b>m</b>	2	
	<b>ρ<sub>l</sub></b>	0,0058		<b>V<sub>Ed,max</sub>/V<sub>Rd2</sub></b>	0,13	
	<b>v<sub>min</sub></b>	0,39		<b>s<sub>w,max</sub></b>	30,0	cm
	<b>σ<sub>cp</sub></b>	0,00	kN/cm <sup>2</sup>	<b>A<sub>sw,min</sub></b>	0,450	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c</sub></b>	79,9	kN	<b>Odabrano:</b>	<b>Ø10 / 25</b>	
	<b>V<sub>Rd,c,min</sub></b>	62,5	kN	<b>A<sub>sw,od</sub></b>	0,79	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c,mjer</sub></b>	79,9	kN	<b>V<sub>wd</sub></b>	131,08	kN
	<b>v</b>	0,528				
	<b>V<sub>Rd2</sub></b>	839,5	kN			

## Kontrola pukotina

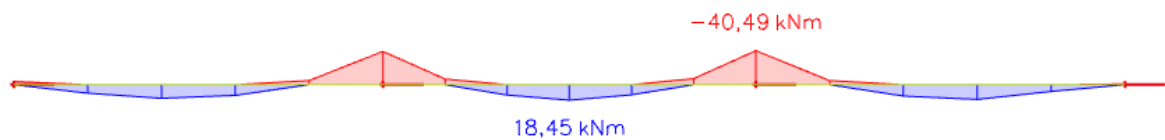
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



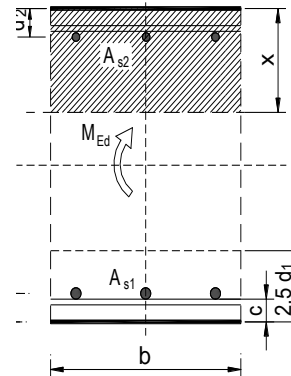
Slika 7.40. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 18,45 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	30,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	18,5 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	79,91 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	9,08 cm	$r_{p,eff} =$	0,0123		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000106	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000240	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	295,18 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,071 mm $<$ $w_g$				



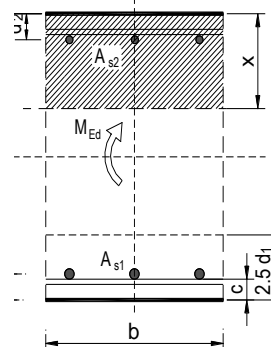
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 40,49 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	30,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	40,5 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	175,38 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	9,08 cm	$r_{p,eff} =$	0,0123		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000371	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000526	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	295,18 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,155 mm $<$ $w_g$				

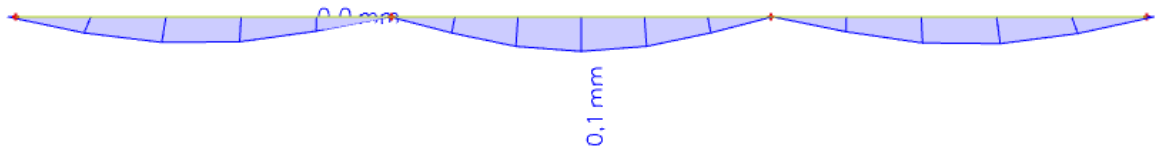


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

## Kontrola progiba

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$



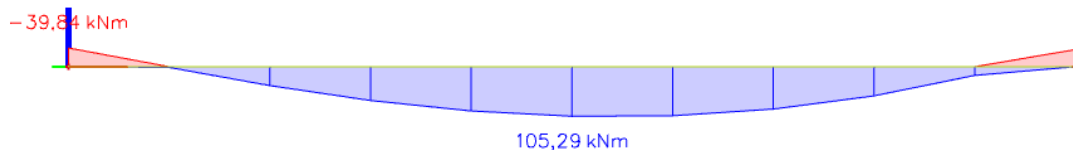
Slika 7.41. Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{275}{250} = 1,1 \text{ cm}$

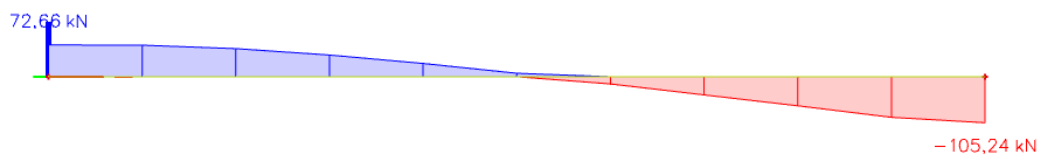
Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,01 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1,1 \text{ cm}$

## 7.5.2 Greda (G102) 20x73 cm



Slika 7.42. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.43. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 20 \cdot 68 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 20 \cdot 68 = 1,77 \text{ cm}^2$$

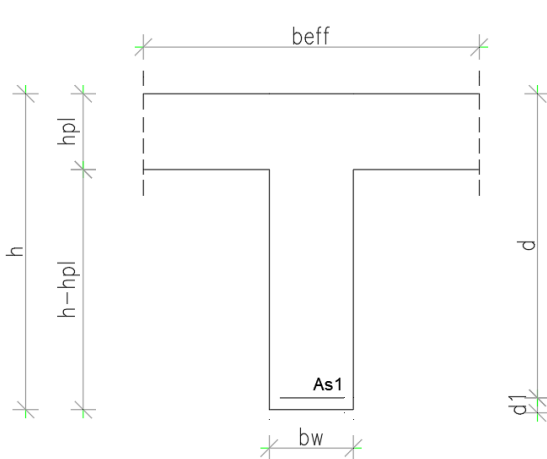
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 20 \cdot 73 = 58,4 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

20x73cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	294,09	122,99	0,32
3φ16	6,03	294,09	160,53	0,41
4φ14	6,16	294,09	163,99	0,42
4φ16	8,04	294,09	214,04	0,55
4φ18	10,18	294,09	271,01	0,70
4φ20	12,57	294,09	334,64	0,86



$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 73 \text{ cm}$$

$$L = 510 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 73 - 5 = 68 \text{ cm}$$

Širina tlačnog područja:

$$b_{\text{eff}} = b_w = 20 \text{ cm}$$

Slika 7.44. Poprečni presjek grede

### Proračun uzdužne armature u polju

$$M_{\text{Ed}} = 105,29 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{10529}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,057$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 1,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,953 \quad \xi = 0,130$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{10529}{0,953 \cdot 68 \cdot 43,48} = 3,74 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

### Proračun uzdužne armature na ležaju

$$M_{\text{Ed}} = 39,84 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{3984}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,022$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,9 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,971 \quad \xi = 0,083$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{3984}{0,971 \cdot 68 \cdot 43,48} = 1,39 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)	<b>b<sub>w</sub></b>	20,00	cm	<b>C 30/37</b>		
f <sub>cd</sub> =30/1.5=20.0 MPa	<b>h</b>	73,00	cm	<b>f<sub>ck</sub></b>	30,00	Mpa
	<b>d<sub>1</sub> (d<sub>2</sub>)</b>	5,00	cm	<b>f<sub>cd</sub></b>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
As <sub>l</sub> = 9.24 cm <sup>2</sup>	<b>d</b>	68,00	cm	<b>f<sub>yd</sub>, f<sub>yw,d</sub></b>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
V <sub>Ed,max</sub> = 105,24 kN	<b>A<sub>sl</sub></b>	9,24	cm <sup>2</sup>	<b>τ<sub>Rd</sub></b>	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
N <sub>Ed</sub> =0.0 kN	<b>V<sub>Ed,max</sub></b>	105,24	kN	<b>Računska armatura</b>		
	<b>N<sub>sd</sub></b>	0,00	kN	<b>ρ<sub>min</sub></b>	0,0010	
	<b>k</b>	1,54		<b>m</b>	2	
	<b>ρ<sub>l</sub></b>	0,0068		<b>V<sub>Ed,max</sub>/V<sub>Rd2</sub></b>	0,15	
	<b>v<sub>min</sub></b>	0,37		<b>s<sub>w,max</sub></b>	30,0	cm
	<b>σ<sub>cp</sub></b>	0,00	kN/cm <sup>2</sup>	<b>A<sub>sw,min</sub></b>	0,300	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c</sub></b>	68,8	kN	<b>Odabrano:</b>	<b>Ø10 / 30</b>	
	<b>V<sub>Rd,c,min</sub></b>	49,9	kN	<b>A<sub>sw,od</sub></b>	0,79	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c,mjer</sub></b>	68,8	kN	<b>V<sub>wd</sub></b>	140,14	kN
	<b>v</b>	0,528				
	<b>V<sub>Rd2</sub></b>	718,1	kN			



## Kontrola pukotina

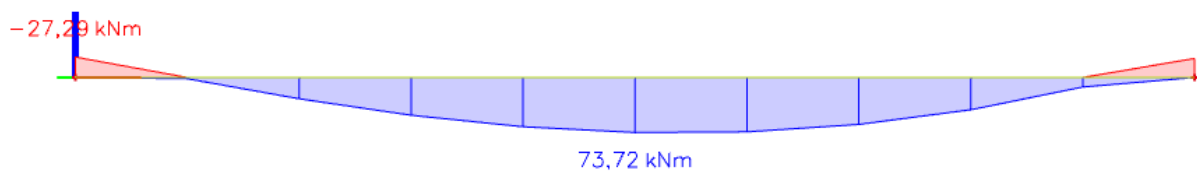
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



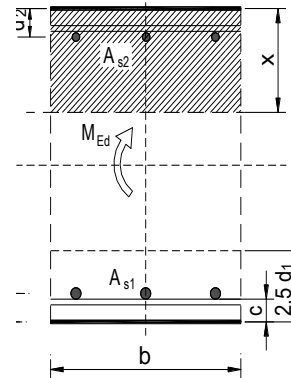
Slika 7.45. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 73,72 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	73,7 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	249,98 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000901	$>$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000750	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,208 mm $<$ $w_g$				



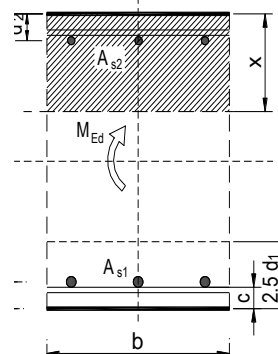
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 27,29 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	27,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	92,50 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000114	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000278	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,064 mm $<$ $w_g$				

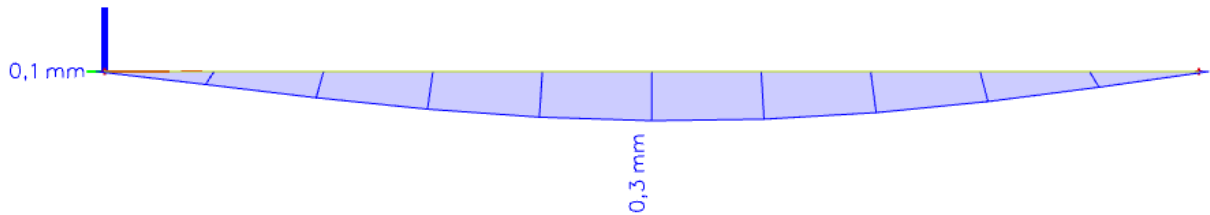


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

## Kontrola progiba

Progibi gređa su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

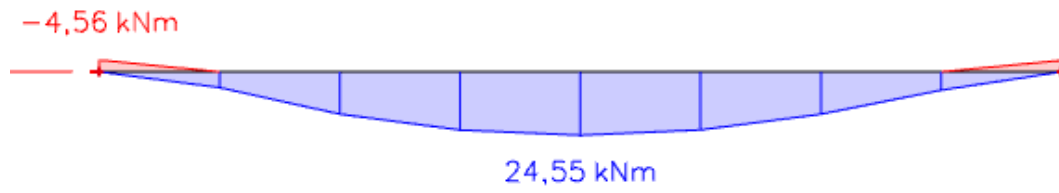


Slika 7.46. Dijagram progiba gređe za GSU

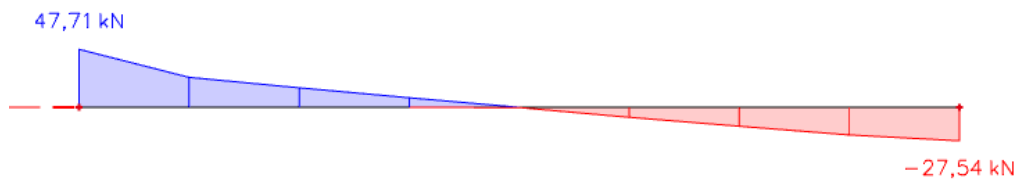
Granična vrijednost progiba gređe u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{510}{250} = 2,04 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib gređe (očitano iz modela):  $f_k = 0,03 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,03 = 0,09 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,04 \text{ cm}$

**7.5.3 Greda (G103) 20x73 cm**

Slika 7.47. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.48. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 20 \cdot 68 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 20 \cdot 68 = 1,77 \text{ cm}^2$$

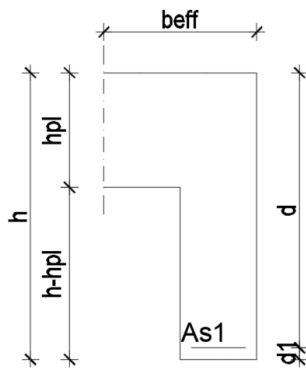
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 20 \cdot 73 = 58,4 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

20x73cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	294,09	122,99	0,32
3φ16	6,03	294,09	160,53	0,41
4φ14	6,16	294,09	163,99	0,42
4φ16	8,04	294,09	214,04	0,55
4φ18	10,18	294,09	271,01	0,70
4φ20	12,57	294,09	334,64	0,86



$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 73 \text{ cm}$$

$$L = 380 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 73 - 5 = 68 \text{ cm}$$

Širina tlačnog područja:

$$b_{\text{eff}} = b_w = 20 \text{ cm}$$

Slika 7.49. Poprečni presjek grede

### Proračun uzdužne armature u polju

$$M_{\text{Ed}} = 24,55 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{2455}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,013$$

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

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{2455}{0,981 \cdot 68 \cdot 43,48} = 0,85 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

### Proračun uzdužne armature na ležaju

$$M_{\text{Ed}} = 4,56 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{456}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,002$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,2 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,993 \quad \xi = 0,020$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{456}{0,993 \cdot 68 \cdot 43,48} = 0,16 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)	$b_w$	20,00	cm	C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa
$f_{cd}=30/1.5=20.0$ MPa	$h$	73,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>	
	$d_1 (d_2)$	5,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	
$A_{sl} = 9.24$ cm <sup>2</sup>	$d$	68,00	cm	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>	
$V_{Ed,max} = 47,71$ kN	$A_{sl}$	9,24	cm <sup>2</sup>	<b>Konstruktivna armatura</b>			
$N_{Ed}=0.0$ kN	$V_{Ed,max}$	47,71	kN	$\rho_{min}$	0,0010		
	$N_{sd}$	0,00	kN	$m$	2		
	$k$	1,54		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,07		
	$\rho_l$	0,0068		$s_{w,max}$	30,0	cm	
	$v_{min}$	0,37		$A_{sw,min}$	0,300	cm <sup>2</sup>	
	$\sigma_{cp}$	0,00	kN/cm <sup>2</sup>	Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>		
	$V_{Rd,c}$	68,8	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rd,c,min}$	49,9	kN	$V_{wd}$	140,14	kN	
	$V_{Rd,c,mjer}$	68,8	kN				
	$v$	0,528					
	$V_{Rd2}$	718,1	kN				

## Kontrola pukotina

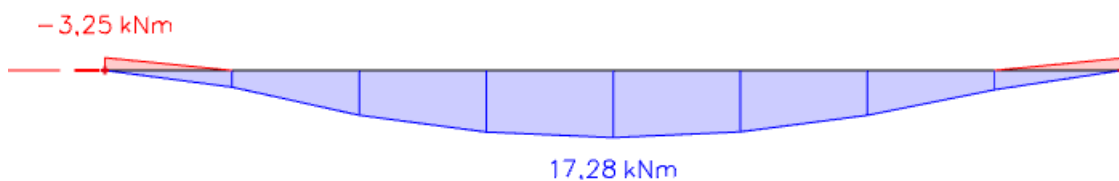
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



Slika 7.50. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

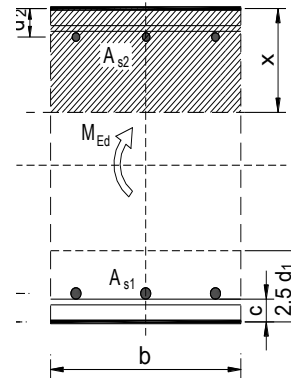


**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 17,28 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	17,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	58,56 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000056	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000176	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,041 mm $<$ $w_g$				



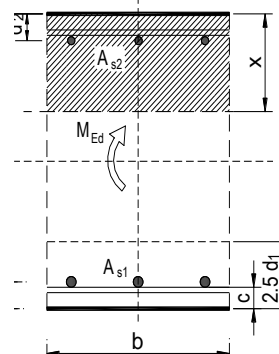
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 3,25 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	3,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	11,05 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000294	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000033	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,008 mm $<$ $w_g$				

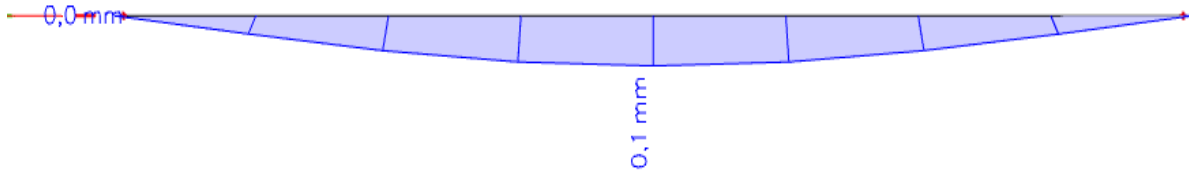


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

## Kontrola progiba

Progibi greda su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

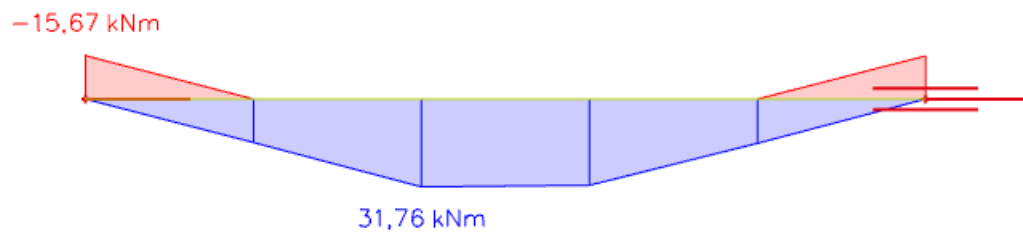


Slika 7.51. Dijagram progiba grede za GSU

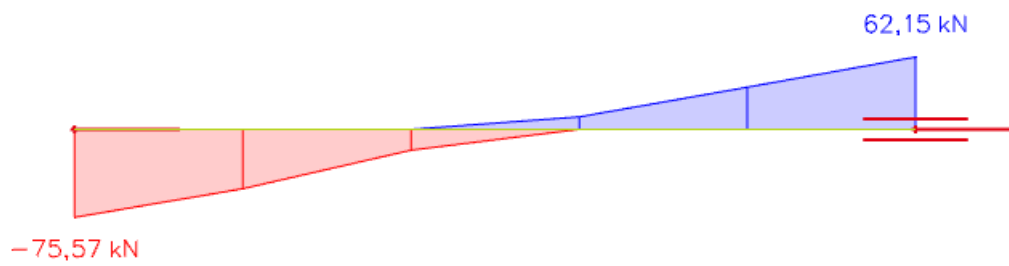
Grafična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{380}{250} = 1,52 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,01 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1,52 \text{ cm}$

**7.5.4 Greda (G104) 20x73 cm**

Slika 7.52. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.53. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 20 \cdot 68 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 20 \cdot 68 = 1,77 \text{ cm}^2$$

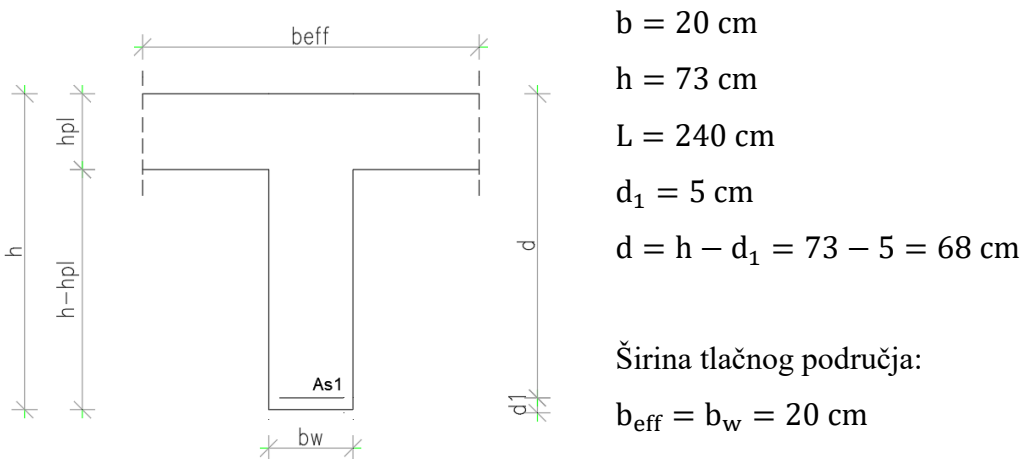
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 20 \cdot 73 = 58,4 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

20x73cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	294,09	122,99	0,32
3φ16	6,03	294,09	160,53	0,41
4φ14	6,16	294,09	163,99	0,42
4φ16	8,04	294,09	214,04	0,55
4φ18	10,18	294,09	271,01	0,70
4φ20	12,57	294,09	334,64	0,86



Slika 7.54. Poprečni presjek grede

**Proračun uzdužne armature u polju**

$$M_{\text{Ed}} = 31,76 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{3176}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,017$$

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

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{3176}{0,977 \cdot 68 \cdot 43,48} = 1,10 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

**Proračun uzdužne armature na ležaju**

$$M_{\text{Ed}} = 15,67 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{1567}{20 \cdot 68^2 \cdot 2,0} = 0,008$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,984 \quad \xi = 0,048$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{1567}{0,984 \cdot 68 \cdot 43,48} = 0,54 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)	<b>b<sub>w</sub></b>	20,00	cm	<b>C 30/37</b>		
f <sub>cd</sub> =30/1.5=20.0 MPa	<b>h</b>	73,00	cm	<b>f<sub>ck</sub></b>	30,00	Mpa
	<b>d<sub>1</sub> (d<sub>2</sub>)</b>	5,00	cm	<b>f<sub>cd</sub></b>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
As <sub>l</sub> = 9.24 cm <sup>2</sup>	<b>d</b>	68,00	cm	<b>f<sub>yd</sub>, f<sub>yw,d</sub></b>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
V <sub>Ed,max</sub> = 75,57 kN	<b>A<sub>sl</sub></b>	9,24	cm <sup>2</sup>	<b>τ<sub>Rd</sub></b>	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
N <sub>Ed</sub> =0.0 kN	<b>V<sub>Ed,max</sub></b>	75,57	kN	<b>Računska armatura</b>		
	<b>N<sub>sd</sub></b>	0,00	kN	<b>ρ<sub>min</sub></b>	0,0010	
	<b>k</b>	1,54		<b>m</b>	2	
	<b>ρ<sub>l</sub></b>	0,0068		<b>V<sub>Ed,max</sub>/V<sub>Rd2</sub></b>	0,11	
	<b>v<sub>min</sub></b>	0,37		<b>s<sub>w,max</sub></b>	30,0	cm
	<b>σ<sub>cp</sub></b>	0,00	kN/cm <sup>2</sup>	<b>A<sub>sw,min</sub></b>	0,300	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c</sub></b>	68,8	kN	<b>Odabrano:</b>	<b>Ø10 / 30</b>	
	<b>V<sub>Rd,c,min</sub></b>	49,9	kN	<b>A<sub>sw,od</sub></b>	0,79	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c,mjer</sub></b>	68,8	kN	<b>V<sub>wd</sub></b>	140,14	kN
	<b>v</b>	0,528				
	<b>V<sub>Rd2</sub></b>	718,1	kN			

## Kontrola pukotina

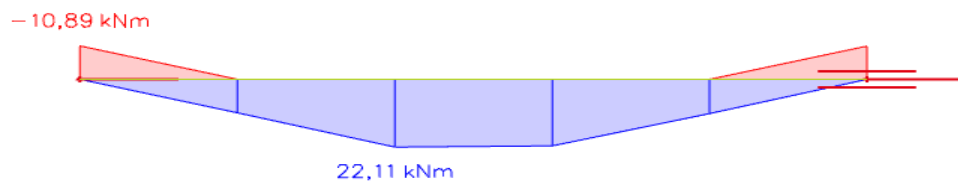
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



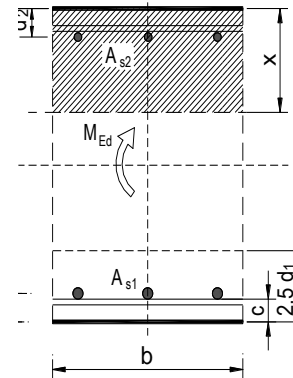
Slika 7.55. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 22,11 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	22,1 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	74,97 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000026	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000225	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,052 mm $<$ $w_g$				



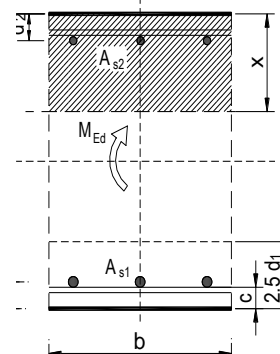
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 10,89 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	68,0 cm	$h =$	73,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	10,9 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	36,93 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12,50 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000164	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000111	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,026 mm $<$ $w_g$				



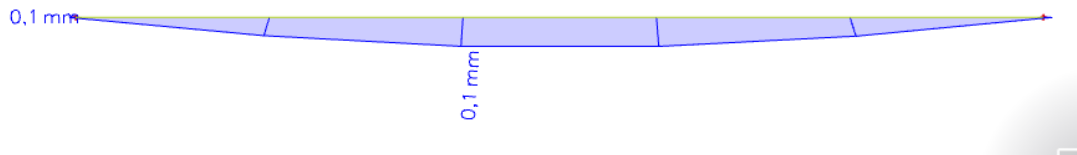
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.



## Kontrola progiba

Progibi greda su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

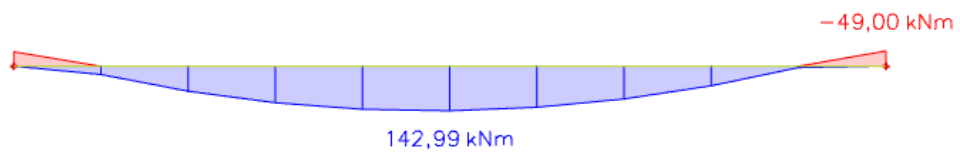


Slika 7.56. Dijagram progiba grede za GSU

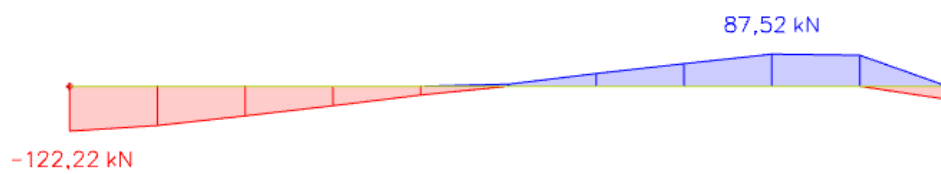
Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{240}{250} = 0,96 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,01 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 0,96 \text{ cm}$

**7.5.5 Greda (G105) 20x58 cm**

Slika 7.57. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.58. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 20 \cdot 53 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 20 \cdot 53 = 1,38 \text{ cm}^2$$

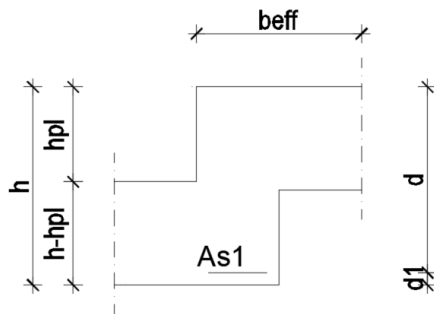
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 20 \cdot 58 = 46,4 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

20x58cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	178,65	95,86	0,40
3φ16	6,03	178,65	125,12	0,52
3φ18	7,63	178,65	158,32	0,66
4φ16	8,04	178,65	166,83	0,69
4φ18	10,18	178,65	211,23	0,88
4φ20	12,57	178,65	260,82	1,08



$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 58 \text{ cm}$$

$$L = 490 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 58 - 5 = 53 \text{ cm}$$

Širina tlačnog područja:

$$b_{\text{eff}} = b_w = 20 \text{ cm}$$

Slika 7.59. Poprečni presjek grede

### Proračun uzdužne armature u polju

$$M_{\text{Ed}} = 142,99 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{14299}{20 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,127$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 2,8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,913 \quad \xi = 0,219$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{14299}{0,913 \cdot 53 \cdot 43,48} = 6,8 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø18** ( $A_{\text{s1}} = 7,63 \text{ cm}^2$ )

### Proračun uzdužne armature na ležaju

$$M_{\text{Ed}} = 49,0 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{4900}{20 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,044$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 1,3 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,959 \quad \xi = 0,115$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{4900}{0,959 \cdot 53 \cdot 43,48} = 2,22 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)

$f_{cd} = 30/1.5 = 20.0$  MPa

$A_{s1} = 12.25$  cm<sup>2</sup>

$V_{Ed,max} = 122.22$  kN

$N_{Ed} = 0.0$  kN

$b_w$	20,00	cm
$h$	58,00	cm
$d_1 (d_2)$	5,00	cm
$d$	53,00	cm
$A_{s1}$	12,25	cm <sup>2</sup>
$V_{Ed,max}$	122,22	kN
$N_{sd}$	0,00	kN
$k$	1,61	
$\rho_l$	0,0116	
$v_{min}$	0,39	
$\sigma_{cp}$	0,00	kN/cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c}$	67,0	kN
$V_{Rd,c,min}$	41,7	kN
$V_{Rd,c,mjer}$	67,0	kN
$v$	0,528	
$V_{Rd2}$	559,7	kN

C 30/37

$f_{ck}$  30,00 MPa

$f_{cd}$  2,00 kN/cm<sup>2</sup>

$f_{yd}, f_{yw,d}$  43,48 kN/cm<sup>2</sup>

$\tau_{Rd}$  0,34 kN/cm<sup>2</sup>

### Računska armatura

$\rho_{min}$  0,0010

$m$  2

$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$  0,22

$s_{w,max}$  30,0 cm

$A_{sw,min}$  0,300 cm<sup>2</sup>

Odabrano: **Ø10 / 25**

$A_{sw,od}$  0,79 cm<sup>2</sup>

$V_{wd}$  131,08 kN

## Kontrola pukotina

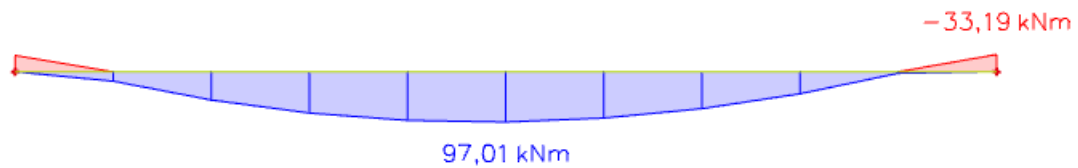
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



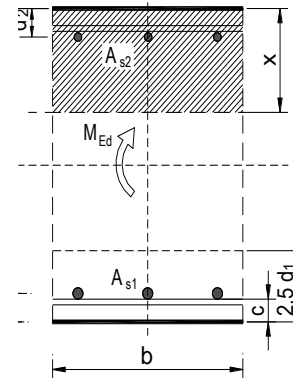
Slika 7.60. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 97,01 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}18$  ( $A_{s1} = 7,63 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,63 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	97,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	262,24 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	13,55 cm	$r_{p,eff} =$	0,0305		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,001086	$>$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000787	
$\text{Ø} =$	18,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	202,26 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,220 mm < $w_g$				



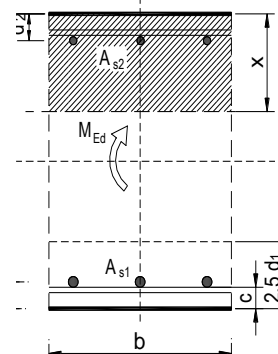
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 33,19 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	33,2 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	145,51 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	10,89 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000379	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000437	
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,101 mm < $w_g$				

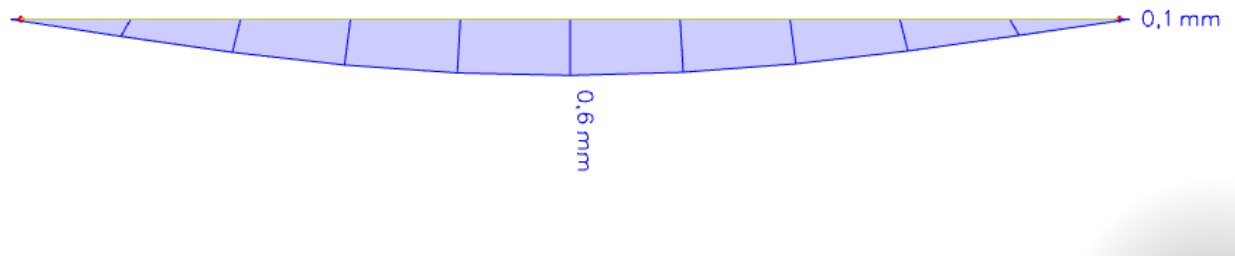


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

## Kontrola progiba

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$



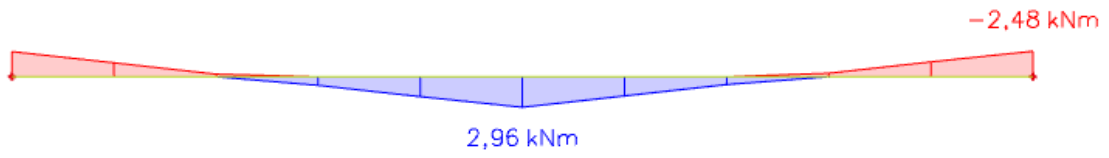
Slika 7.61. Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{490}{250} = 1,96 \text{ cm}$

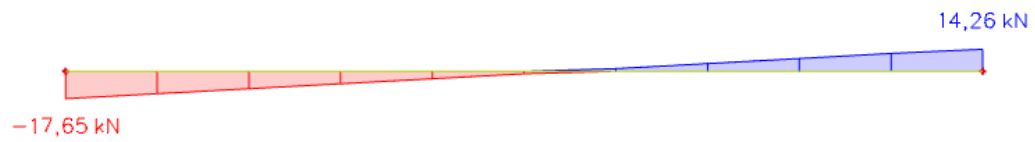
Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,06 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = 3,0 \cdot 0,06 = 0,18 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 1,96 \text{ cm}$



**7.5.6 Greda (G501) 20x58 cm**

Slika 7.62. Maksimalni moment savijanja  $M_{Ed,y}$



Slika 7.63. Maksimalna poprečna sila  $V_{Ed,z}$

**Dimenzioniranje na moment savijanja**

$$\text{Beton: C 30/37} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta = 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 20 \cdot 53 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot 20 \cdot 53 = 1,38 \text{ cm}^2$$

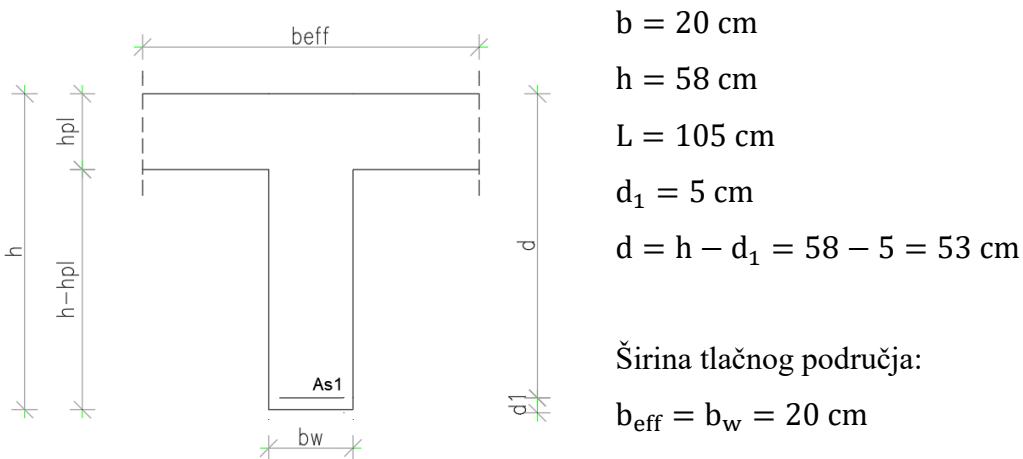
Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 20 \cdot 58 = 46,4 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede

20x58cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
3φ14	4,62	178,65	95,86	0,40
3φ16	6,03	178,65	125,12	0,52
4φ14	6,16	178,65	127,82	0,53
4φ16	8,04	178,65	166,83	0,69
4φ18	10,18	178,65	211,23	0,88
4φ20	12,57	178,65	260,82	1,08



Slika 7.64. Poprečni presjek grede

**Proračun uzdužne armature u polju**

$$M_{\text{Ed}} = 2,96 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{296}{20 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,003$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,3 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,990 \quad \xi = 0,029$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{296}{0,990 \cdot 53 \cdot 43,48} = 0,13 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura u polju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

**Proračun uzdužne armature na ležaju**

$$M_{\text{Ed}} = 2,48 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{248}{20 \cdot 53^2 \cdot 2,0} = 0,002$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{\text{s1}} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,2 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,993 \quad \xi = 0,020$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{248}{0,993 \cdot 53 \cdot 43,48} = 0,11 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura na ležaju: **3Ø14** ( $A_{\text{s1}} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

## Dimenzioniranje na poprečnu silu

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

$$V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$$

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

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

$$V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$$

C 30/37 (MB-40)	<b>b<sub>w</sub></b>	20,00	cm	<b>C 30/37</b>		
f <sub>cd</sub> =30/1.5=20.0 MPa	<b>h</b>	58,00	cm	<b>f<sub>ck</sub></b>	30,00	Mpa
	<b>d<sub>1</sub> (d<sub>2</sub>)</b>	5,00	cm	<b>f<sub>cd</sub></b>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
As <sub>l</sub> = 9.24 cm <sup>2</sup>	<b>d</b>	53,00	cm	<b>f<sub>yd</sub>, f<sub>yw,d</sub></b>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
V <sub>Ed,max</sub> = 17.65 kN	<b>A<sub>sl</sub></b>	9,24	cm <sup>2</sup>	<b>τ<sub>Rd</sub></b>	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
N <sub>Ed</sub> =0.0 kN	<b>V<sub>Ed,max</sub></b>	17,65	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
	<b>N<sub>sd</sub></b>	0,00	kN	<b>ρ<sub>min</sub></b>	0,0010	
	<b>k</b>	1,61		<b>m</b>	2	
	<b>ρ<sub>l</sub></b>	0,0087		<b>V<sub>Ed,max</sub>/V<sub>Rd2</sub></b>	0,03	
	<b>v<sub>min</sub></b>	0,39		<b>s<sub>w,max</sub></b>	30,0	cm
	<b>σ<sub>cp</sub></b>	0,00	kN/cm <sup>2</sup>	<b>A<sub>sw,min</sub></b>	0,300	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c</sub></b>	60,9	kN	<b>Odabrano:</b>	<b>Ø10 / 30</b>	
	<b>V<sub>Rd,c,min</sub></b>	41,7	kN	<b>A<sub>sw,od</sub></b>	0,79	cm <sup>2</sup>
	<b>V<sub>Rd,c,mjer</sub></b>	60,9	kN	<b>V<sub>wd</sub></b>	109,23	kN
	<b>v</b>	0,528				
	<b>V<sub>Rd2</sub></b>	559,7	kN			

## Kontrola pukotina

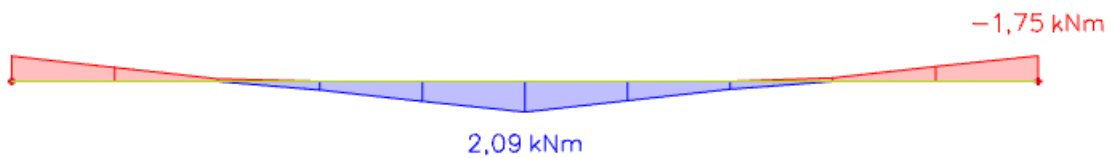
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



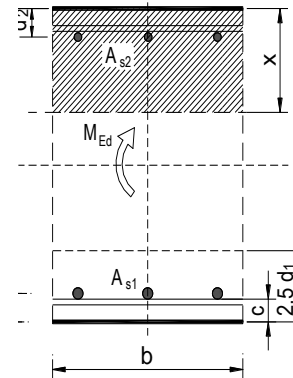
Slika 7.65. Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 2,09 \text{ kNm}$

Armatura grede u polju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	2,1 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	9,16 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	10,89 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000303	$< 0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000027		
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,006 mm $< w_g$				



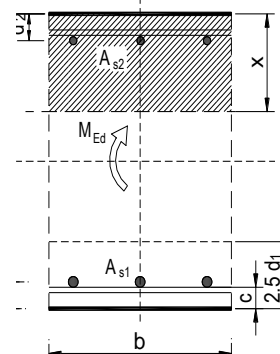
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 1,75 \text{ kNm}$

Armatura grede na ležaju:  $3\text{Ø}14$  ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20,0 cm	$d =$	53,0 cm	$h =$	58,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	1,8 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	7,67 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	10,89 cm	$r_{p,eff} =$	0,0185		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000310	$< 0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000023		
$\text{Ø} =$	14,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	230,79 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,005 mm $< w_g$				

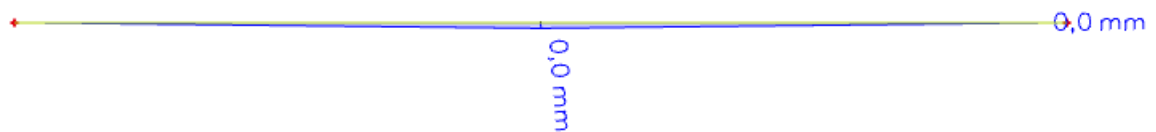


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

## Kontrola progiba

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

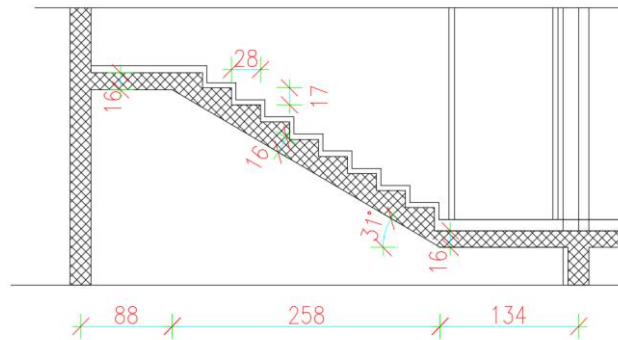
$$\text{GSU 1 : } 1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$



Slika 7.66. Dijagram progiba grede za GSU

Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,00 \text{ cm}$

## 8. PRORAČUN STUBIŠTA

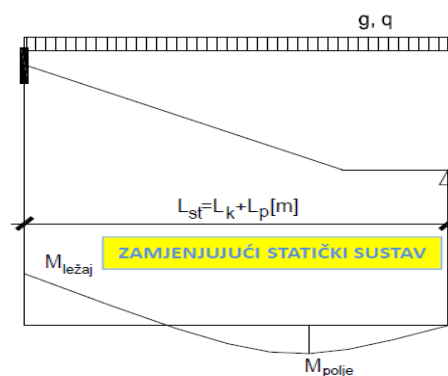


Slika 8.1. Detalj stubišta

Opterećenja:

- vlastita težina  $g = 4,0 \text{ kN/m}^2$
- dodatno stalno opterećenje  $\Delta g = 2,99 \text{ kN/m}^2$
- korisno (pokretno) opterećenje  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

Statički sustav:



Slika 8.2. Prikaz statičkog sustava

**Polje:**

$$q_{st} = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q = 1,35 \cdot (4,0 + 2,99) + 1,5 \cdot 3,0 = 13,94 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,max} = \frac{q_{st} \cdot l^2}{14} = \frac{13,94 \cdot 4,81^2}{14} = 23,04 \text{ kNm}$$

**Ležaj:**

$$q_{st} = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q = 1,35 \cdot (4,0 + 2,99) + 1,5 \cdot 3,0 = 13,94 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,max} = -\frac{q_{st} \cdot l^2}{8} = -\frac{13,94 \cdot 4,81^2}{8} = -40,31 \text{ kNm}$$



**Dimenzioniranje na moment savijanja:**

$$h = 16 \text{ cm}, b = 100 \text{ cm},$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}, d = h - d_1 = 16 - 3 = 13 \text{ cm}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 16 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 16 = 32 \text{ cm}^2$$

**Polje:**

$$M_{Ed} = 23,04 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2304}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,068$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2304}{0,947 \cdot 13 \cdot 43,48} = 4,30 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano: **Q – 503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

**Ležaj:**

$$M_{Ed} = 40,31 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4031}{100 \cdot 13^2 \cdot 2,0} = 0,119$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,6 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,919 \quad \xi = 0,206$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4031}{0,919 \cdot 13 \cdot 43,48} = 7,76 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano: **R – 785** ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 9. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 9.1 Dimenzioniranje zidova

Zidovi su predviđeni kao klasično armirano-betonski elementi. Debljina zidova je 20 cm. Zidovi se izvedu kao monolitni elementi lijevani u dvostranoj oplati na licu mjesta. Za sve zidove predviđen je beton C 30/37 te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3 cm. Rezne sile na zidovima očitane su iz numeričkog modela u računalnom programu Scia Engineer 22.0. Dimenzionirani su karakteristični zidovi zgrade u x i y smjeru i karakteristični zid podruma. Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe.

#### Proračun zidova na savijanje i uzdužnu silu

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{cd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{cd}}$$

$$\zeta \approx 0,892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{sds}^* d^2 f_{cd} d^2 f_{cd_{Rd,c,lim}}$$

#### Proračun zidova na poprečnu silu

Kritično područje:

$$h_{cr} \leq 2h_s$$

Za svaki zid vrijedi:

$$V'_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed,i}$$

$V'_{Ed}$  - korigirana poprečna sila

$V_{Ed,i}$  - računaska poprečna sila (iz proračuna)

$\varepsilon$  - korekcijski koeficijent  $\varepsilon \leq q$ , radi jednostavnosti usvaja se  $\varepsilon = q = 2,4$

Minimalna armatura u zidovima:

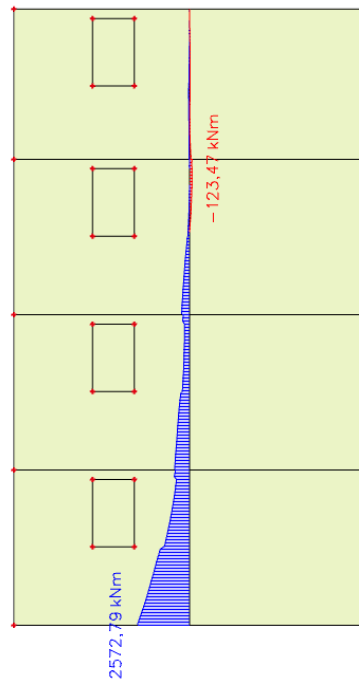
$$A_{s,min} = 0,2\% \cdot 20,0 \cdot 100 = 4,00 \text{ cm}^2/m$$

tj. zidove za koje ne treba računaska armatura armirati s Q-283 obostrano.

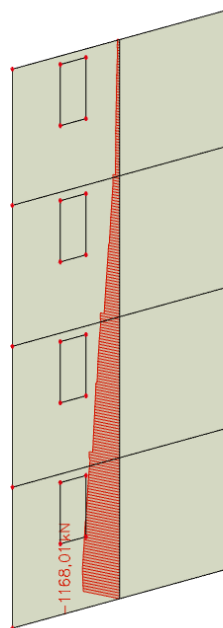
$$A_s = 2 \cdot 2,83 = 5,66 \text{ cm}^2/m$$

### 9.1.1 Zid u smjeru X

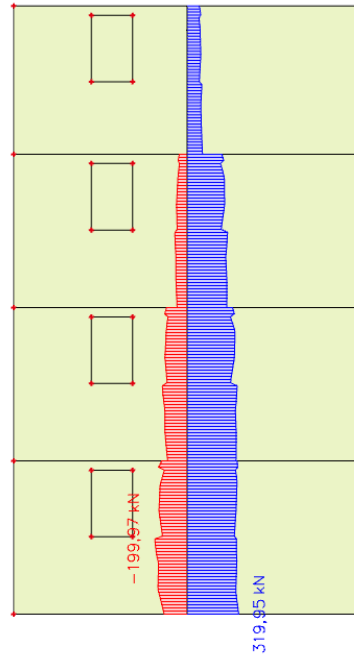
U nastavku su prikazane vrijednosti za uzdužnu silu ( $N_{Ed}$ ), poprečnu silu ( $V_{Ed}$ ) i moment savijanja ( $M_{Ed}$ ). Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem napreznja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.



Slika 9.1. Maksimalni moment za seizmičku kombinaciju KSx



Slika 9.2. Maksimalna uzdužna sila za seizmičku kombinaciju KSx



Slika 9.3. Maksimalna poprečna sila za seizmičku kombinaciju KSx

Geometrijske karakteristike zida:

$h_s = 297$  cm (visina etaže)

$b_w = 20,0$  cm (debljina zida)

$l_w = 671$  cm (duljina zida)

$h_w = 297$  cm (visina zida)

$q = 2,4$  (faktor ponašanja)

Vitkost zidova:

$$H_w/L_w = 0,44 < 2 \text{ zid nije vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max [l_w ; h_w/6]$$

$$h_{cr} = 671 \text{ cm}$$

**Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja:**

$$M_{Ed} = 2572,79 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = - 1168,01 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 319,95 \text{ kN}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\} = \min \{100,65 ; 30,0\} = 30,0 \text{ cm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 2572,79 + 1168,01 \cdot \left(6,65 - \frac{2,97}{2}\right) = 8605,56 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,20 \cdot 6,65^2 \cdot 20000 = 28125,51 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8605,56 \cdot 100}{20 \cdot 665^2 \cdot 2,0} = 0,049$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \quad \varepsilon_{c2} = 1,4\text{‰}; \quad \xi = 0,123; \quad \zeta = 0,956$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{8605,56 \cdot 100}{0,956 \cdot 655 \cdot 43,48} - \frac{1168,01}{43,48} = 4,74 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 655 = 19,65 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **8Ø20** ( $A_s = 25,13 \text{ cm}^2$ )

**Dokaz nosivosti na poprečnu silu :**

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$  – računaska poprečna sila

$V_{Ed,y'}$  – korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  – korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 319,95 = 767,88 \text{ kN}$$

C 30/37  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

**Lom tlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 2,0 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 655 = 6460,92 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 2,0 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 655 = 8076,15 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 767,88 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(6460,92; 8076,15) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

**Lom vlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3}$$

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 2572,79 / (767,88 \cdot 6,71) = 0,5$$

Primjenjuje se sljedeći postupak:

Ako je  $\alpha_s \leq 1,3$  koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z + V_{cd}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot d \cdot 100$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283 obostrano (Ø10/15 cm – vilice)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 655 = 1450,74 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 655 = 526,41 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

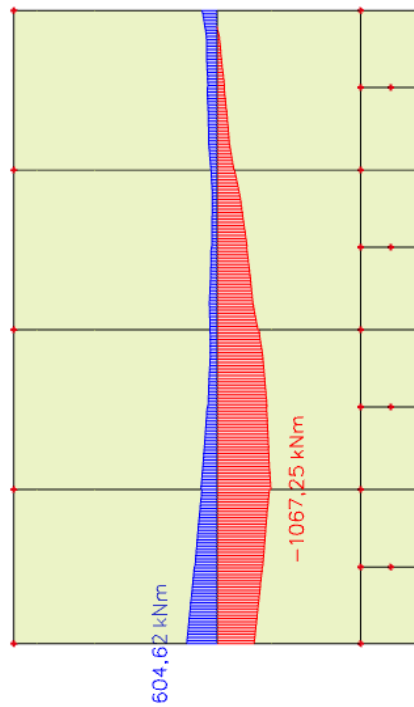
$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 526,41 + 1450,74 = 1977,15 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 319,95 \text{ kN} < V_{Rd3} = 1977,15 \text{ kN}$$

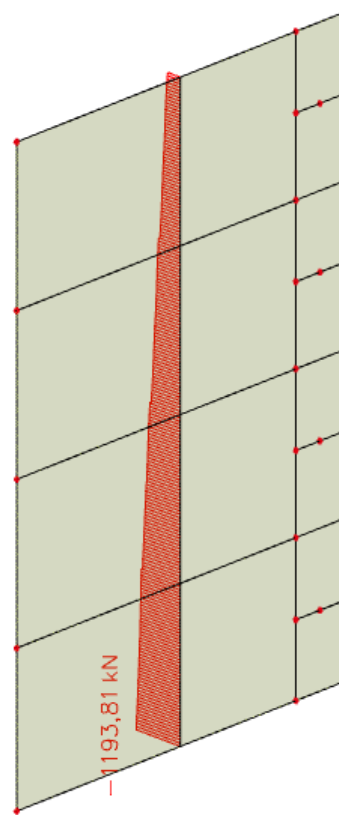
Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.



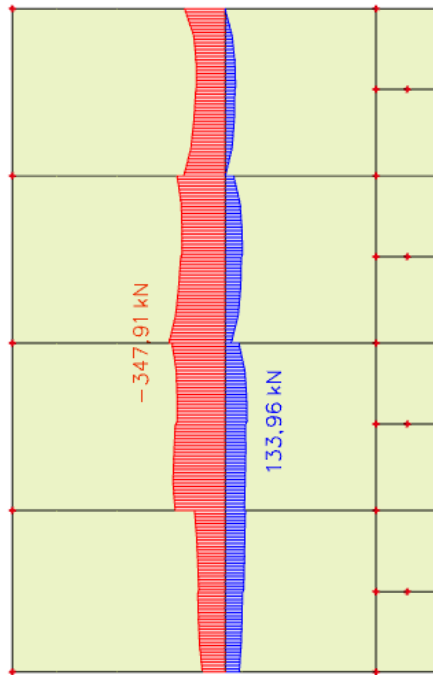
## 9.1.2 Zid u smjeru Y



Slika 9.4. Maksimalni moment za seizmičku kombinaciju KSy



Slika 9.5. Maksimalna uzdužna sila za seizmičku kombinaciju KSy



Slika 9.6. Maksimalna poprečna sila za seizmičku kombinaciju KSy

### **Proračun seizmičkog zida**

Geometrijske karakteristike zida:

$h_s = 297$  cm (visina etaže)

$b_w = 20,0$  cm (debljina zida)

$l_w = 756,1$  cm (duljina zida)

$h_w = 297$  cm (visina zida)

$n = 4$  (broj etaža)

$q = 2,4$  (faktor ponašanja)

Vitkost zidova:

$$H_w/L_w = 0,39 < 2 \text{ zid nije vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max [l_w ; h_w/6]$$

$$h_{cr} = 756,1 \text{ cm}$$

**Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja:**

$$M_{Ed} = 1067,25 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -1193,81 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = -347,91 \text{ kN}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\} = \min \{113,42 ; 30,0\} = 30,0 \text{ cm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 1067,25 + 1193,81 \cdot \left(7,501 - \frac{2,97}{2}\right) = 8249,22 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,20 \cdot 7,501^2 \cdot 20000 = 35784,54 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8249,22 \cdot 100}{20 \cdot 750,1^2 \cdot 2,0} = 0,037$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\text{‰}; \quad \xi = 0,099; \quad \zeta = 0,965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{8249,22 \cdot 100}{0,965 \cdot 750,1 \cdot 43,48} - \frac{1193,81}{43,48} = -1,25 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 750,1 = 22,50 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **8Ø20** ( $A_s = 25,13 \text{ cm}^2$ )

**Dokaz nosivosti na poprečnu silu :**

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$  – računaska poprečna sila

$V_{Ed,y'}$  – korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  – korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 347,91 = 834,98 \text{ kN}$$

$$C 30/37 \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

**Lom tlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 20 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 750,1 = 7398,99 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 20 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 750,1 = 9248,73 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 834,98 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(7398,99; 9248,73) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

**Lom vlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3}$$

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 1067,25 / (834,98 \cdot 7,501) = 0,17$$

Primjenjuje se sljedeći postupak:

Ako je  $\alpha_s \leq 1,3$  koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z + V_{cd}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot d \cdot 100$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283 obostrano (Ø10/15 cm – vilice)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 750,1 = 1661,37 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 750,1 = 602,84 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 602,84 + 1661,37 = 2264,21 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 347,91 \text{ kN} < V_{Rd3} = 2264,21 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### 9.1.3 Karakteristični zid podruma

Obodni zidovi u podrumu dominantno su opterećeni aktivnim tlakom tla.

Opterećen je aktivnim tlakom tla ( $p_a$ ), te dodatnim tlakom ( $p_0$ ).

Koeficijent tlaka mirovanja :  $K_0 = 0,4$

Horizontalni bočni tlak:  $\sigma_h = e_0 = \sigma_v \cdot K_0$

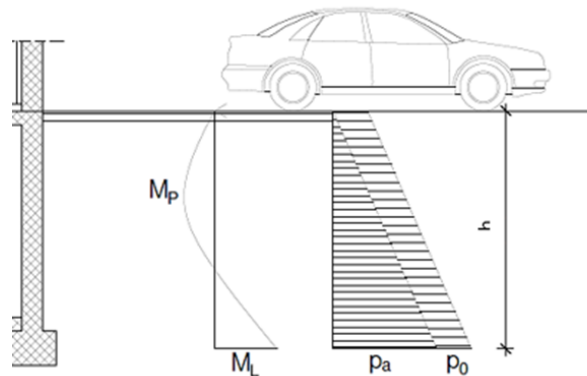
Dodatni tlak :  $p_0 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Visina zida:  $h = 2,66 \text{ m}$

Specifična težina tla :  $\gamma_{zem} = 19,0 \text{ kN/m}^2$

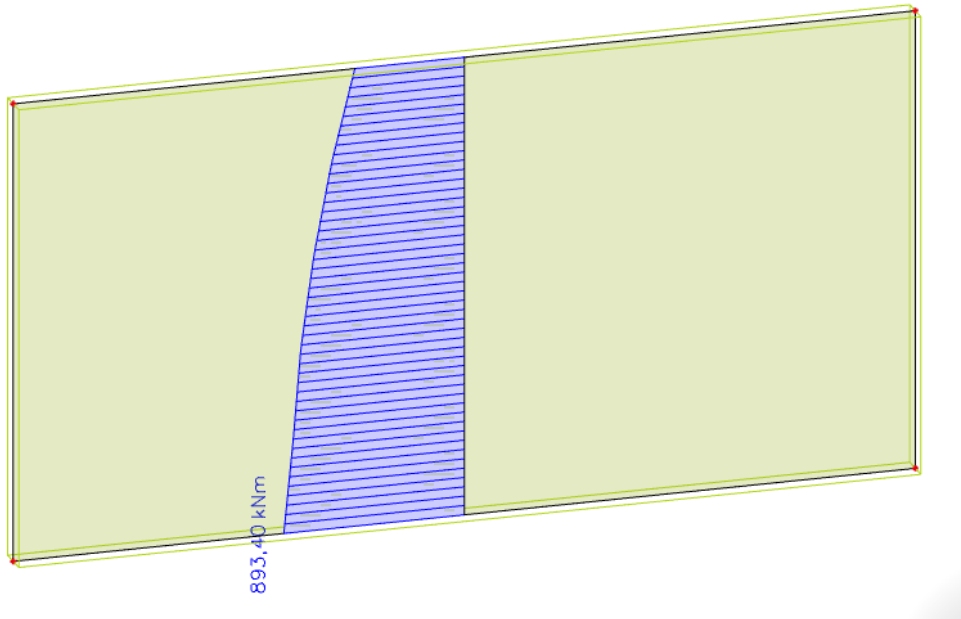
$p_a = \gamma_{zem} \cdot h \cdot K_0 = 19,0 \cdot 2,66 \cdot 0,4 = 20,22 \text{ kN/m}^2$

$p_a + p_0 = 20,292 + 2,0 = 22,22 \text{ kN/m}^2$

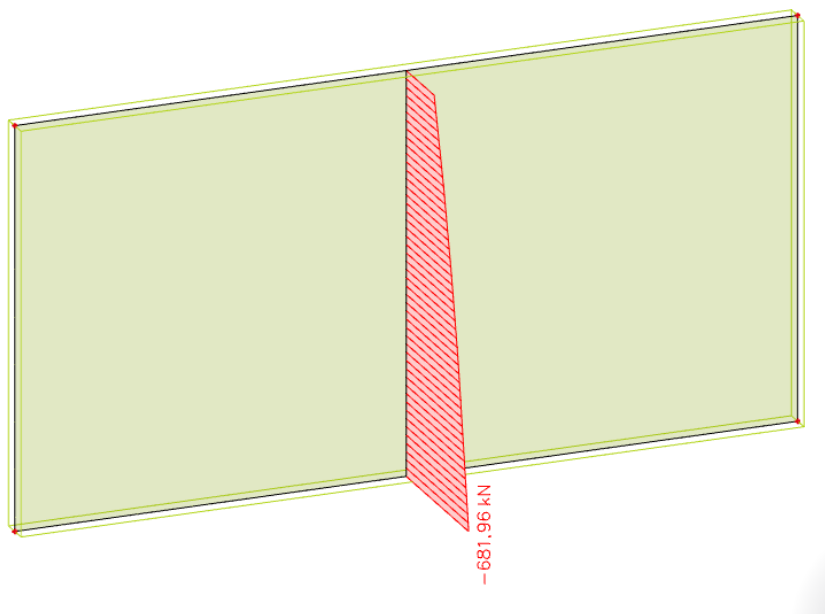


Slika 9.7. Skica opterećenja obodnog zida podruma

Rezultati reznih sila proračunati su računalnim programom Scia Engineer 22.0 te su prikazani u nastavku.

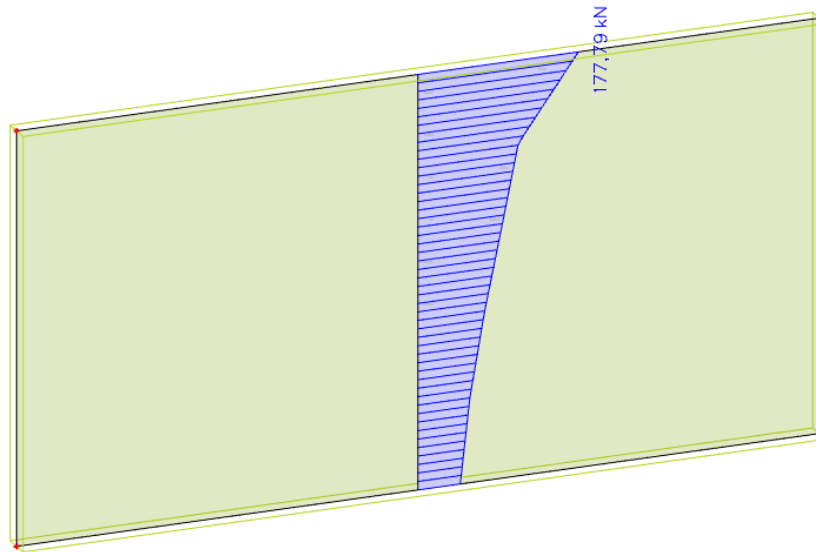


Slika 9.8. Maksimalni moment za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35(p_a + p_0)$



Slika 9.9. Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35(p_a + p_0)$





Slika 9.10. Maksimalna poprečna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35(p_a + p_0)$

### Proračun zida

Geometrijske karakteristike zida:

$h_s = 297$  cm (visina etaže)

$b_w = 20,0$  cm (debljina zida)

$l_w = 500$  cm (duljina zida)

$h_w = 266$  cm (visina zida)

$n = 1$  (broj etaža)

$q = 2,4$  (faktor ponašanja)

Vitkost zidova:

$$H_w/L_w = 0,53 < 2 \text{ zid nije vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max [l_w ; h_w/6]$$

$$h_{cr} = 500 \text{ cm}$$

**Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja:**

$$M_{Ed} = 893,4 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 681,96 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 177,79 \text{ kN}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\} = \min \{75 ; 30,0\} = 30,0 \text{ cm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 893,4 + 681,96 \cdot \left(4,94 - \frac{2,66}{2}\right) = 3355,28 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,20 \cdot 4,94^2 \cdot 20000 = 15520,69 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3355,28 \cdot 100}{20 \cdot 494^2 \cdot 2,0} = 0,034$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\text{‰}; \quad \xi = 0,099; \quad \zeta = 0,965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{3355,28 \cdot 100}{0,965 \cdot 494 \cdot 43,48} - \frac{681,96}{43,48} = 0,5 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 494 = 14,82 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **6Ø20** ( $A_s = 18,85 \text{ cm}^2$ )

**Dokaz nosivosti na poprečnu silu :**

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y'} \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$  – računaska poprečna sila

$V_{Ed,y'}$  – korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  – korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}}{q \cdot M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 177,79 = 426,7 \text{ kN}$$

$$C 30/37 \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

**Lom tlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 20 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 494 = 4872,82 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot (0,7 - 3/200) \cdot 20 \cdot 20,0 \cdot 0,9 \cdot 494 = 6091,02 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 426,7 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(4872,82 ; 6091,02) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

**Lom vlačne dijagonale u zidu:**

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3}$$

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 893,4 / (426,7 \cdot 4,94) = 0,42$$

Primjenjuje se sljedeći postupak:

Ako je  $\alpha_s \leq 1,3$  koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z + V_{cd}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot d \cdot 100$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283 obostrano (Ø10/15 cm – vilice)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 494 = 1094,15 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 494 = 397,02 \text{ kN}$$

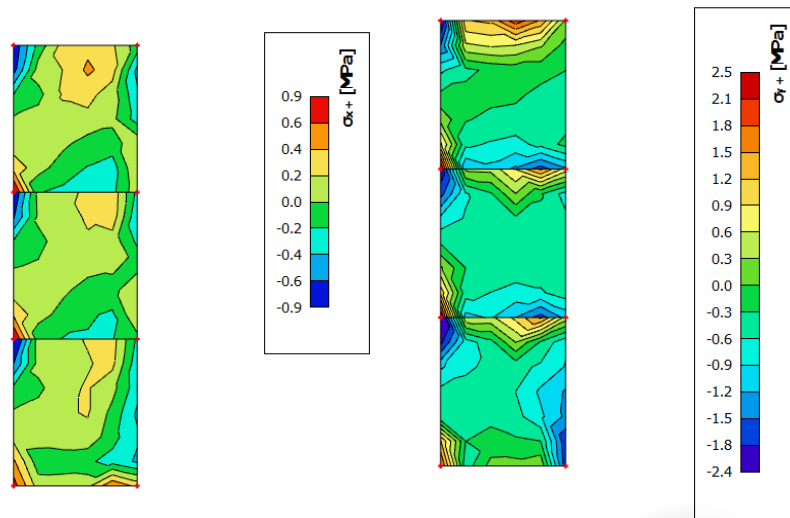
Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 397,02 + 1094,15 = 1491,17 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 426,7 \text{ kN} < V_{Rd3} = 1491,17 \text{ kN}$$

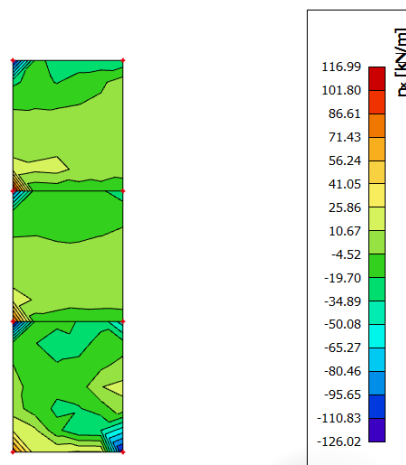
Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### 9.1.4 Visokostijeni nosač

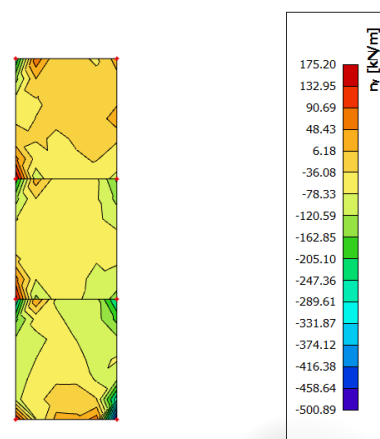


Slika 9.11. Naprezanja u x i y smjeru

$$\sigma_c \leq 0,4 \cdot f_{cd} = 8 \text{ Mpa}$$



Slika 9.12. Uzdužna sila Nx



Slika 9.13. Uzdužna sila Ny

$$A_{s1} = \frac{F_{sd}}{f_{yd}} = \frac{116,99}{43,48} = 2,69 \text{ cm}^2$$

Visokostijeni nosač armirati šipkama: odabrano 4Ø14 u dnu i 2Ø14 u vrhu nosača.

$$A_{s,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot l = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2/\text{m} > 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrana armatura: **Q-283** ( $A_S = 5,66 \text{ cm}^2/\text{m}$  (obostrano))

## 9.2 Dimenzioniranje stupova

Proračun stupova napravljen je na temelju prostornog modela predmetne građevine.

Stupovi u podrumu su predviđeni kao klasično armirano betonski elementi.

Stupovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u četverostranoj oplati na licu mjesta. Za sve stupove predviđen je beton C 30/37 te armatura B500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3,5 cm. Proračun i dimenzioniranje stupova predmetne građevine napravljen je na temelju uobičajenih i izvanrednih kombinacija opterećenja.

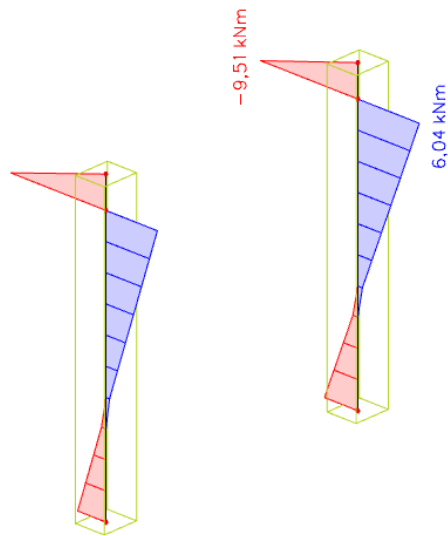
Uobičajene kombinacije predstavljaju kombinaciju stalnog i korisnog opterećenja. Izvanredne kombinacije čine stalno i korisno opterećenje zajedno sa djelovanjem potresa.

Rezultati reznih sila proračunati računalnim programom Scia Engineer 22.0, prikazani su u nastavku. Dijagram nosivosti betonskog presjeka s odabranom armaturom dobiven je pomoću računalnog programa Aspalathos Section Design.

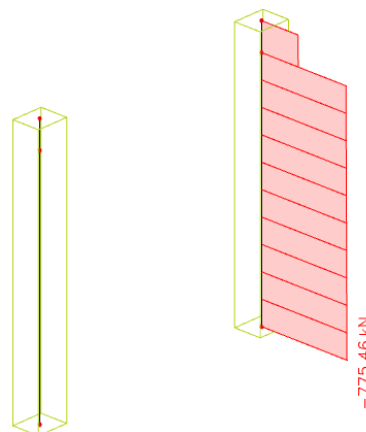


### 9.2.1 Rezultati proračuna stupa (S001) 30x35 cm

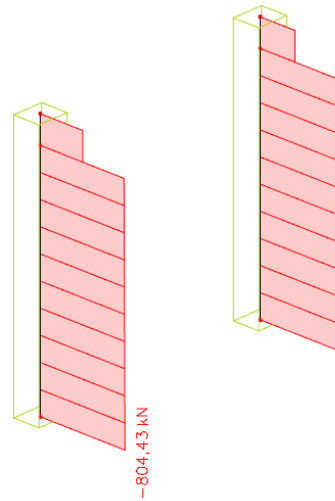
UOBIČAJENA KOMBINACIJA:



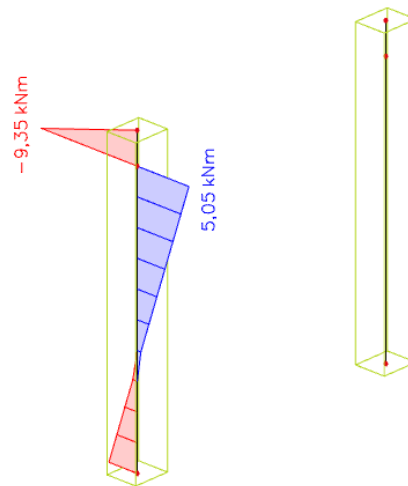
Slika 9.14. Maksimalni moment savijanja za kombinaciju GSN1



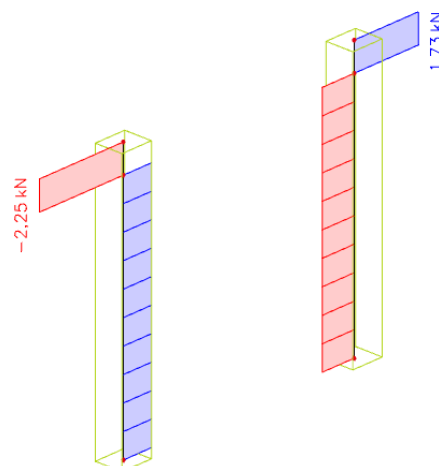
Slika 9.15. Pripadna uzdužna sila za kombinaciju GSN1



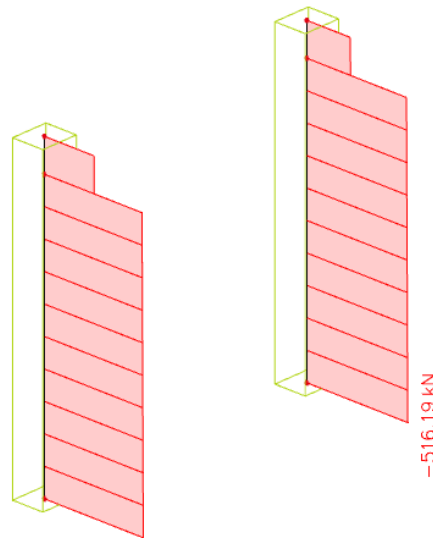
Slika 9.16. Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju GSN1



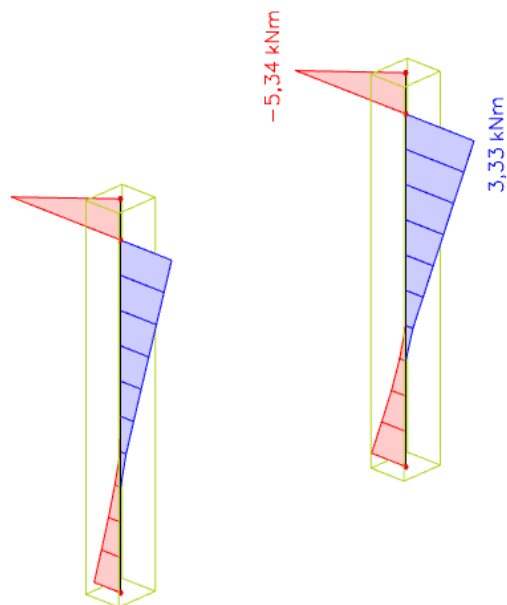
Slika 9.17. Pripadni moment savijanja za kombinaciju GSN1



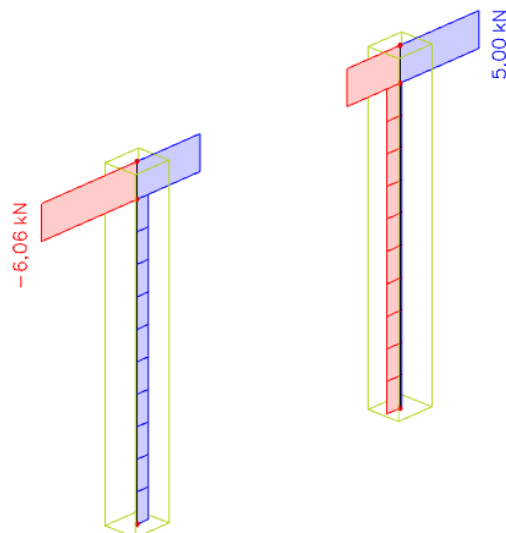
Slika 9.18. Maksimalna poprečna sila za kombinaciju GSN1

**Seizmička kombinacija**

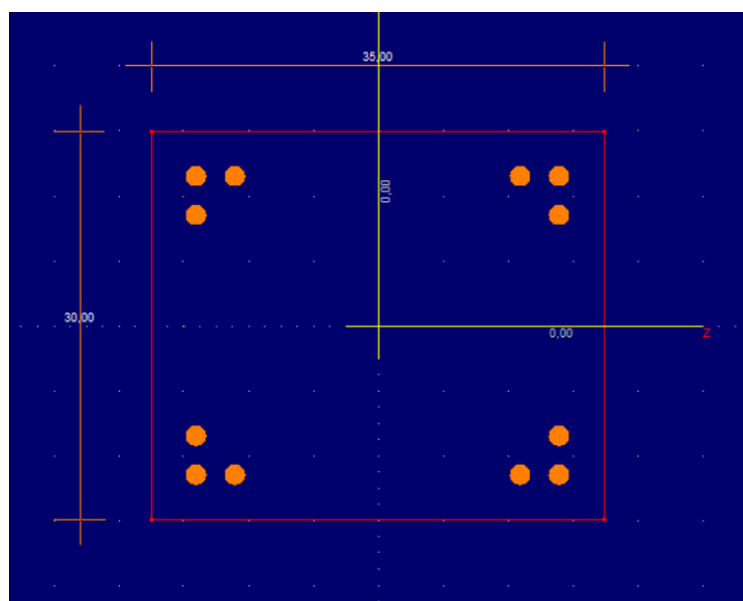
Slika 9.19. Maksimalna uzdužna sila za seizmičku kombinaciju KSx



Slika 9.20. Maksimalni moment savijanja za seizmičku kombinaciju KSx



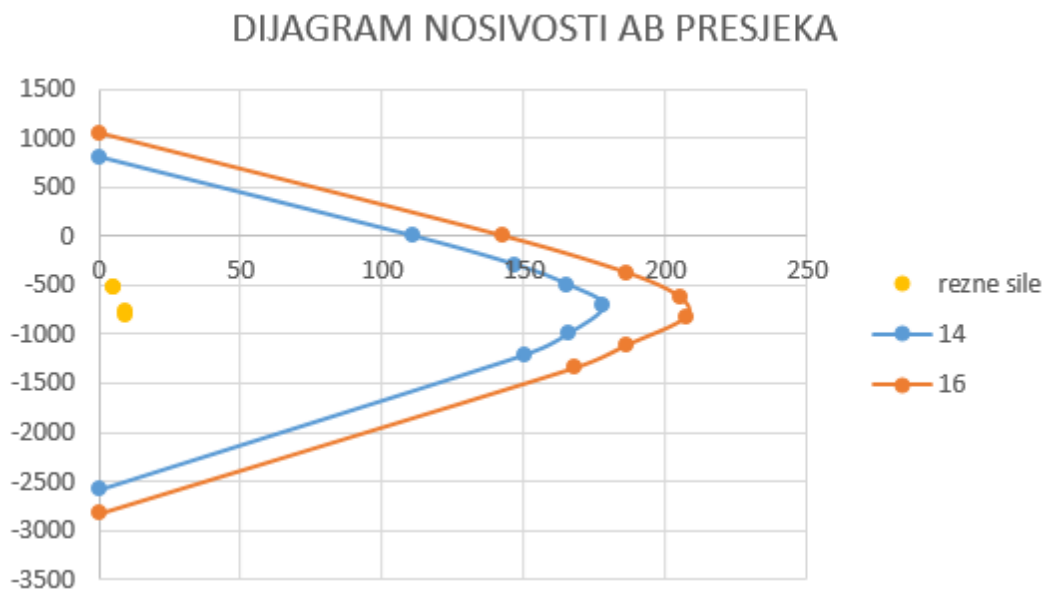
Slika 9.21. Maksimalna poprečna sila za seizmičku kombinaciju KSx



Slika 9.22. Poprečni presjek stupa s armaturom (Aspalathos Section Design)

Tablica 9.1. Rezne sile u stupovima

KOMBINACIJA	MJERODAVNE REZNE SILE			
	MMAX (kNm)	NPRIP (kN)	NMAX (kN)	MPRIP (kNm)
OSNOVNA	9,51	-775,46	-804,43	9,35
SEIZMIČKA	5,34	-516,19		



Slika 9.23. Dijagram nosivosti za stupove u podrumu

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot 35 \cdot 30 = 1,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot 35 \cdot 30 = 21 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 12Φ14 ( $A_{s1} = 18,47 \text{ cm}^2$ )

## 9.2.2 Proračun na poprečnu silu

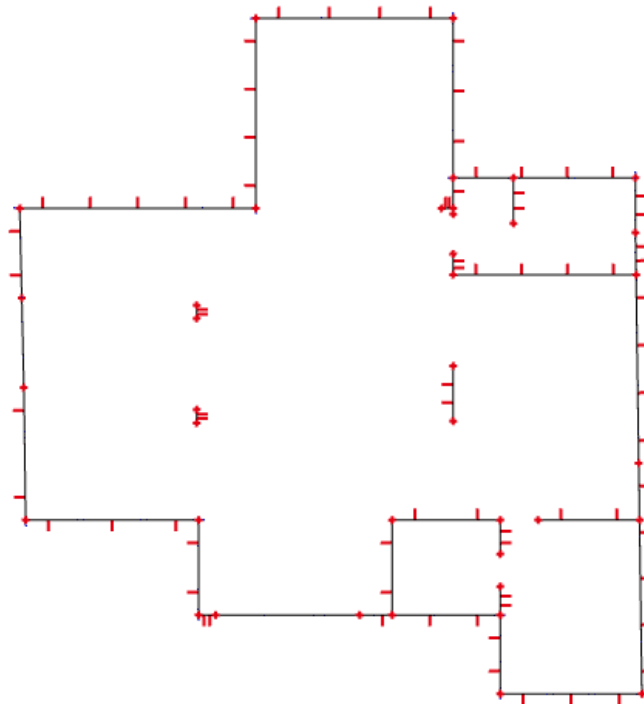
<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd}=30/1.5=20,0</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max}= 6,06</math> kN</p> <p>Računska uzdužna sila:</p> <p><math>N_{Ed}= 804,43</math> kN</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq \left[ v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$ <p>Na mjestu maksimalne poprečne sile:</p> $s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$

30,00	cm	<b>C 30/37</b>		
35,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
3,50	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
31,50	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
18,47	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
6,06	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
804,43	kN	$\rho_{min}$	0,0010	
1,80		$m$	2	
0,0195		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,01	
0,46		$s_{w,max}$	23,6	cm
0,40	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,354	cm <sup>2</sup>
84,8	kN			
49,3	kN	Odabrano:	<b>Ø10 / 15</b>	
84,8	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>
0,528		$V_{wd}$	129,08	kN
499,0	kN			

Po sredini stupa povećati razmak na **Ø10/20** cm

## 10. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE (POZ 000)

Temeljenje predmetne građevine vrši se temeljnom pločom kao vrstom plitkog temelja. Debljina temeljne ploče iznosi 35 cm, a izrađena je iz betona klase 30/37 i armirana s B500B. S obzirom na nedostatak geotehničkog izvještaja za samu građevinu, temeljna ploča je promatrana kao oslonjena na podlogu s koeficijentima reakcije podloge od 500 MN/m<sup>3</sup>. U nastavku će biti prikazani rezultati proračuna za uobičajenu kombinaciju opterećenja.



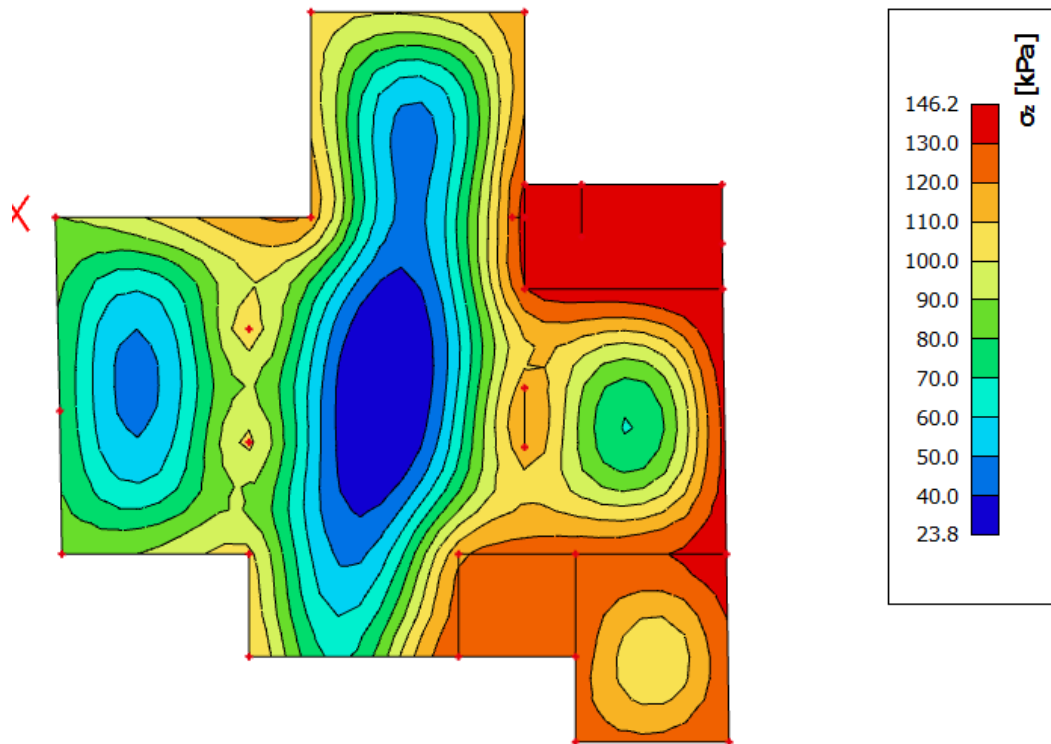
Slika 10.1. Grafički prikaz modela temeljne ploče



## 10.1 Kontaktna naprezanja

Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

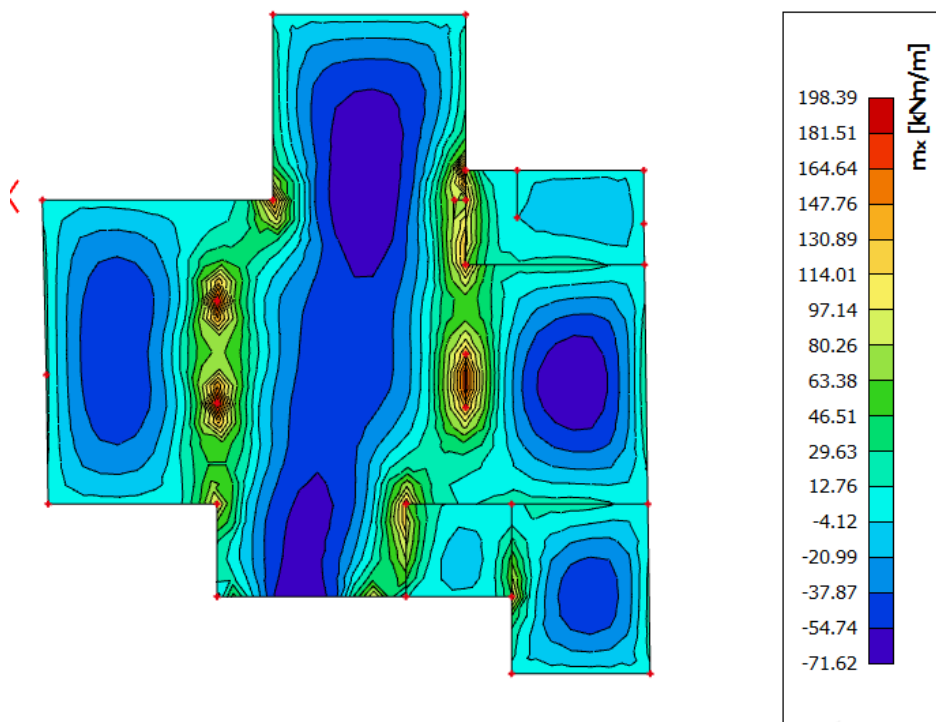
$$\text{GSU: } 1,0g + 1,0\Delta g + 1,0q$$



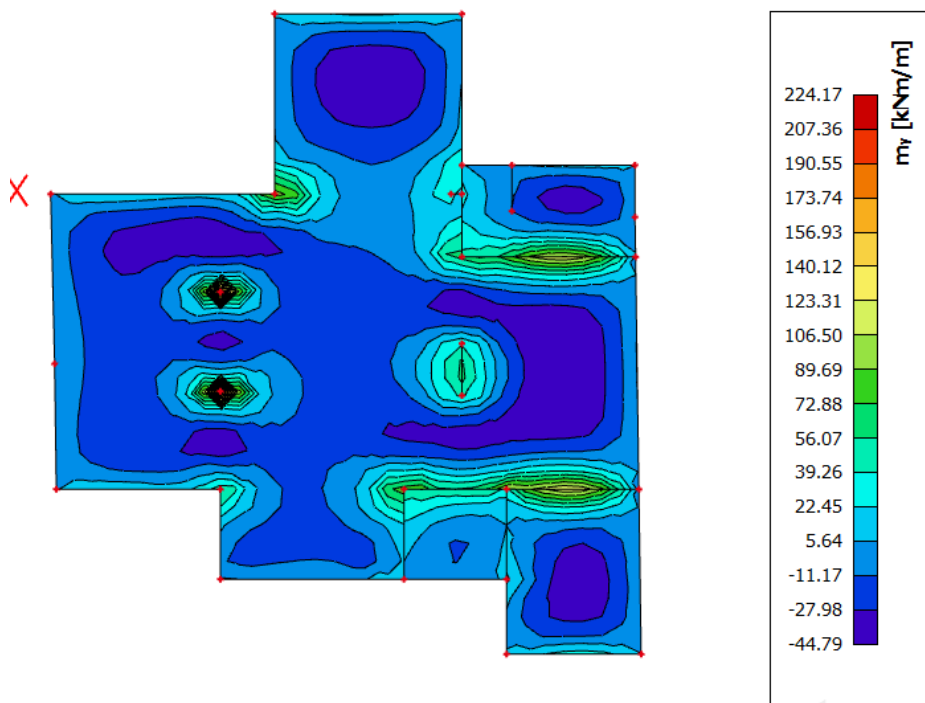
Slika 10.2. Prikaz kontaktnih naprezanja u temeljnoj ploči

Maksimalna naprezanja u tlu manja su od dopuštenih naprezanja ( $\sigma_{tla,max} < \sigma_{rd} = 500 \text{ kPa}$ )

## 10.2 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.3. Moment savijanja  $M_x$  za kombinaciju opterećenja GSN1



Slika 10.4. Moment savijanja  $M_y$  za kombinaciju opterećenja GSN1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN1:

$$1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.8 \cdot q$$

Postupak dimenzioniranja:

$$C 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$B 500B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

b=100 cm; h=35 cm; d=30 cm

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim}^* \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 35 = 3,5 \text{ cm}^2$$

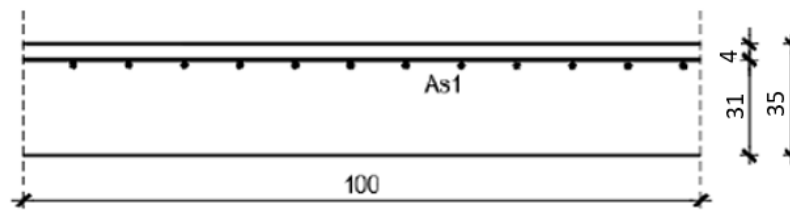
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 35 = 70,0 \text{ cm}^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža		Površina	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak
		$A_{s1}$	betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	- 335	3,35	286,20	39,35	0,10
R/Q	- 385	3,85	286,20	45,22	0,11
R/Q	- 424	4,24	286,20	49,80	0,12
R/Q	- 503	5,03	286,20	59,08	0,14
R/Q	- 524	5,24	286,20	61,54	0,15
R/Q	- 636	6,36	286,20	74,70	0,18
R/Q	- 785	7,85	286,20	92,20	0,22

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima. Ako se u obzir uzmu i preklopi  $\geq 40$  cm  $\left( A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{\text{širina mreže (215)} + \text{preklop(40)}}{\text{širina mreže(215)}} \right)$ :

Mreža		Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	- 257	3,05	286,20	35,80	0,09
R/Q	- 283	3,36	286,20	39,42	0,10
R/Q	- 335	3,97	286,20	46,67	0,11
R/Q	- 385	4,57	286,20	53,63	0,13
R/Q	- 424	5,03	286,20	59,06	0,14
R/Q	- 503	5,97	286,20	70,07	0,17
R/Q	- 524	6,21	286,20	72,99	0,18
R/Q	- 636	7,54	286,20	88,60	0,22
R/Q	- 785	9,31	286,20	109,35	0,27



Armatura donje zone temeljne ploče na mjestu maksimalnog momenta:

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 224,17 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{224,17 \cdot 100}{100 \cdot 30^2 \cdot 2,0} = 0,124$$

Očitano: :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\varepsilon_{c2} = 2,7 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,916$      $\xi = 0,213$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{224,17 \cdot 100}{0,916 \cdot 30 \cdot 43,48} = 18,76 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q – 785 + preklop 40 cm + Ø18/20 cm** ( $A_s = 22,03 \text{ cm}^2$ )

Armatura gornje zone temeljne ploče na mjestu maksimalnog momenta:

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed} = 71,62 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{71,62 \cdot 100}{100 \cdot 30^2 \cdot 2,0} = 0,040$$

Očitano: :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,962$      $\xi = 0,107$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{71,62 \cdot 100}{0,962 \cdot 30 \cdot 43,48} = 5,71 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **Q - 636 + preklop 40 cm** ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

### 10.3. Dimenzioniranje na proboj

Materijal

Beton: C 30/37  $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = 20,0 \text{ MPa}$

Armatura: B 500 B  $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$

**Uvjet nosivosti na proboj:**

$$v_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$$v_{Ed} \leq V_{Ed} \cdot \frac{\beta}{d \cdot u_1}$$

$V_{Ed} = N_{Ed} = 804,43 \text{ kN}$  – uzdužna sila u stupu

$\beta=1,15$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek (za unutrašnji stup preporuča se vrijednost 1,15)

$d = 30 \text{ cm}$  – statička visina ploče

$u_1 = 2b + 2h + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 35 + 2 \cdot 2 \cdot 30\pi \approx 510 \text{ cm}$  – duljina kritičnog opsega

$$v_{Ed} = 804,43 \cdot \frac{1,15}{30 \cdot 510} = 0,06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 0,6 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,6 \text{ MPa} \leq v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa}$$

**Temeljna ploča je nosiva na proboj.**

**Ispitivanje nosivosti ugrađene armature na proboj**

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Ed} = 0,6 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{300}} = 1,82 < 2 \rightarrow k = 1,82$$

- armatura na mjestu proboja

Gornja zona: Q 636

Donja zona: Q785 +  $\phi 18/20$  (22,03 cm<sup>2</sup>)

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 35 = 1050 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{1050} = \frac{6,36 + 22,03}{1050} = 0,027 < 0,02$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0,0$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,82 \cdot (100 \cdot 0,027 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0$$

$$v_{Rd,c} = 0,94 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,82^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,47 < v_{rd,c}$$

$$v_{Rd,c} = 0,94 \text{ MPa} > v_{Ed} = 0,6 \text{ MPa}$$

**Nije potrebna dodatna armatura za proboj.**

## 11. LITERATURA

- [1] *A. Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija - Interna skripta, Split, 2020.*
- [2] *I. Tomičić: Betonske konstrukcije – 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.*
- [3] *J. Radnić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006.*
- [4] *EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije*
- [5] *EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija –Dio 1-1 :Opća pravila i pravila za zgrade*
- [6] *EN 1998:2008 Eurokod 8 –Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1.dio*

*Korišteni računalni programi:*

1. *AutoCad 2022.*
2. *SCIA Engineer 22.0*
3. *Microsoft Word*
4. *Microsoft Excel*
5. *AspalathosSectionDesign*

## **12. GRAFIČKI PRILOZI**

Prilog 11.1. – Situacijsko rješenje

Prilog 11.2. – Tlocrt temeljne ploče

Prilog 11.3. – Tlocrt podruma

Prilog 11.4. – Tlocrt prizemlja

Prilog 11.5. – Tlocrt 1.kata

Prilog 11.6. – Tlocrt 2.kata

Prilog 11.7. – Tlocrt nadgrađa

Prilog 11.8. – Tlocrt krova

Prilog 11.9. – Presjek 1-1

Prilog 11.10. – Presjek 2-2

Prilog 11.11. – Presjek 3-3

Prilog 11.12. – Južno pročelje

Prilog 11.13. – Zapadno pročelje

Prilog 11.14. – Sjeverno pročelje

Prilog 11.15. – Globalni plan pozicija

Prilog 11.16. – Plan pozicija 000

Prilog 11.17. – Plan pozicija 100

Prilog 11.18. – Plan pozicija 200 i 300

Prilog 11.19. – Plan pozicija 400 i 500

Prilog 11.20. – Armatura temeljne ploče – donja zona

Prilog 11.21. – Armatura temeljne ploče – gornja zona

Prilog 11.22. – Armatura ploče prizemlja – donja zona



Prilog 11.23. – Armatura ploče prizemlja – gornja zona

Prilog 11.24. – Armatura ploče 1. kata

Prilog 11.25. – Armatura ploče 2. kata

Prilog 11.26. – Armatura ploče nadgrađa

Prilog 11.27. – Armatura krovne ploče

Prilog 11.28. – Armatura greda - P100

Prilog 11.29. – Armatura greda - P100

Prilog 11.30. – Armatura grede - P500

Prilog 11.31. – Armatura stupa – P000

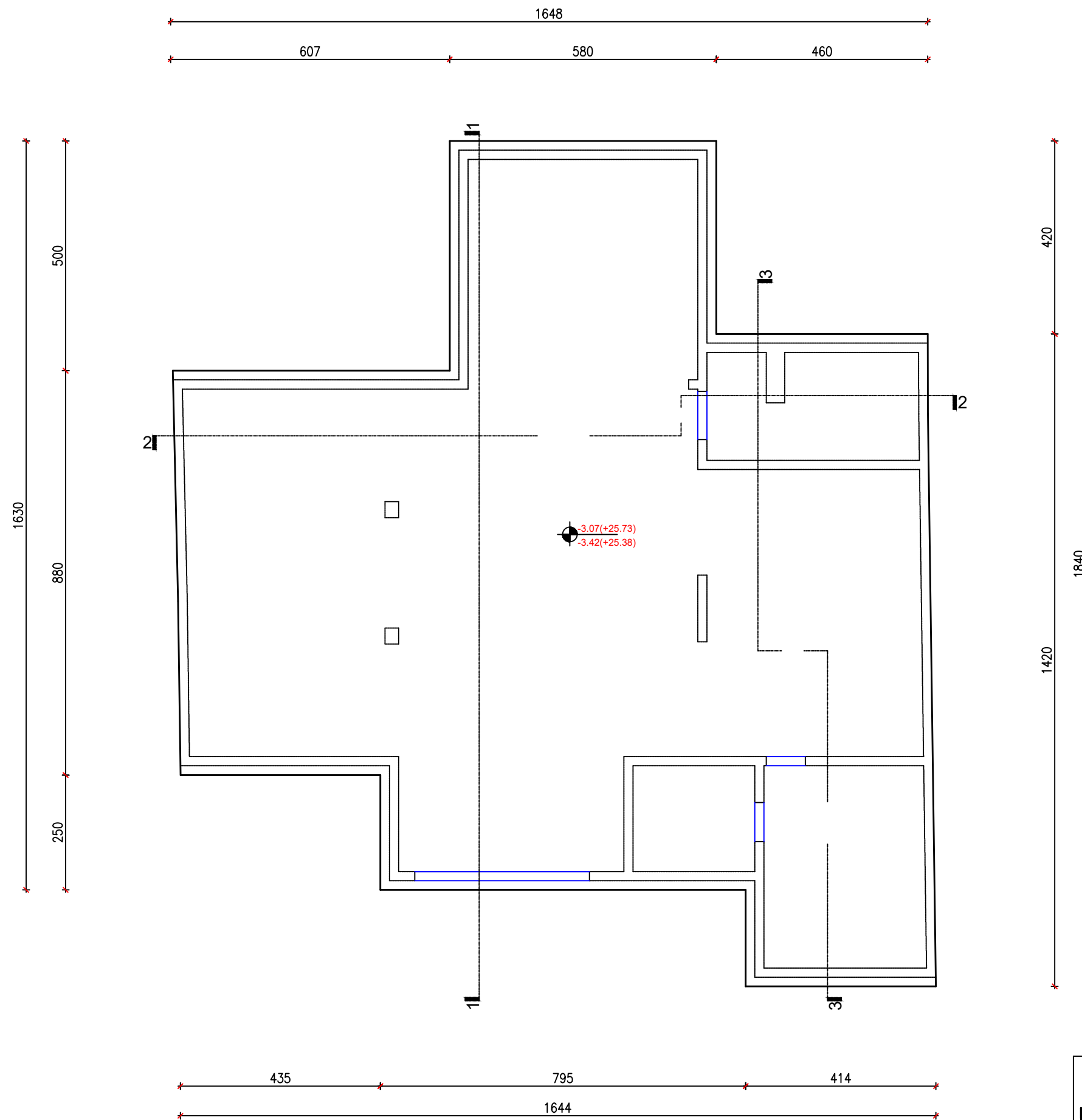
Prilog 11.32. – Armatura zidova


Prilog 11.33. – Detalj spojeva zidova

Prilog 11.34. – Armatura stubišta

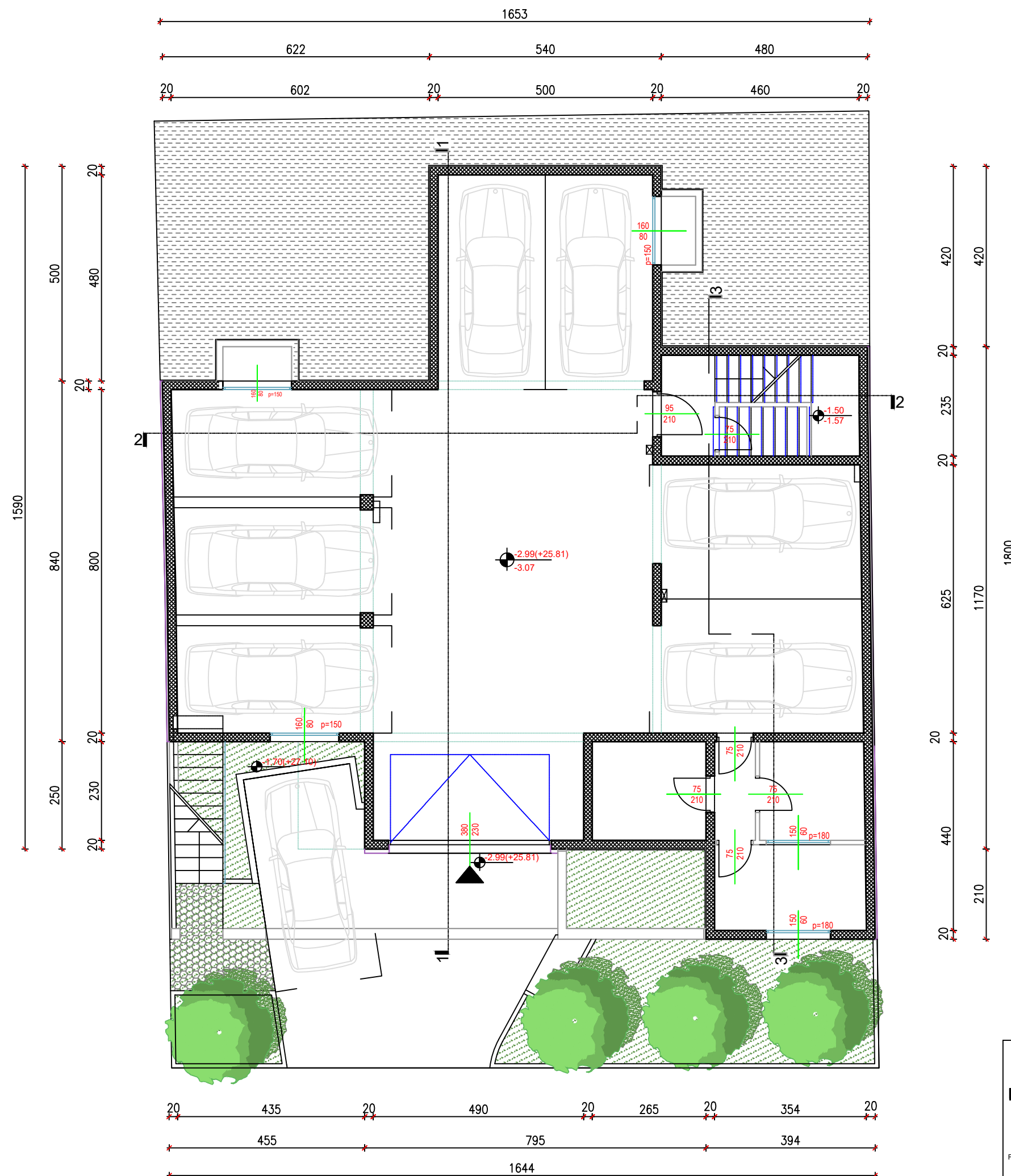


# TLOCRT TEMELJNE PLOČE M 1:100



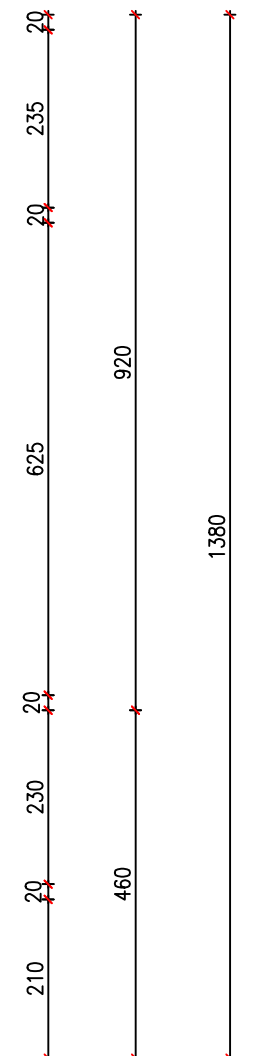
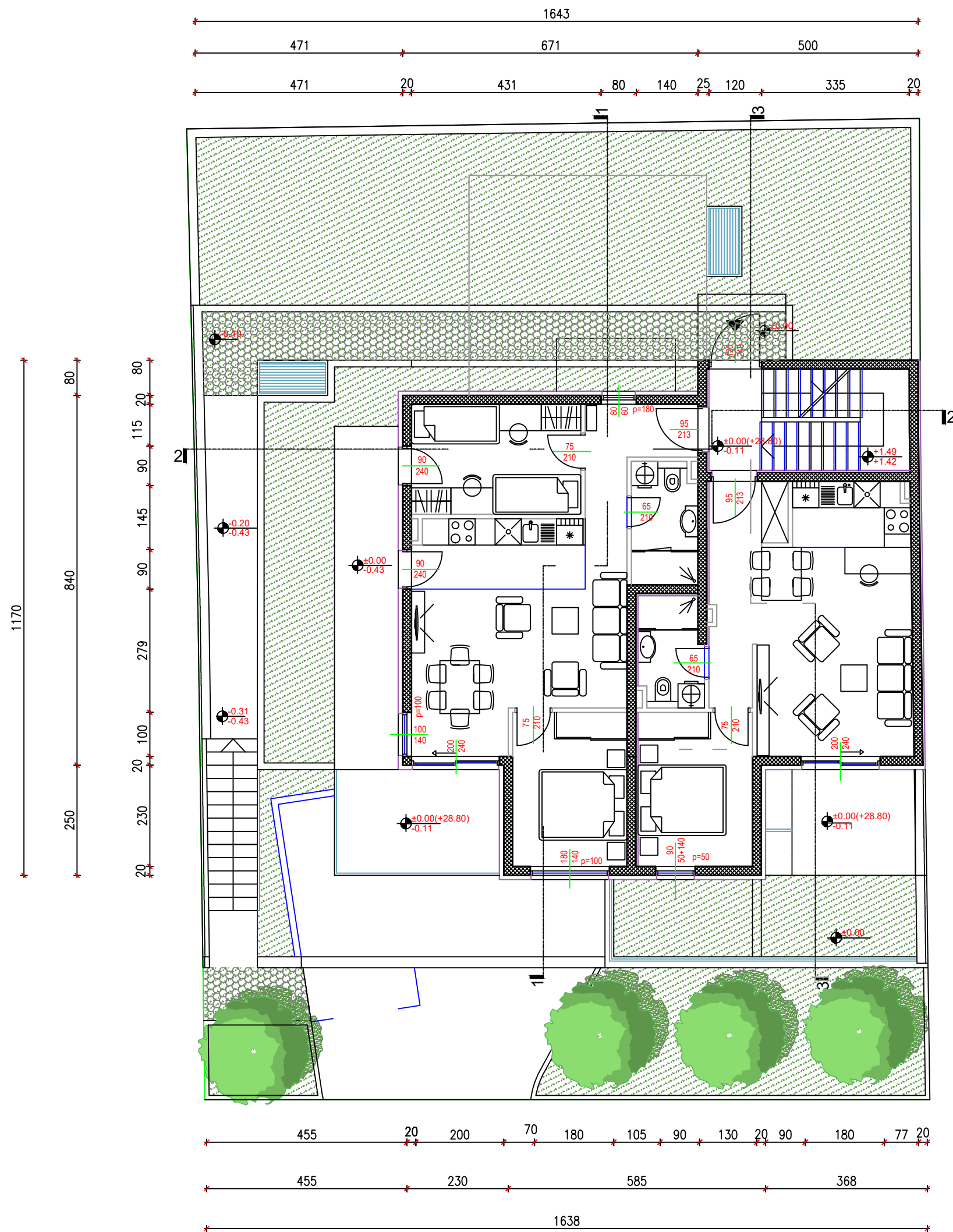
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT TEMELJNE PLOČE
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.2


# TLOCRT PODRUMA M 1:100



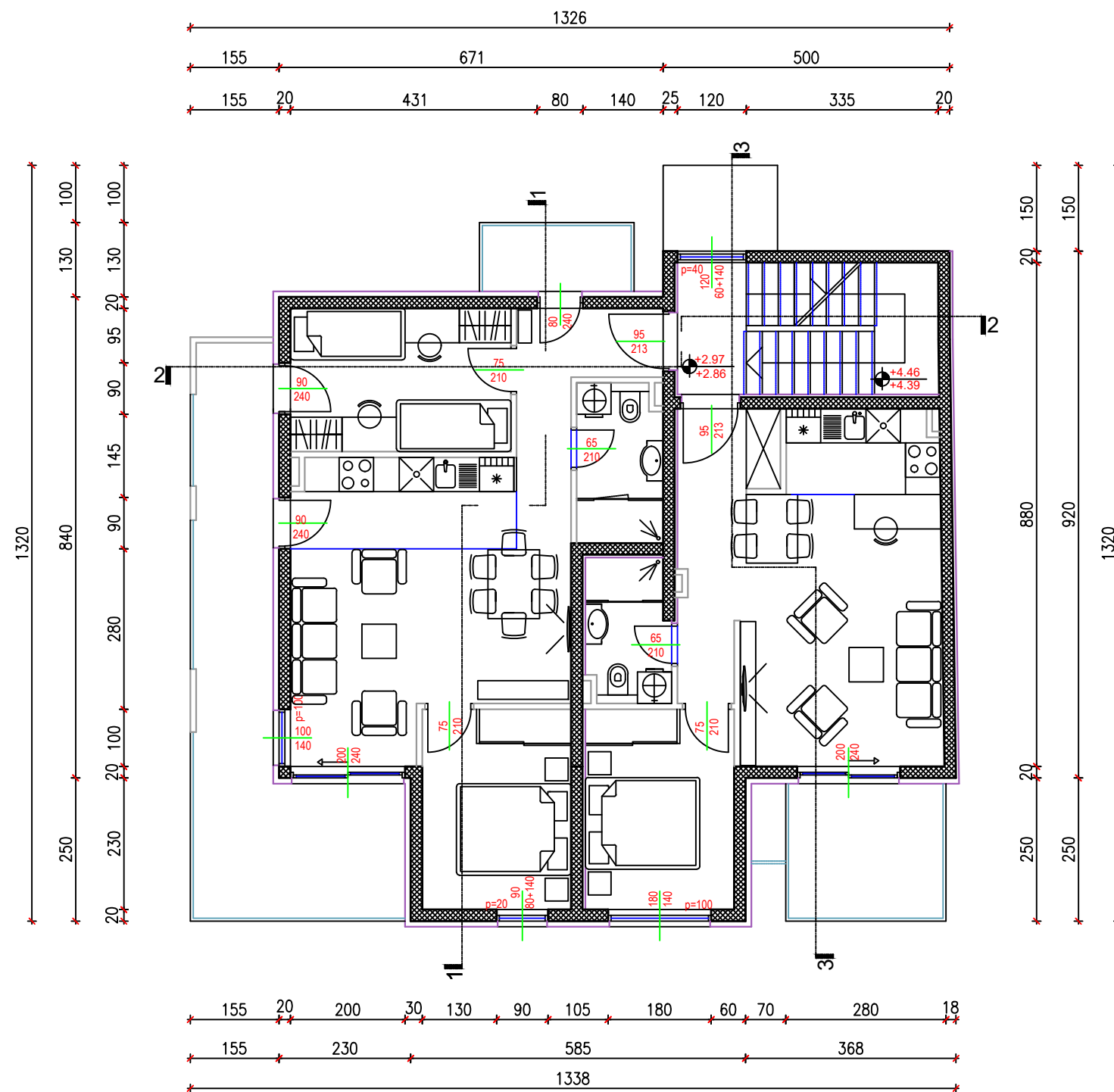
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT PODRUMA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.3

# TLOCRT PRIZEMLJA M 1:100



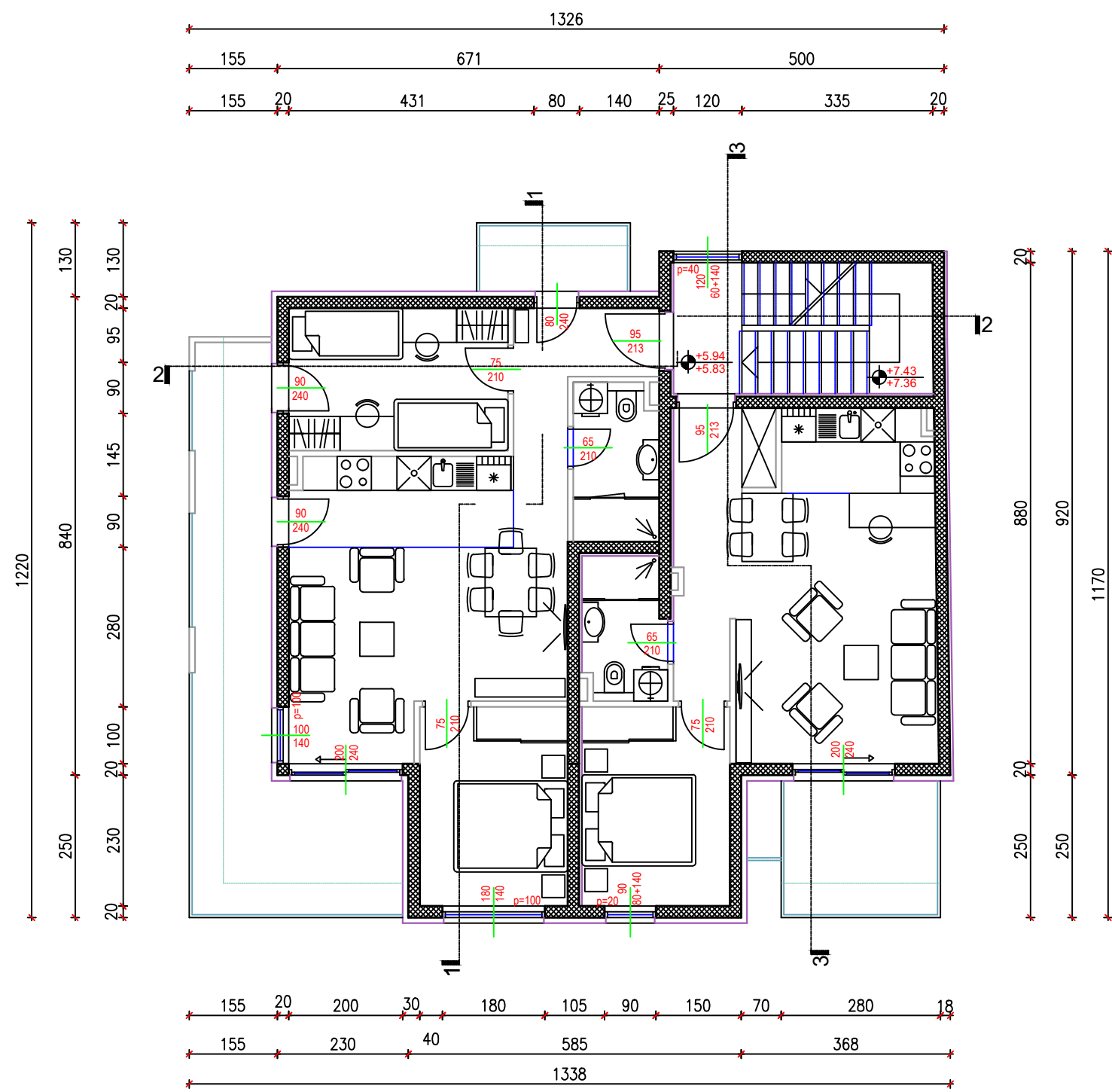
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT PRIZEMLJA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.4


# TLOCRT 1. KATA M 1:100



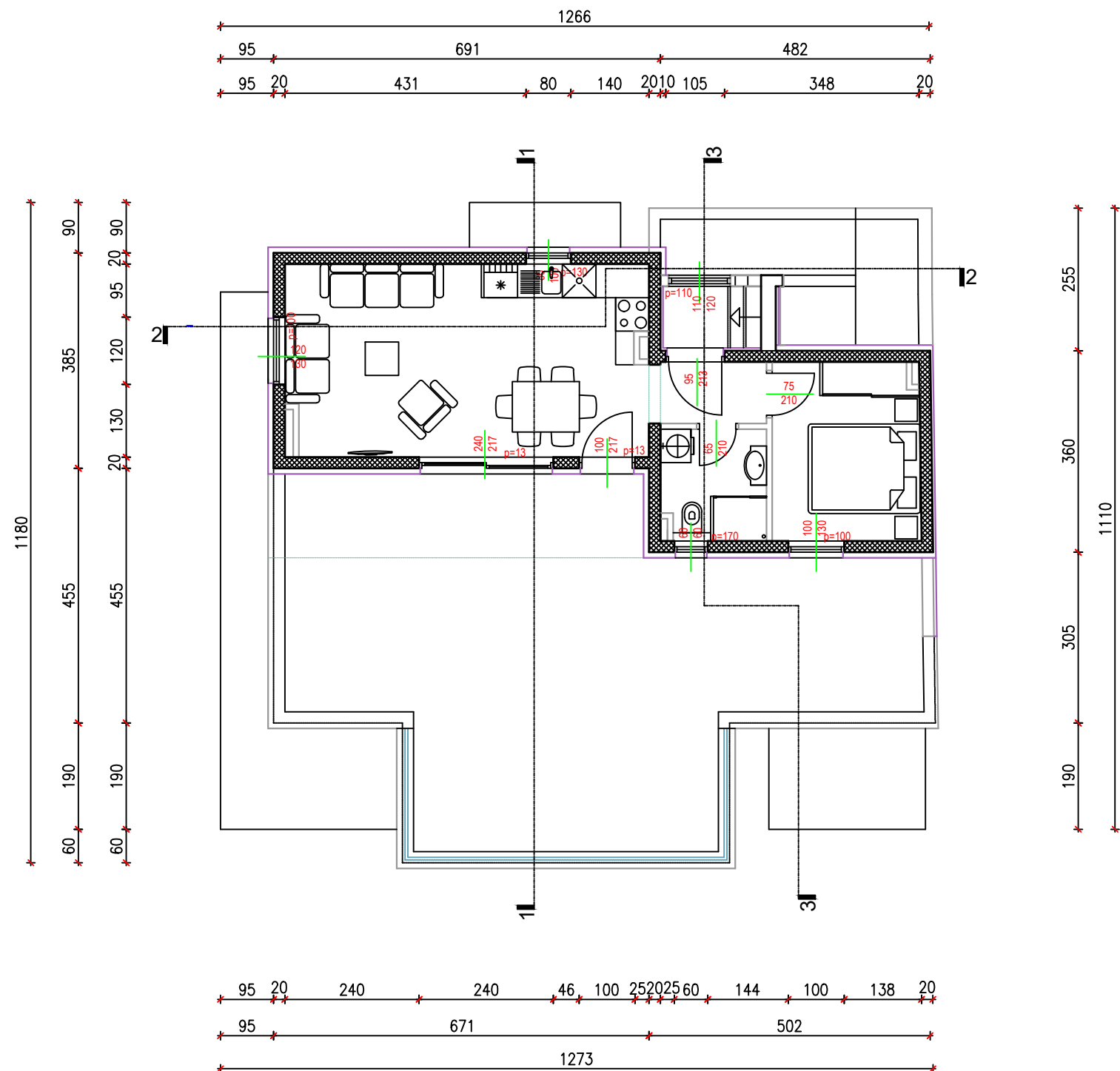
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT 1. KATA
	DATUM:	rujan, 2024.
		MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: <b>11.5</b>

# TLOCRT 2. KATA M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT 2. KATA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: <b>11.6</b>

# TLOCRT NADGRAĐA M 1:100

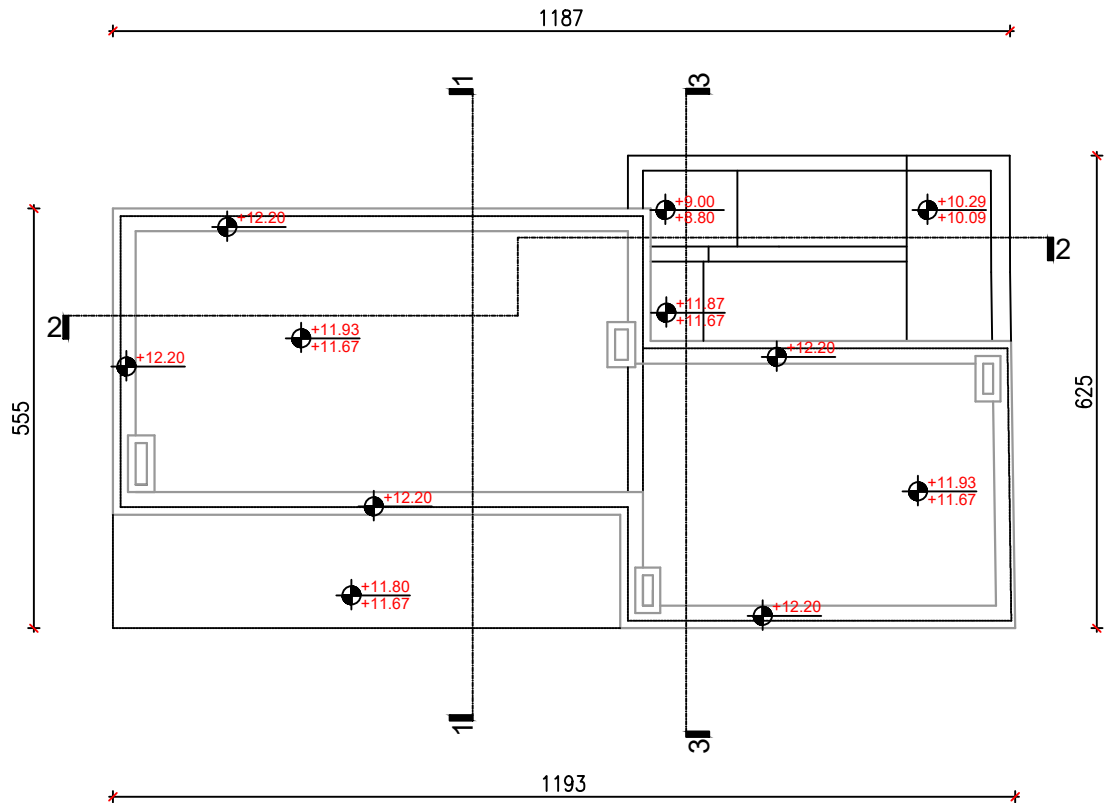



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT NADGRAĐA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.7



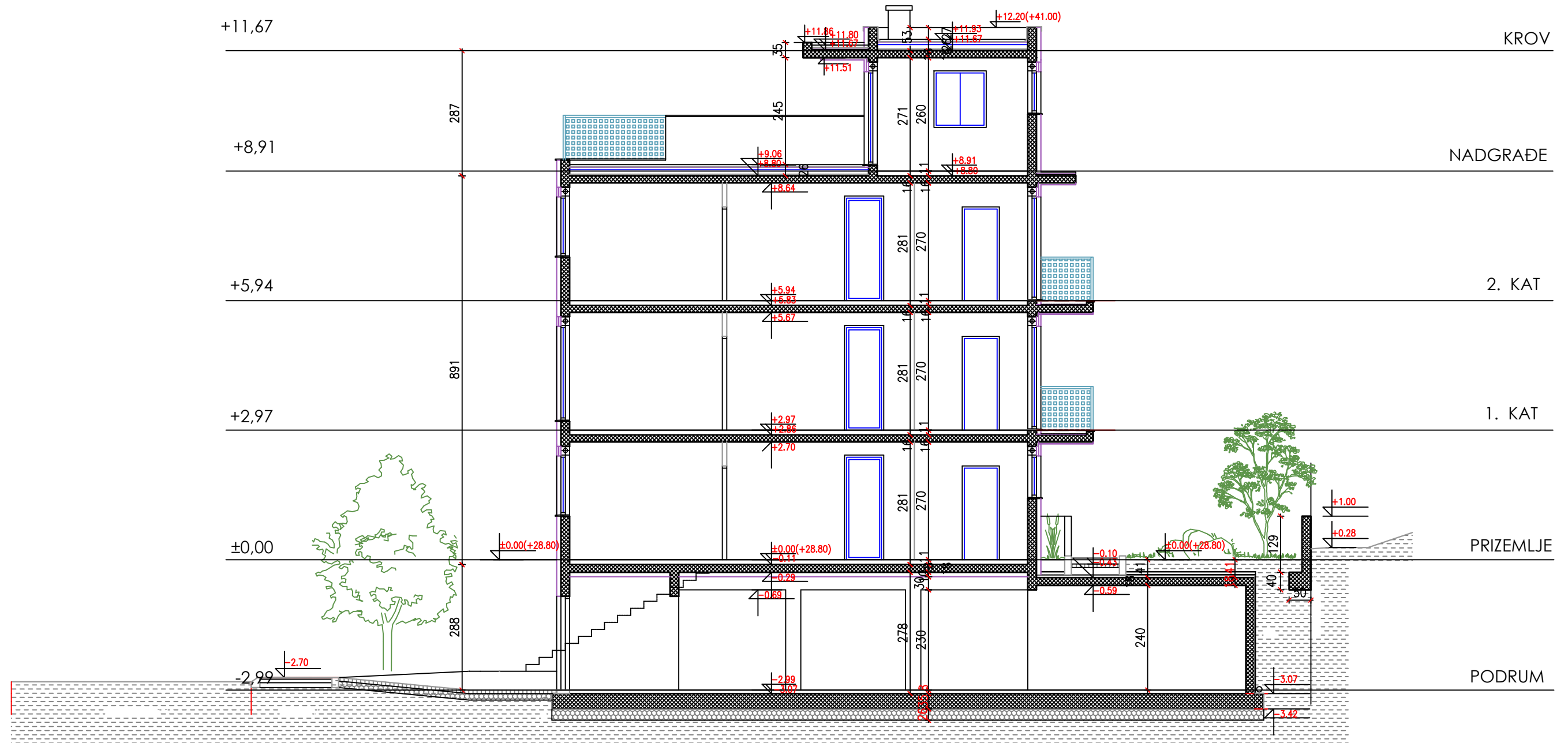
# TLOCRT RAVNOG KROVA


## M 1:100



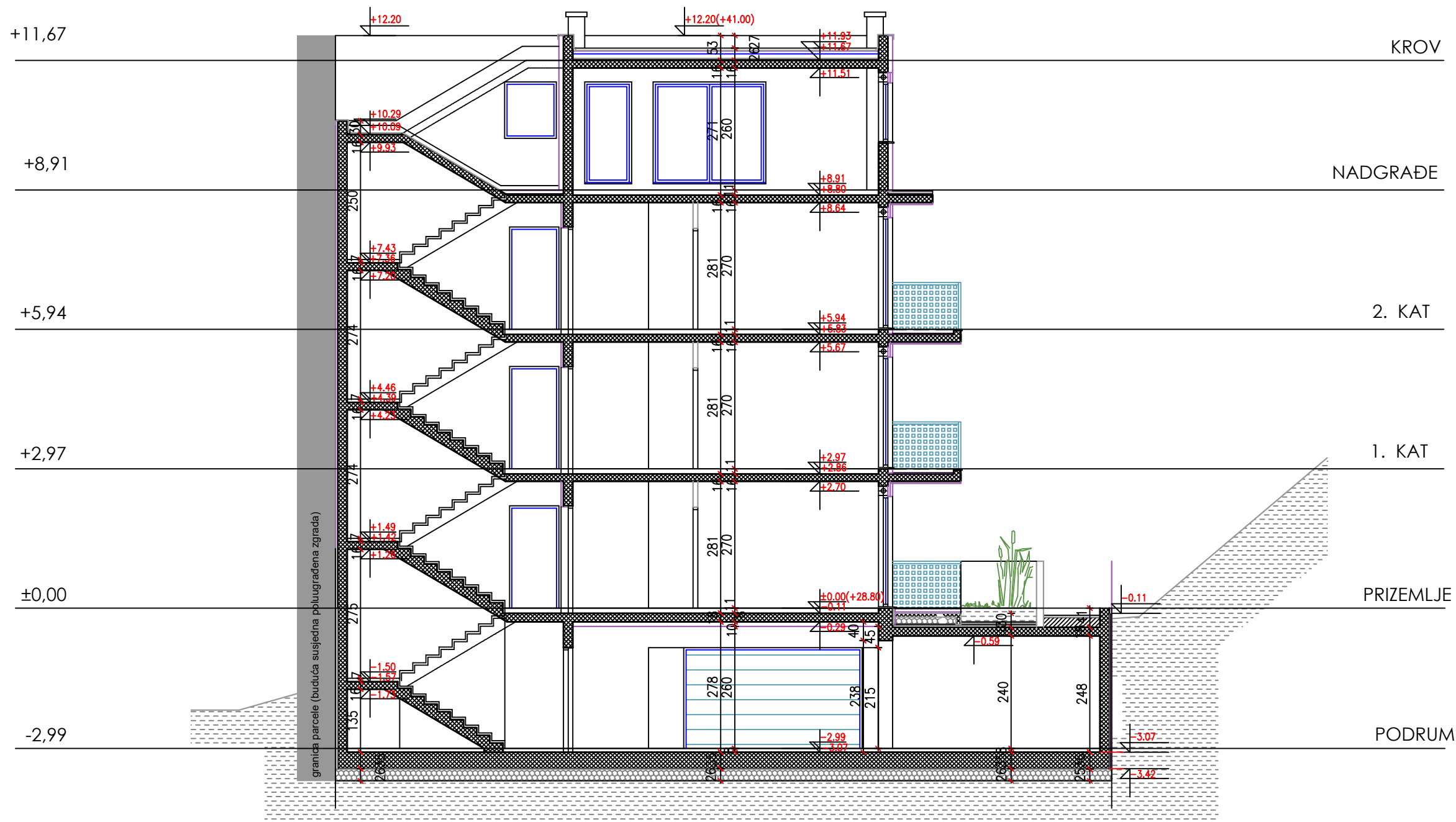
  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	TLOCRT RAVNOG KROVA
	DATUM:	rujan, 2024.
MJERILO:	1:100	
BROJ PRILOGA:	11.8	

PRESJEK 1-1  
M 1:100



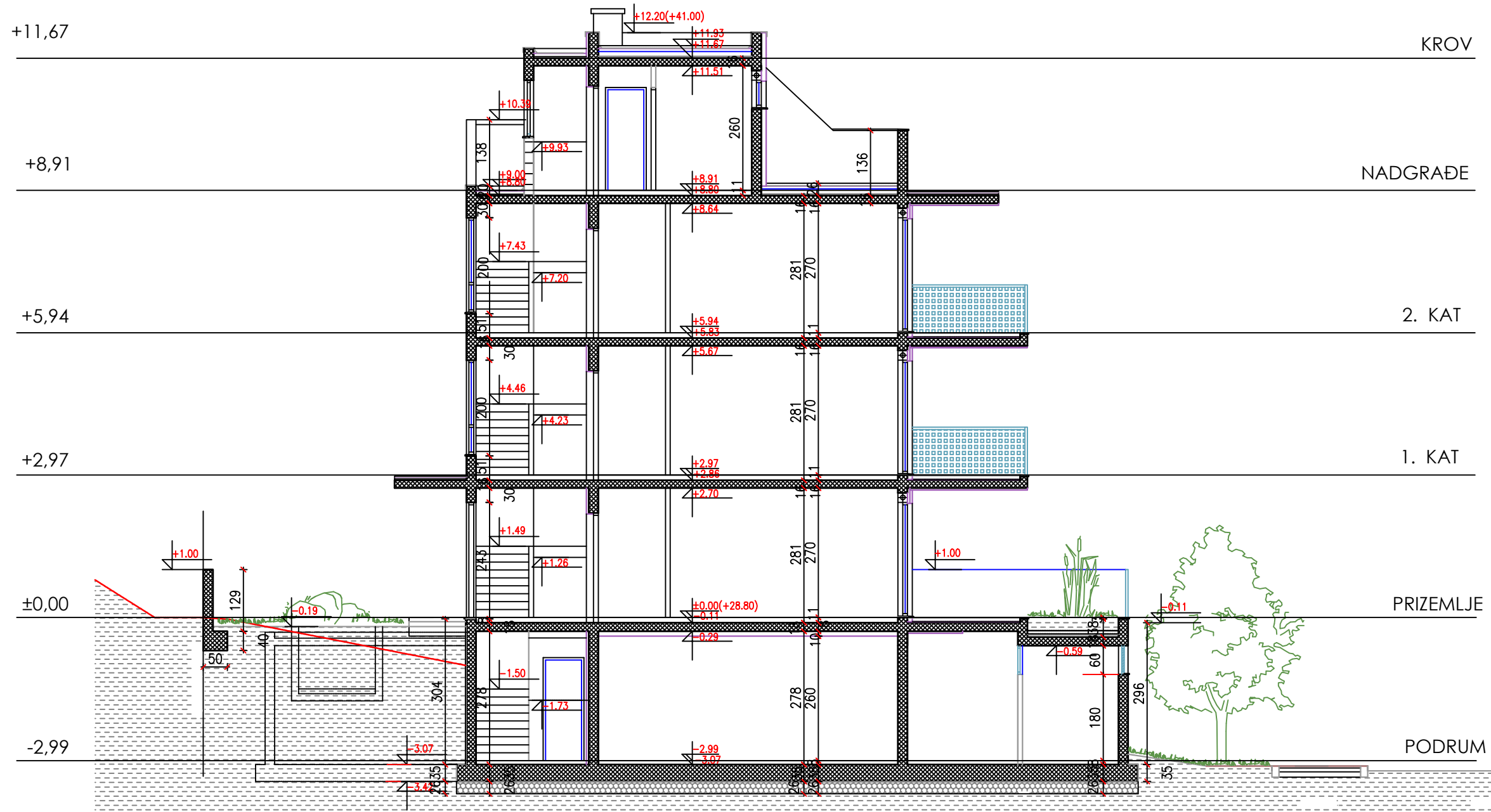
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PRESJEK 1-1
	DATUM:	rujan, 2024.
MJERILO:	1:100	
BROJ PRILOGA:	11.9	

# PRESJEK 2-2 M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PRESJEK 2-2
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.10

PRESJEK 3-3  
M 1:100




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PRESJEK 3-3
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.11

# JUŽNO PROČELJE

## MJ 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	JUŽNO PROČELJE
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: <b>11.12</b>

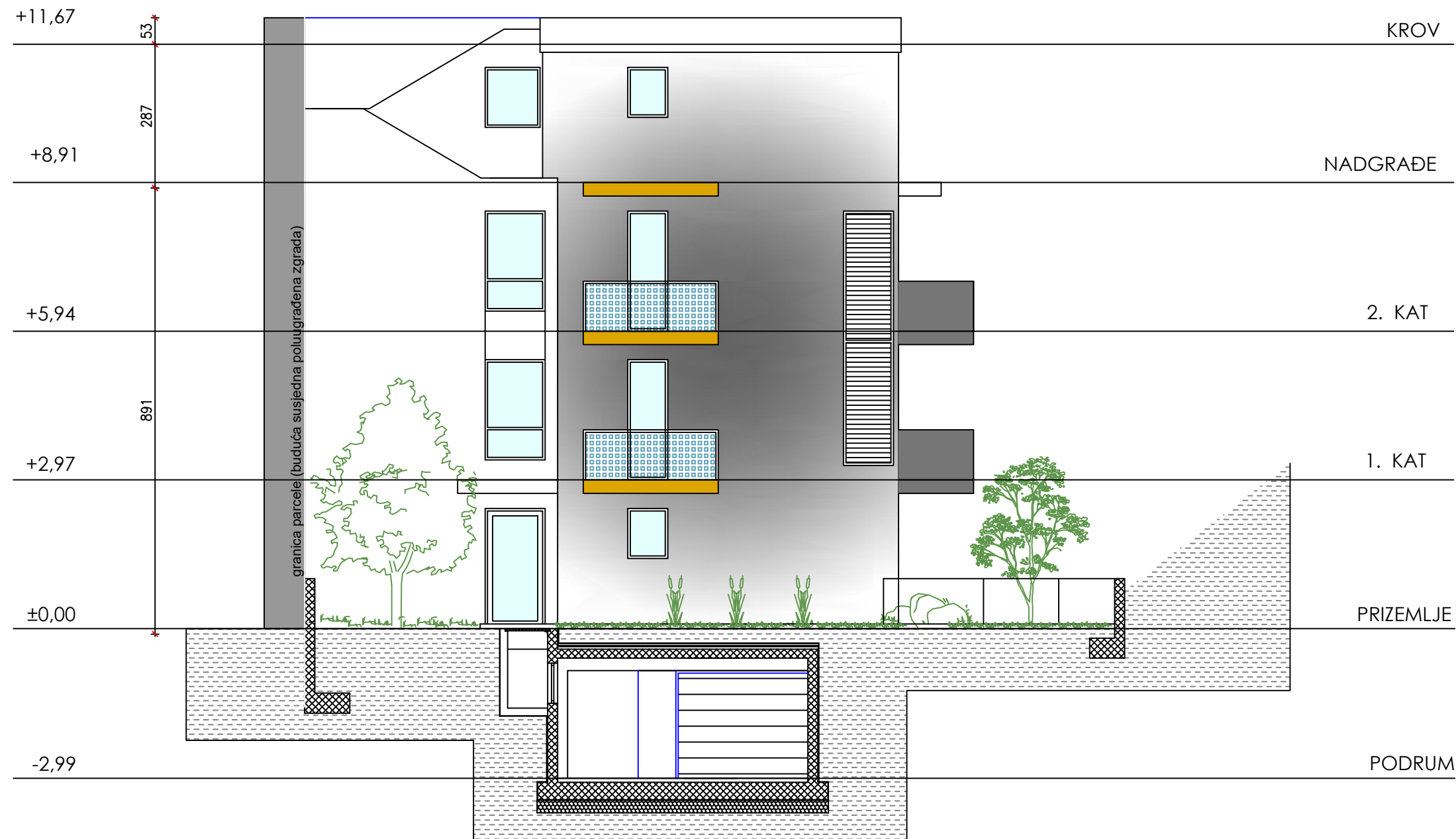
# ZAPADNO PROČELJE


## MJ 1:100



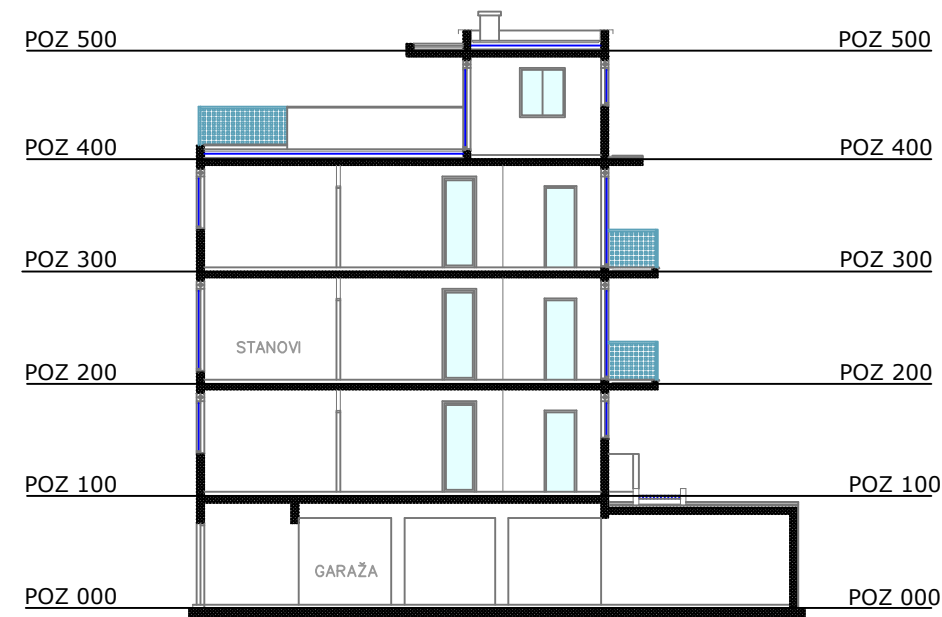
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	JUŽNO PROČELJE
	DATUM:	rujan, 2024.
		MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: <b>11.13</b>

SJEVERNO PROČELJE  
MJ 1:100

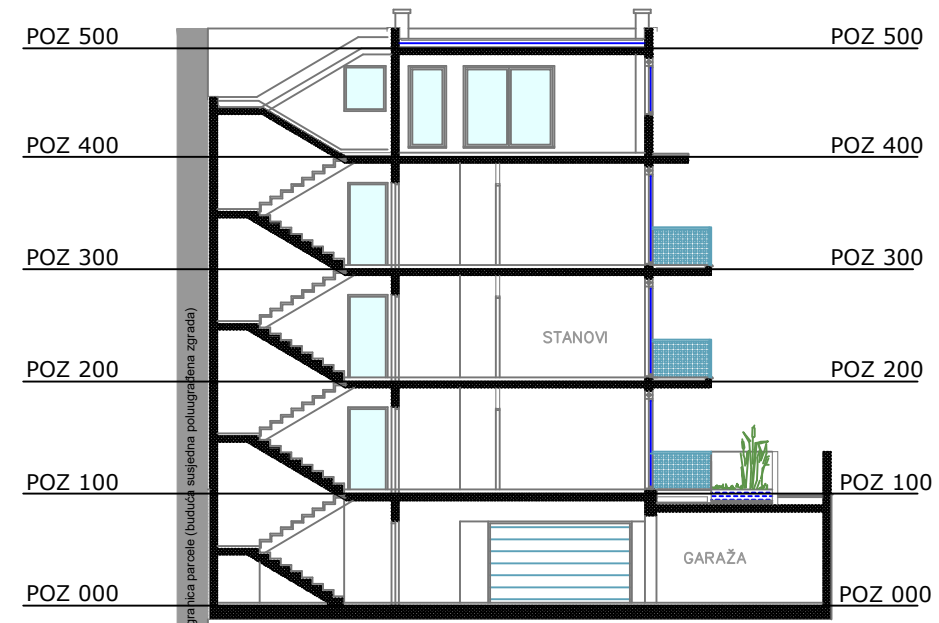


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	SJEVERNO PROČELJE
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: <b>11.14</b>

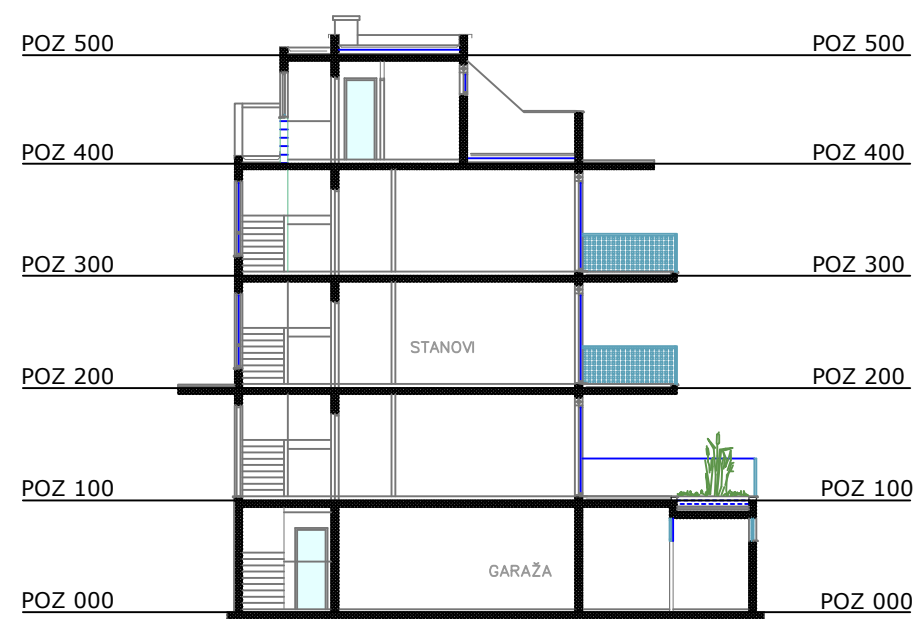
PRESJEK 1-1




PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3

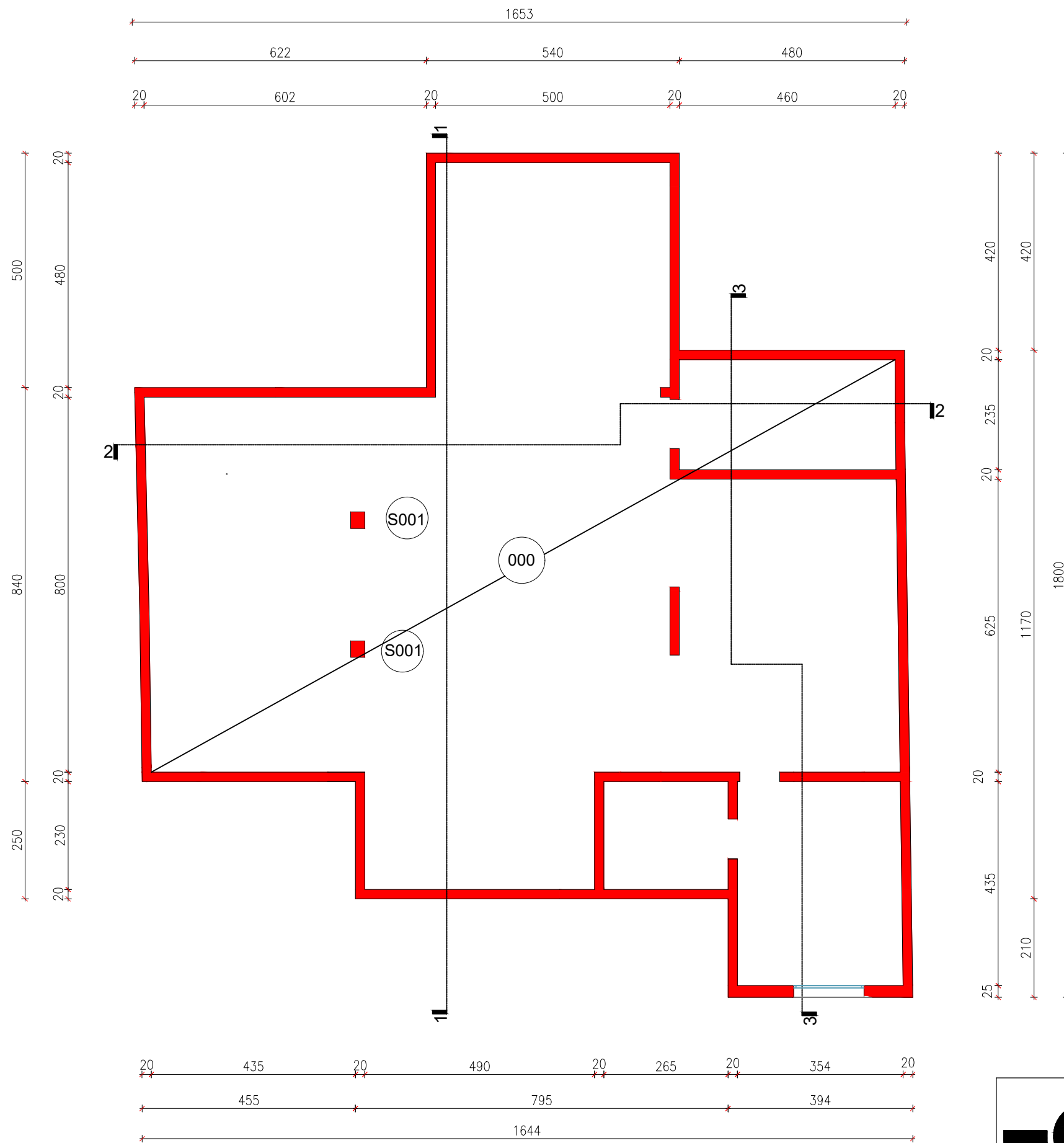



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	GLOBALNI PLAN POZICIJA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:200 BROJ PRILOGA: 11.15



# PLAN POZICIJA 000

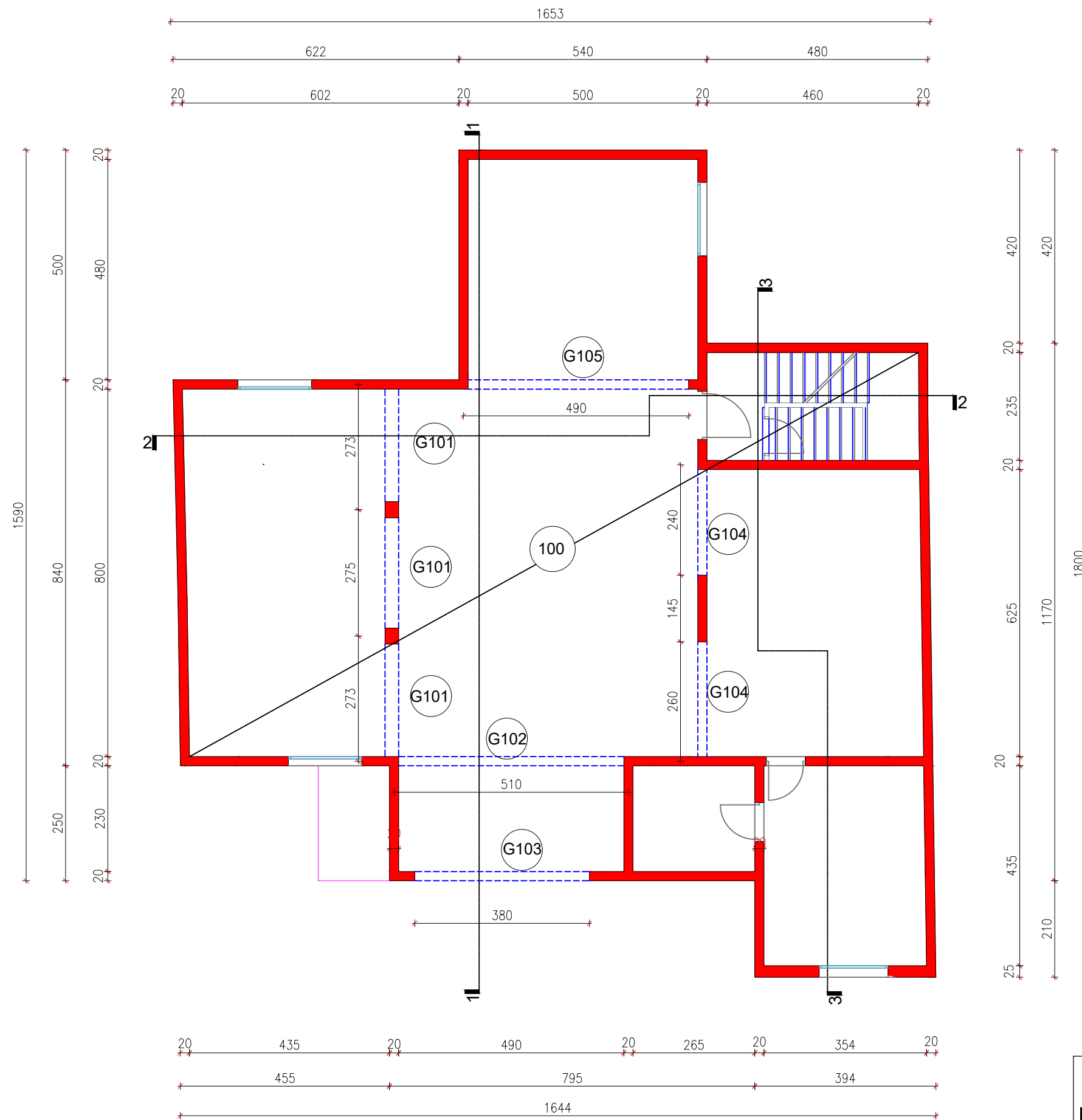
## M 1:100




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 000
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.16

# PLAN POZICIJA 100

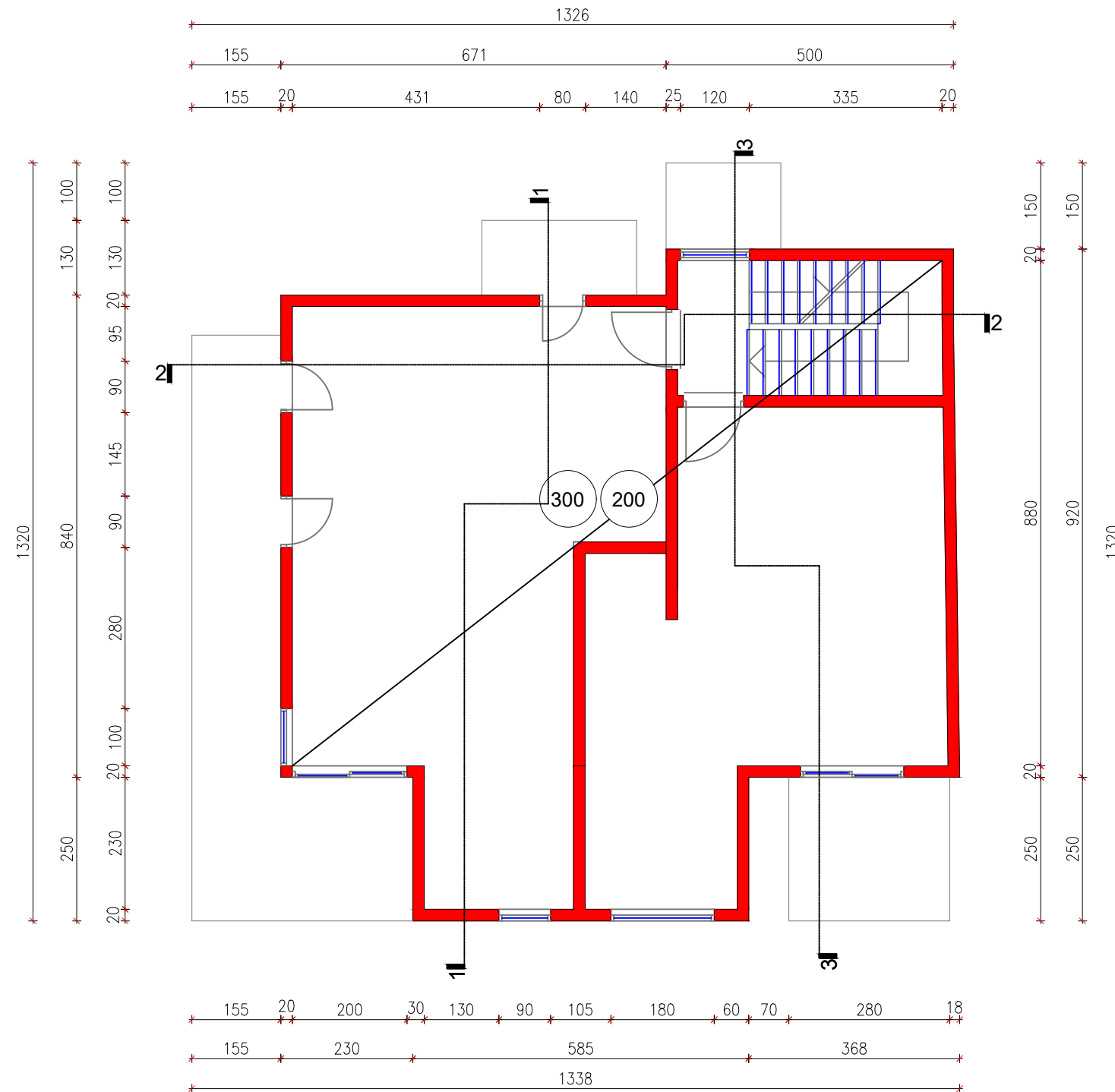
## M 1:100




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 100
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.17

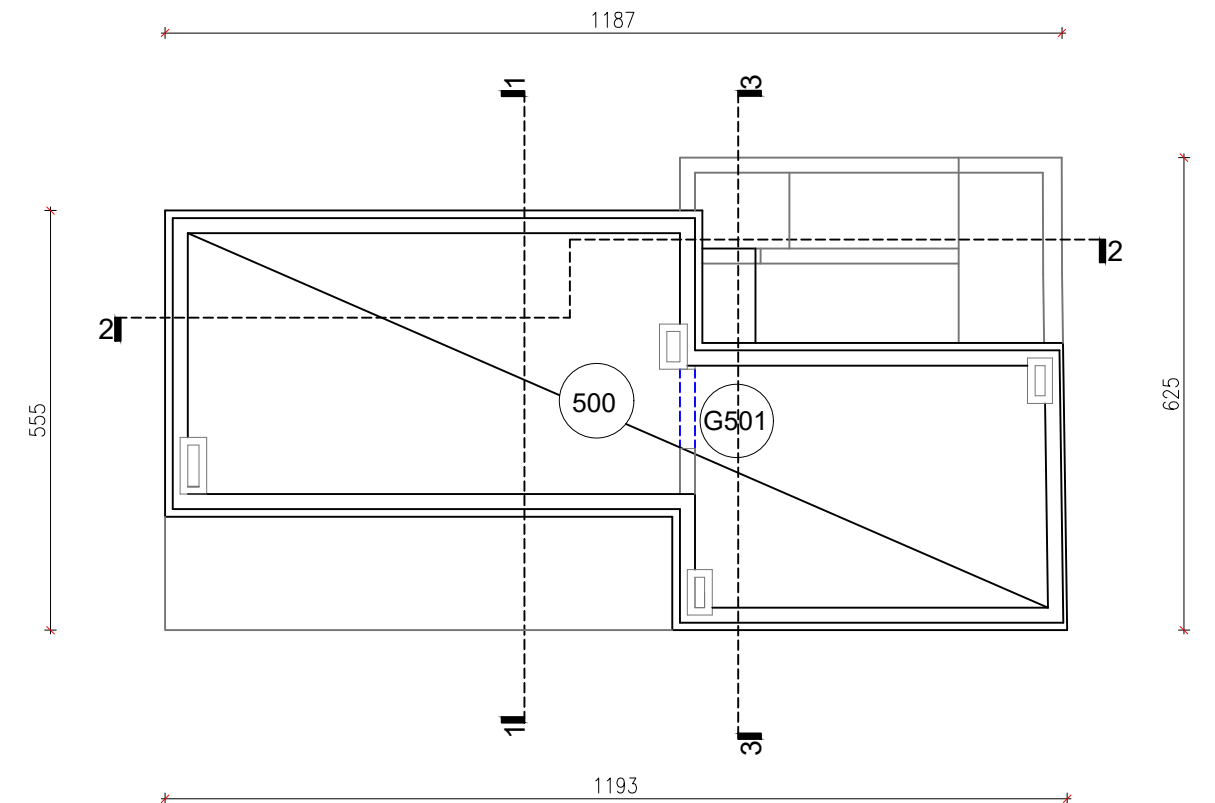
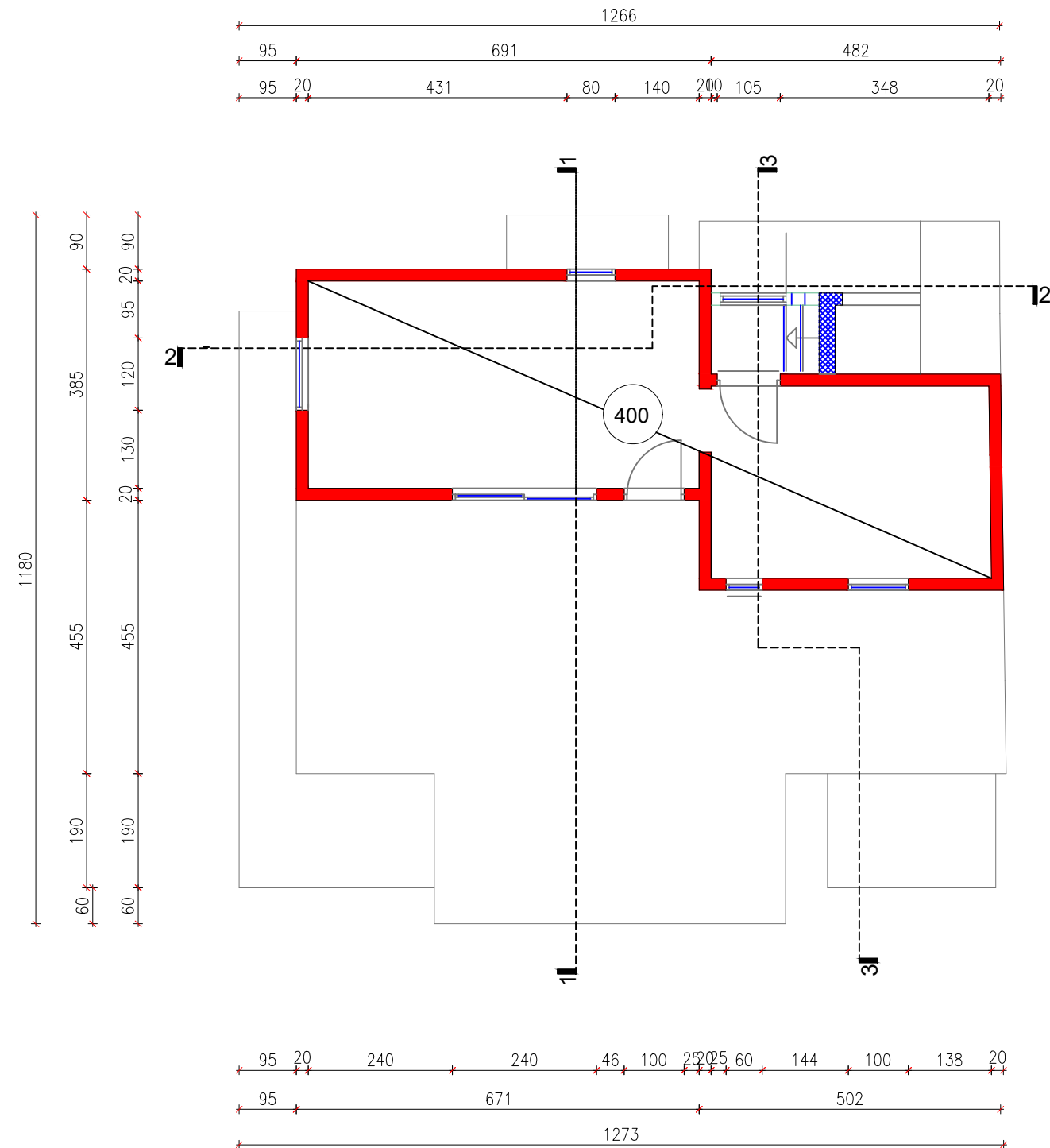
# PLAN POZICIJA 200 i 300


## M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 200 i 300
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.18

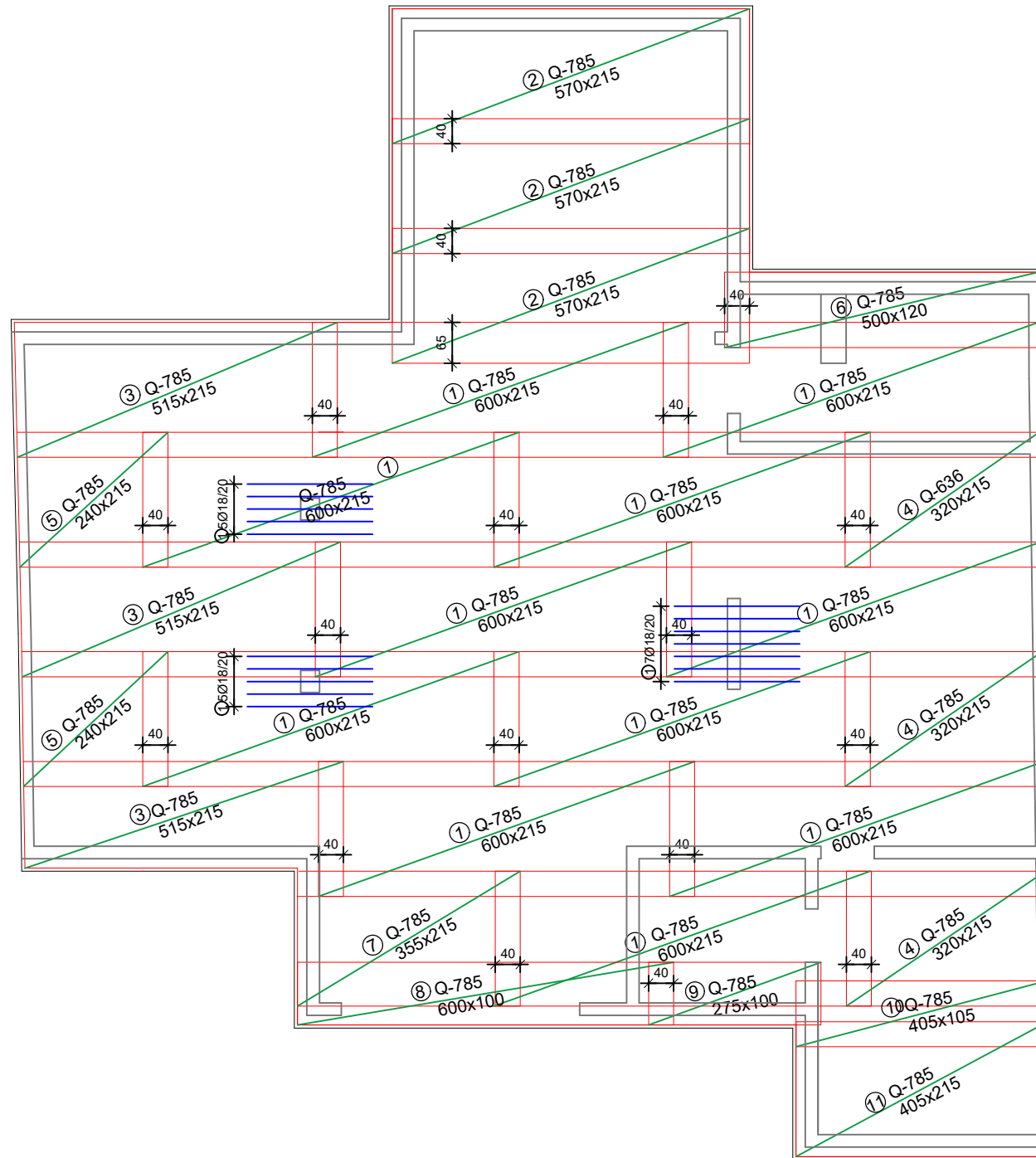
# PLAN POZICIJA 400 i 500 M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 400 i 500
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.19


DONJA ZONA

# ARMATURA TEMELJNE PLOČE DONJA ZONA M 1:100



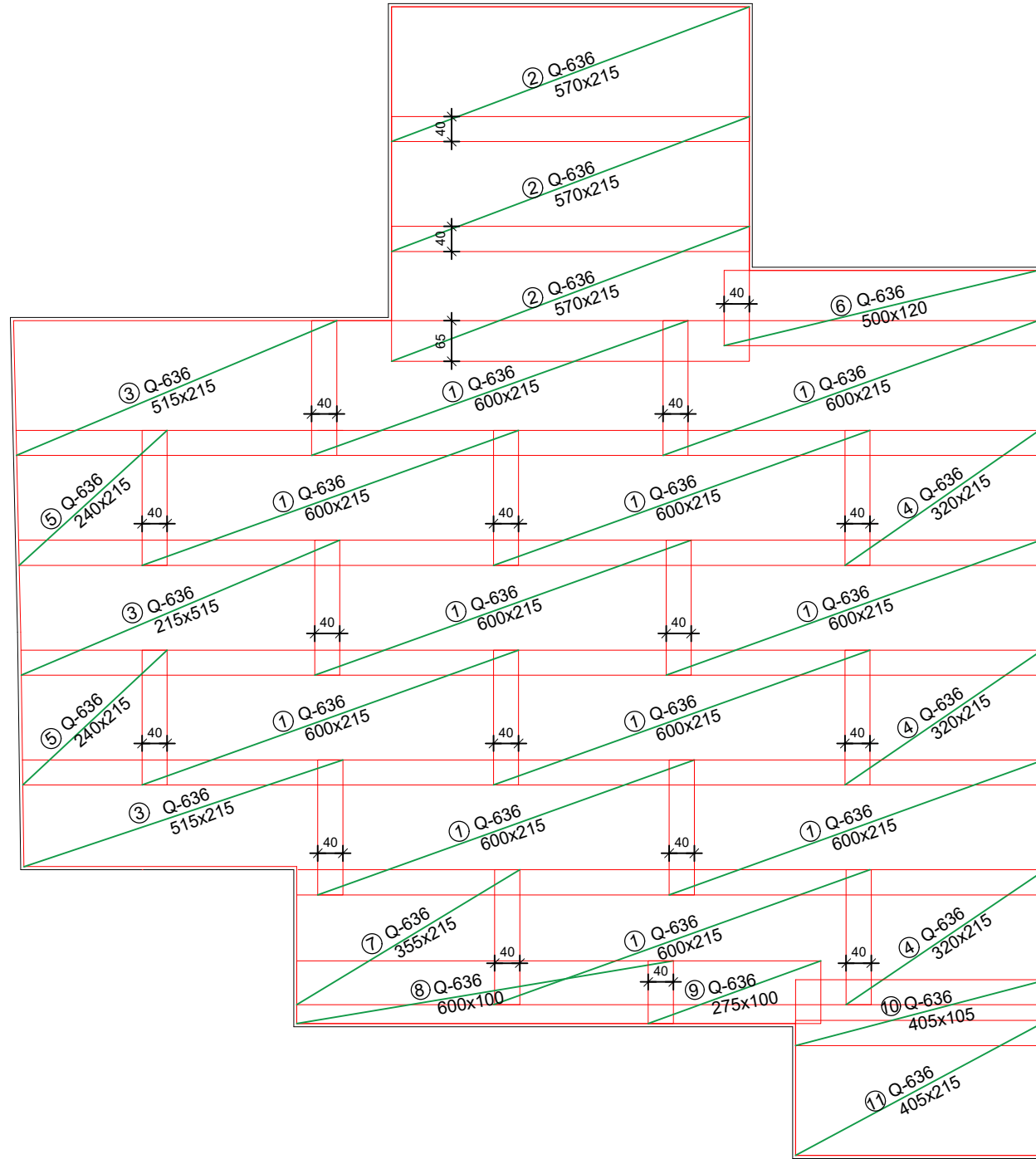
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 000 (1 kom)						
1	Q-785	215	600	11	12.46	1768.07
2	Q-785	215	570	3	12.46	458.09
3	Q-785	215	515	3	12.46	413.89
4	Q-785	215	320	3	12.46	257.17
5	Q-785	215	240	2	12.46	128.29
6	Q-785	120	500	1	12.46	74.76
7	Q-785	215	355	1	12.46	95.10
8	Q-785	100	600	1	12.46	74.76
9	Q-785	100	275	1	12.46	34.27
10	Q-785	105	405	1	12.46	52.99
11	Q-785	215	405	1	12.46	108.50
Ukupno						3465.88

Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1	200	18	2.00	17	2.00	68.00
Ukupno						68.00


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena građevina u Splitu</b>	DATUM: <b>rujan, 2024.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	STUDENT: <b>Karmen Lagator</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	OZNAKA DOKUMENTA: <b>Diplomski_rad.dwg</b>
SADRŽAJ: <b>ARMATURA TEMELJNE PLOČE DONJA ZONA</b>	BROJ PRILOGA: <b>11.20</b>	

GORNJA ZONA

# ARMATURA TEMELJNE PLOČE GORNJA ZONA M 1:100



Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 000 (1 kom)						
1	Q-636	215	600	11	10.08	1430.35
2	Q-636	215	570	3	10.08	370.59
3	Q-636	215	515	3	10.08	334.83
4	Q-636	215	320	3	10.08	175.67
5	Q-636	215	240	2	10.08	103.79
6	Q-636	120	500	1	10.08	60.48
7	Q-636	215	355	1	10.08	76.93
8	Q-636	100	600	1	10.08	60.48
9	Q-636	100	275	1	10.08	27.72
10	Q-636	105	405	1	10.08	42.87
11	Q-636	215	405	1	10.08	87.78
Ukupno						2803.86

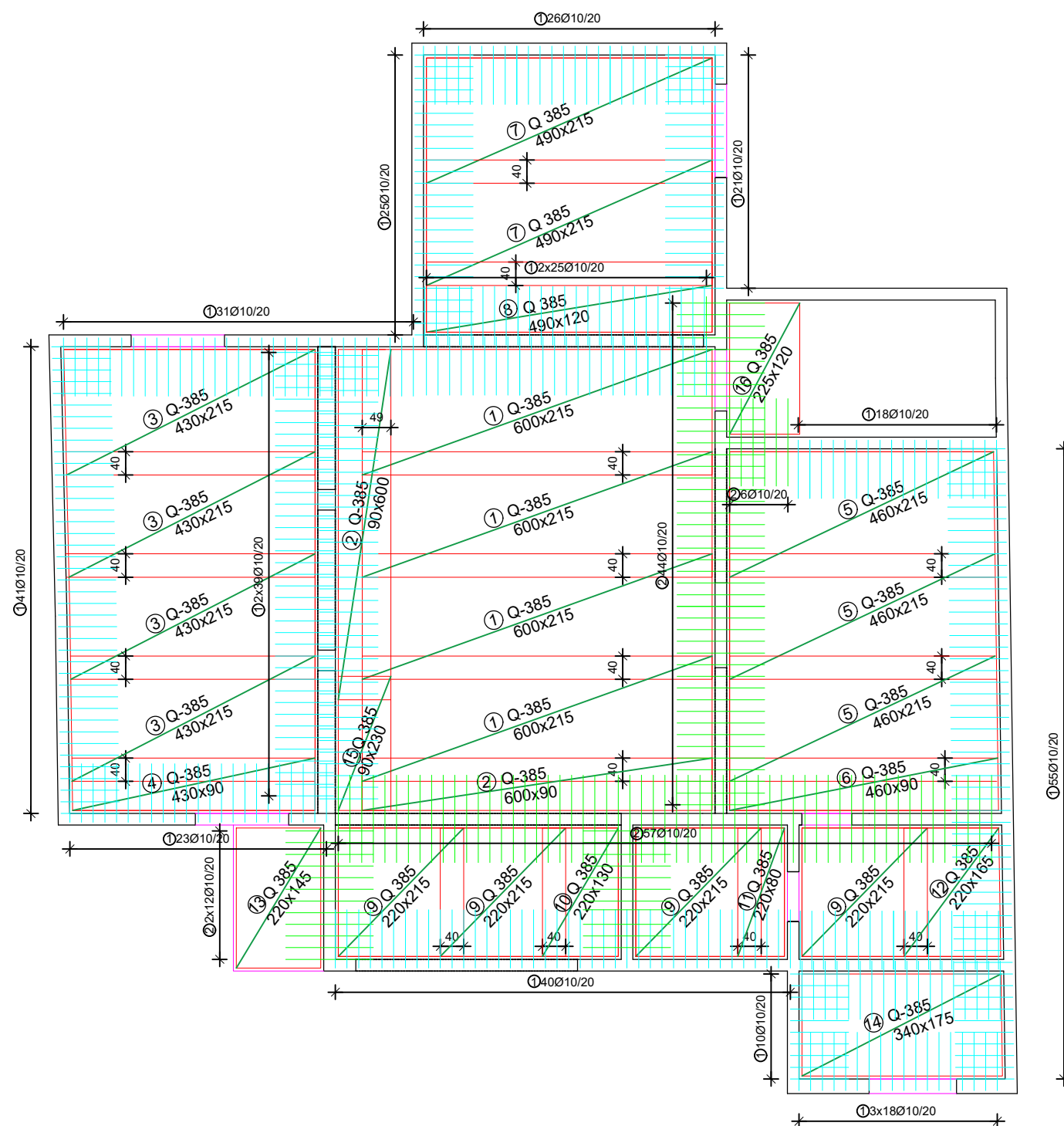
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena građevina u Splitu</b>	DATUM: <b>rujan, 2024.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	STUDENT: <b>Karmen Lagator</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	OZNAKA DOKUMENTA: <b>Diplomski_rad.dwg</b>
	SADRŽAJ: <b>ARMATURA TEMELJNE PLOČE GORNJA ZONA</b>	BROJ PRILOGA: <b>11.21</b>

DONJA ZONA

# ARMATURA PLOČE PRIZEMLJA

## DONJA ZONA

### M 1:100



Mreže - specifikacija

Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 100 (1 kom)						
1	Q-385	215	600	4	6.10	314.76
2	Q-385	90	600	2	6.10	65.88
3	Q-385	215	430	4	6.10	225.58
4	Q-385	90	430	1	6.10	23.61
5	Q-385	215	460	3	6.10	180.99
6	Q-385	90	460	1	6.10	25.25
7	Q-385	215	490	2	6.10	128.53
8	Q-385	120	490	1	6.10	35.87
9	Q-385	215	220	4	6.10	115.41
10	Q-385	130	220	1	6.10	17.45
11	Q-385	80	220	1	6.10	10.74
12	Q-385	165	220	1	6.10	22.14
13	Q-385	145	220	1	6.10	19.46
14	Q-385	175	340	1	6.10	36.30
15	Q-385	90	230	1	6.10	12.63
16	Q-385	120	225	1	6.10	16.47
Ukupno						1251.07

Šipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1		10	2.12	472	0.617	617.39
2		10	1.50	130	0.617	120.32
Ukupno						737.71



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
 I GEODEZIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

DIPLOMSKI RAD

TEMA: Glavni projekt stambene zgrade u Splitu

STUDENT: Karmen Lagator

SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE PRIZEMLJA  
 DONJA ZONA

DATUM: rujan, 2024.

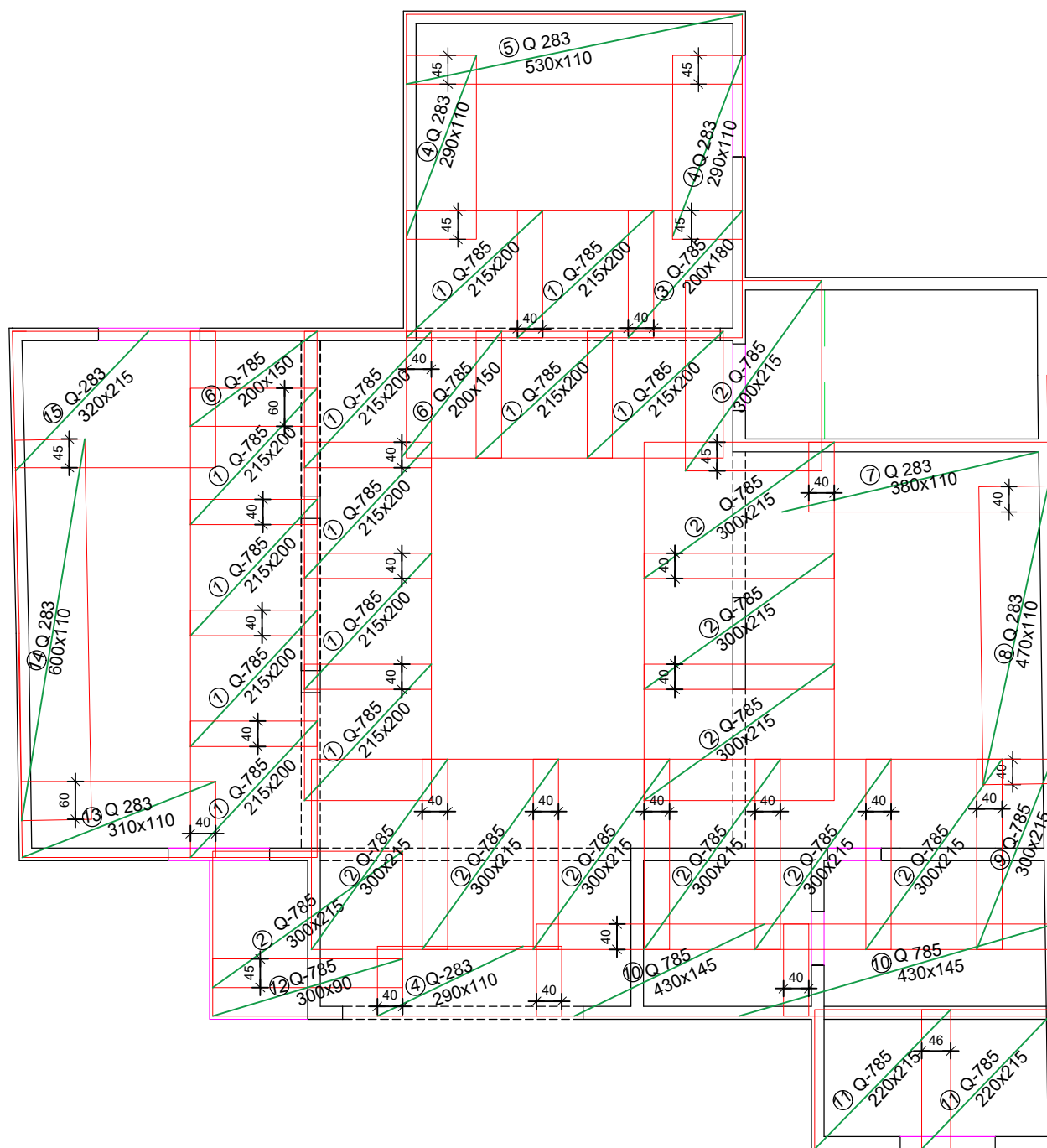
MJERILO: 1:100

BROJ PRILOGA:

11.22

GORNJA ZONA

# ARMATURA PLOČE PRIZEMLJA GORNJA ZONA M 1:100



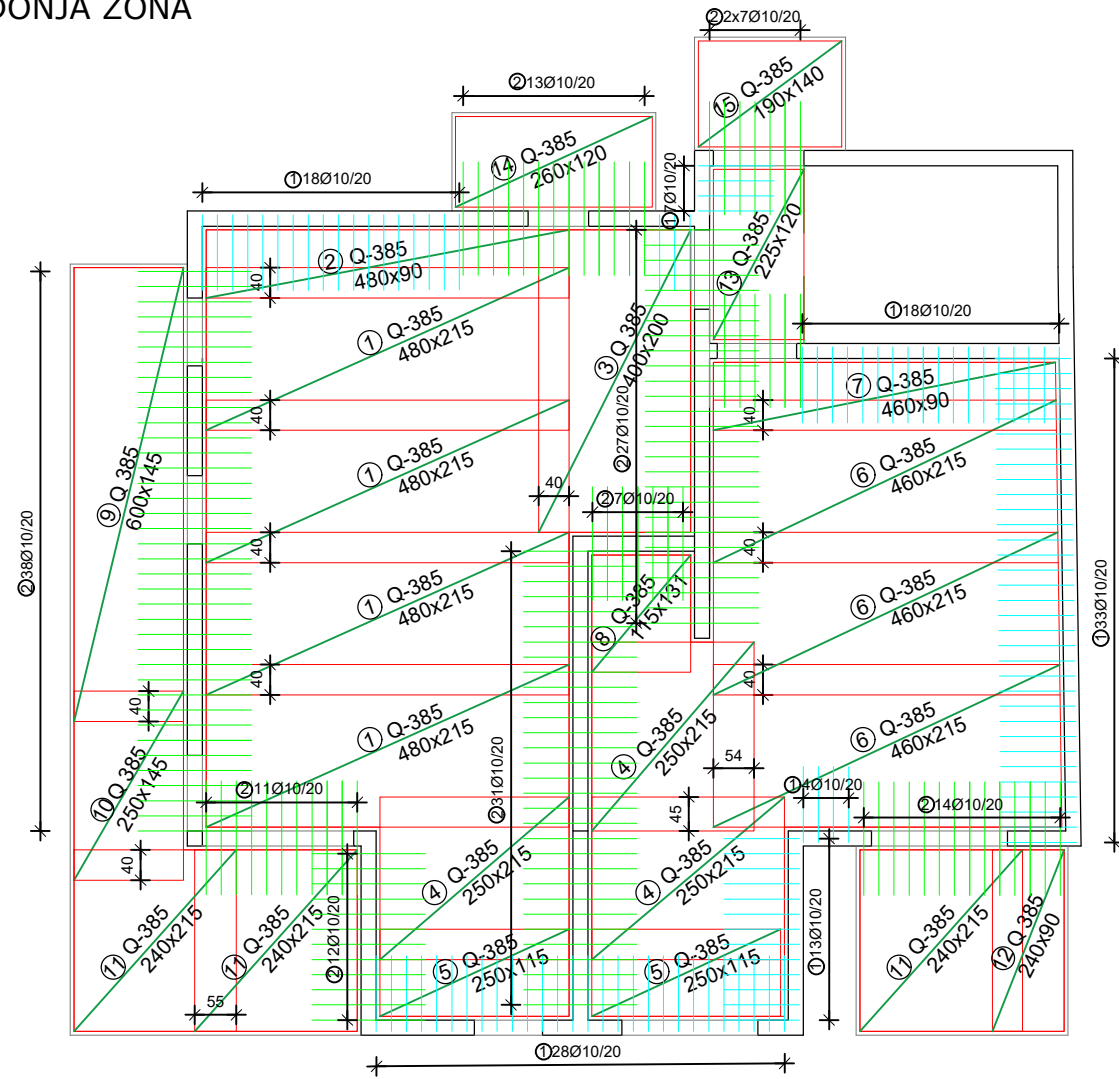
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 100 (1 kom)						
1	Q-785	215	200	12	12.46	642.94
2	Q-785	215	300	11	12.46	884.04
3	Q-785	180	200	1	12.46	44.86
4	Q-283	110	290	3	4.48	42.87
5	Q-283	110	530	1	4.48	26.12
6	Q-785	150	200	2	12.46	74.76
7	Q-283	110	380	1	4.48	18.73
8	Q-283	110	600	1	4.48	29.57
9	Q-785	125	300	1	12.46	46.73
10	Q-785	145	430	2	12.46	155.37
11	Q-785	215	220	2	12.46	117.87
12	Q-785	90	300	1	12.46	33.64
13	Q-283	110	310	1	4.48	15.28
14	Q-283	110	600	1	4.48	29.57
15	Q-283	215	320	1	4.48	30.82
Ukupno						2193.17

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE PRIZEMLJA GORNJA ZONA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.23

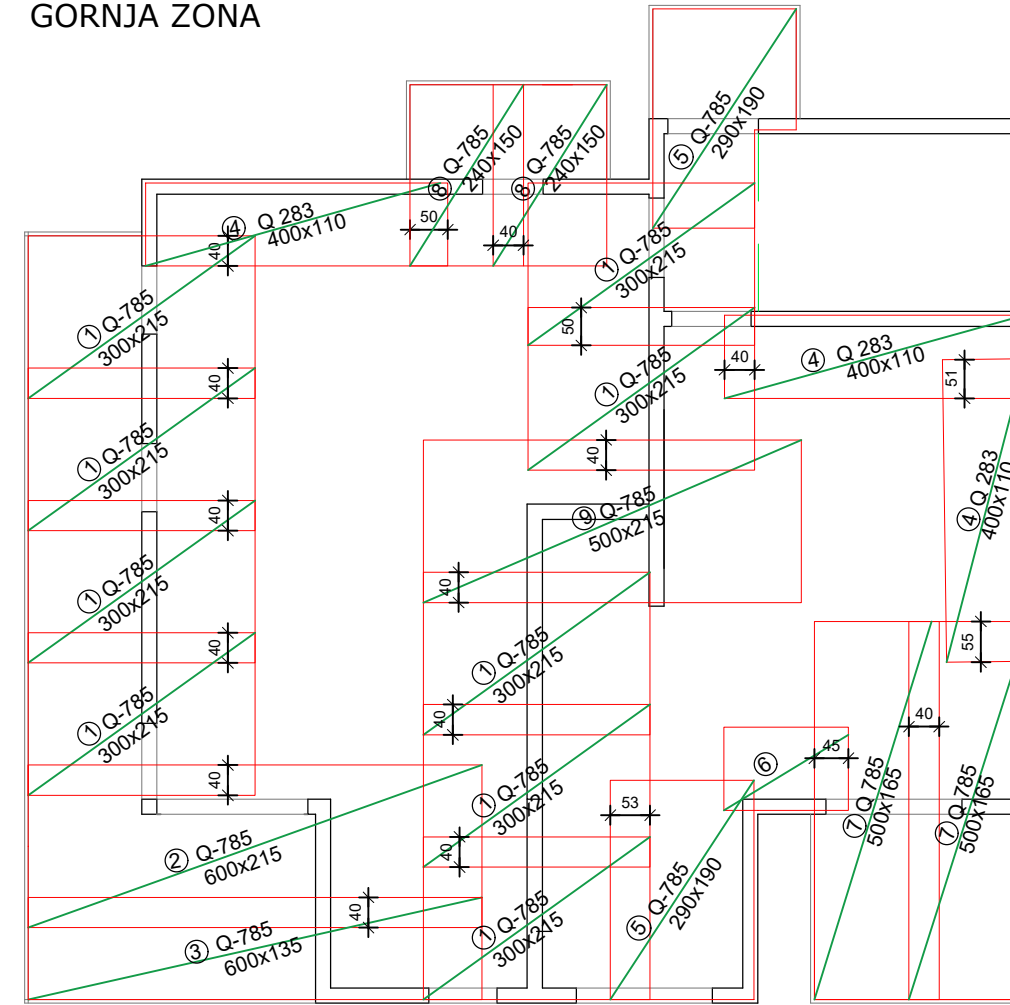


# ARMATURA PLOČE 1. KATA M 1:100

## DONJA ZONA




## GORNJA ZONA



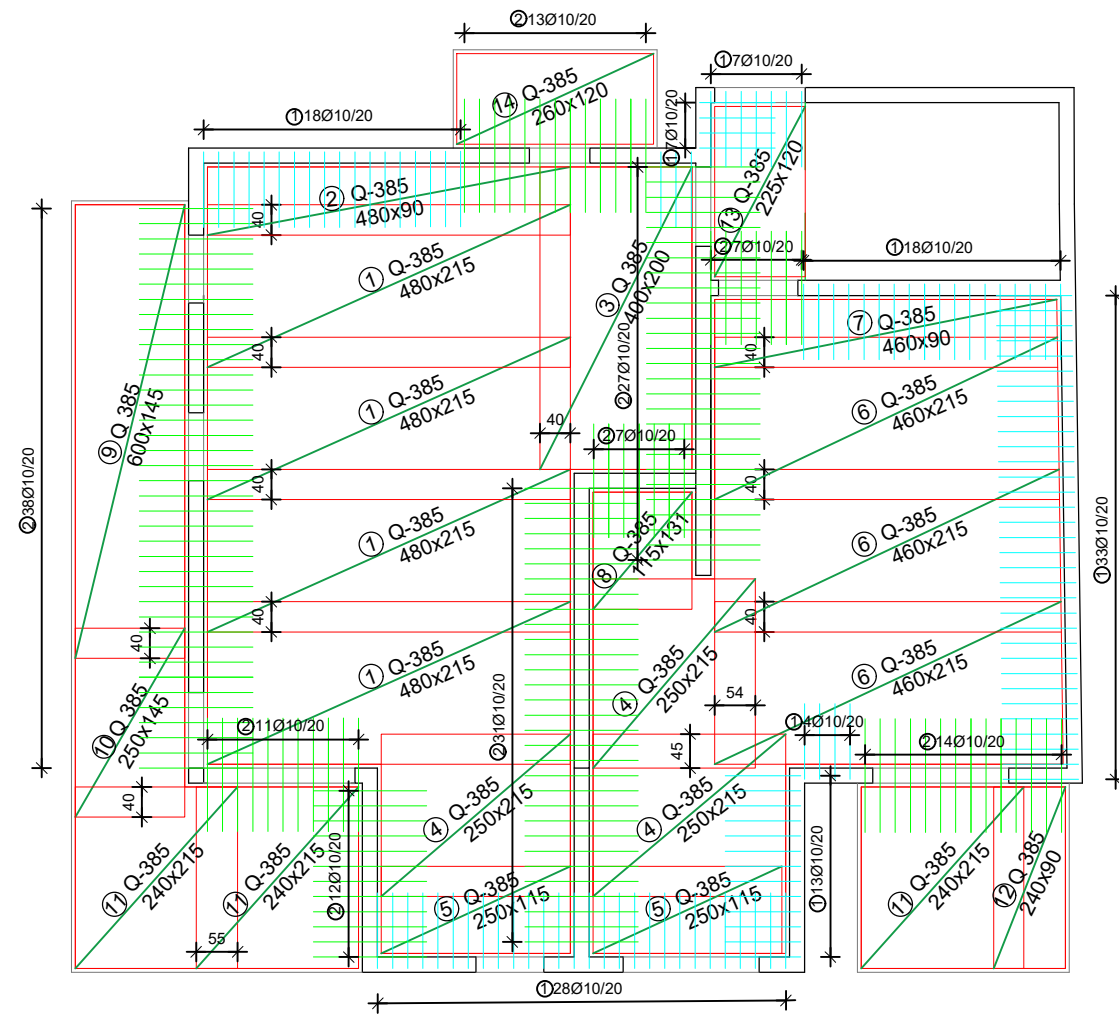
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 200 (1 kom)						
1	Q-385	215	480	4	6.10	251.81
2	Q-385	90	480	1	6.10	26.35
3	Q-385	200	400	1	6.10	48.8
4	Q-385	215	250	3	6.10	98.36
5	Q-385	115	250	2	6.10	35.08
6	Q-385	215	460	3	6.10	180.99
7	Q-385	90	460	1	6.10	25.25
8	Q-385	115	131	1	6.10	9.19
9	Q-385	145	600	1	6.10	53.07
10	Q-385	145	250	1	6.10	22.11
11	Q-385	215	240	3	6.10	94.43
12	Q-385	90	240	1	6.10	13.18
13	Q-385	120	225	1	6.10	16.47
14	Q-385	120	260	1	6.10	19.03
15	Q-385	140	190	1	6.10	16.23
Ukupno						910.45

Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1	100	10	2.12	121	0.617	158.27
2	150	10	1.50	167	0.617	154.56
Ukupno						312.83

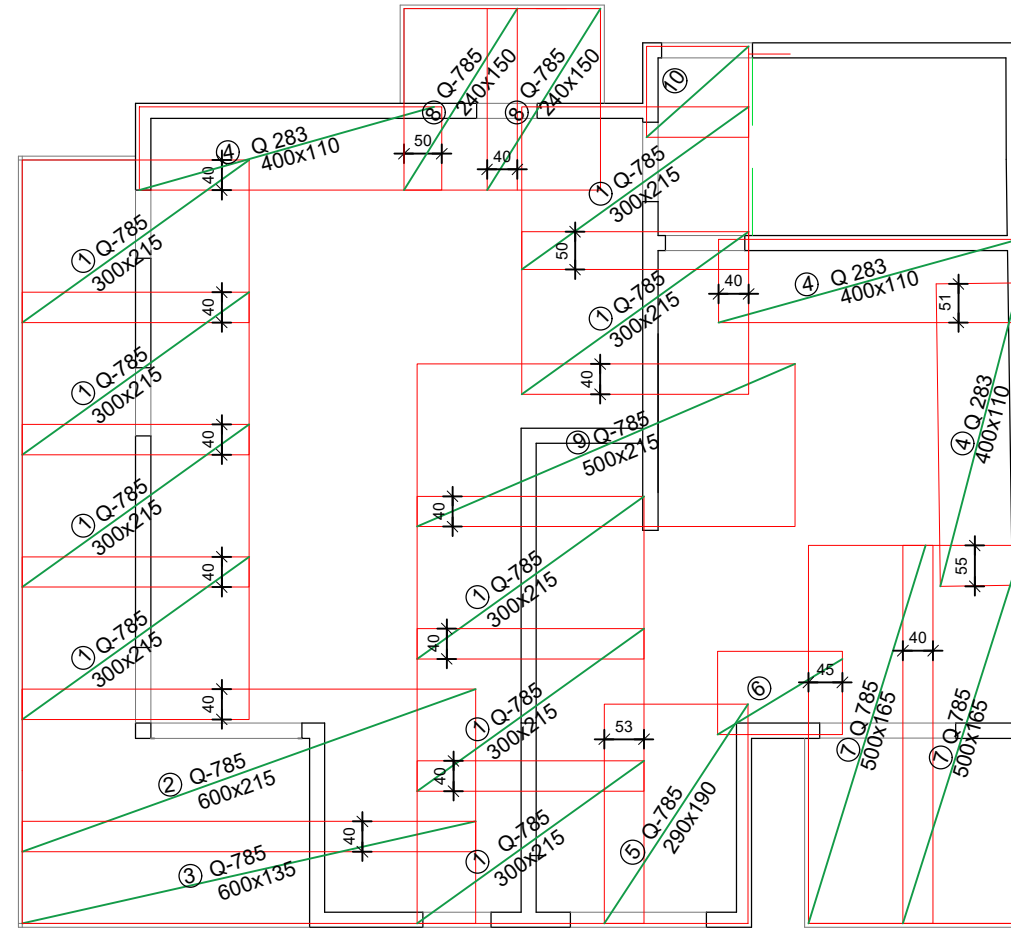
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 200 (1 kom)						
1	Q-785	215	300	9	12.46	723.30
2	Q-785	215	600	1	12.46	160.73
3	Q-785	135	600	1	12.46	100.93
4	Q-283	110	400	3	4.48	59.14
5	Q-785	190	290	1	12.46	68.65
6	Q-283	110	160	1	4.48	7.88
7	Q-785	165	500	2	12.46	205.59
8	Q-785	150	240	2	12.46	89.71
9	Q-785	215	500	1	12.46	133.95
Ukupno						1549.88

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE 1. KATA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.24

DONJA ZONA



GORNJA ZONA



ARMATURA PLOČE  
2. KATA  
M 1:100

Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 300 (1 kom)						
1	Q-385	215	480	4	6.10	251.81
2	Q-385	90	480	1	6.10	26.35
3	Q-385	200	400	1	6.10	48.8
4	Q-385	215	250	3	6.10	98.36
5	Q-385	115	250	2	6.10	35.08
6	Q-385	215	460	3	6.10	180.99
7	Q-385	90	460	1	6.10	25.25
8	Q-385	115	131	1	6.10	9.19
9	Q-385	145	600	1	6.10	53.07
10	Q-385	145	250	1	6.10	22.11
11	Q-385	215	240	3	6.10	94.43
12	Q-385	90	240	1	6.10	13.18
13	Q-385	120	225	1	6.10	16.47
14	Q-385	120	260	1	6.10	19.03
Ukupno						894.22

Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1	100	10	2.12	128	0.617	167.43
2	150	10	1.50	160	0.617	148.08
Ukupno						315.51

Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 300 (1 kom)						
1	Q-785	215	300	9	12.46	723.30
2	Q-785	215	600	1	12.46	160.73
3	Q-785	135	600	1	12.46	100.93
4	Q-283	110	400	3	4.48	59.14
5	Q-785	190	290	1	12.46	68.65
6	Q-283	110	160	1	4.48	7.88
7	Q-785	165	500	2	12.46	205.59
8	Q-785	150	240	2	12.46	89.71
9	Q-785	215	500	1	12.46	133.95
10	Q-785	120	135	1	12.46	20.19
Ukupno						1570.07



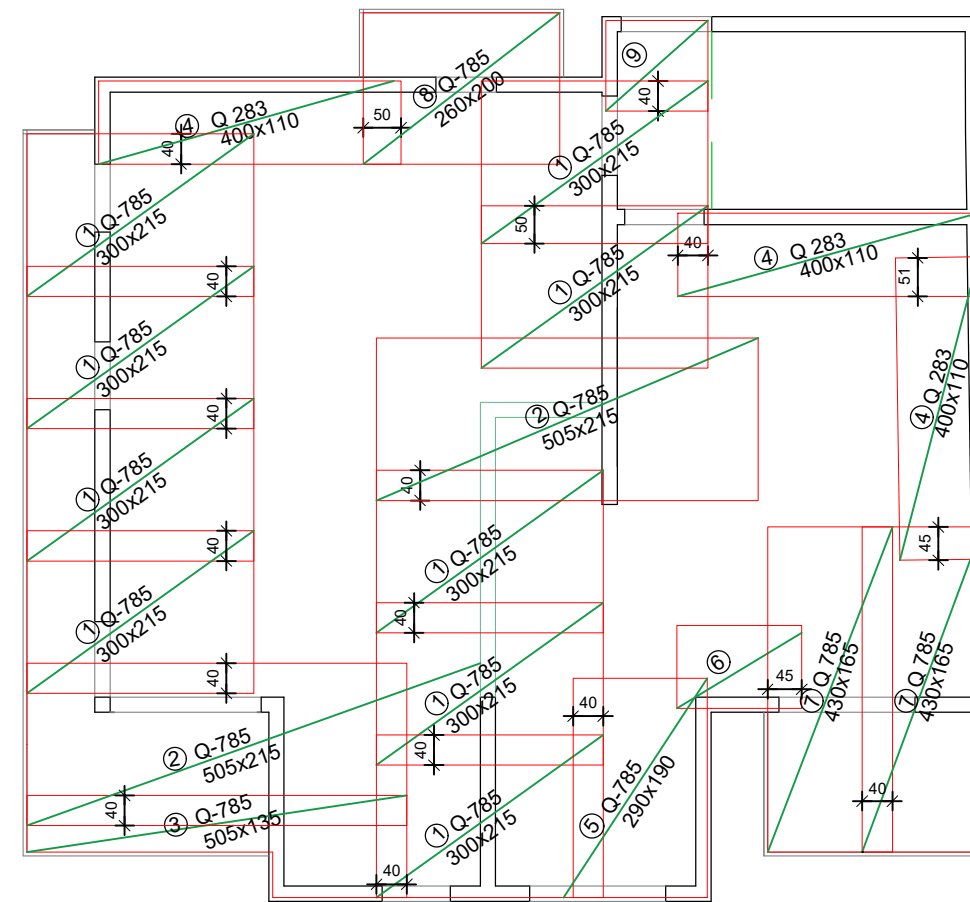
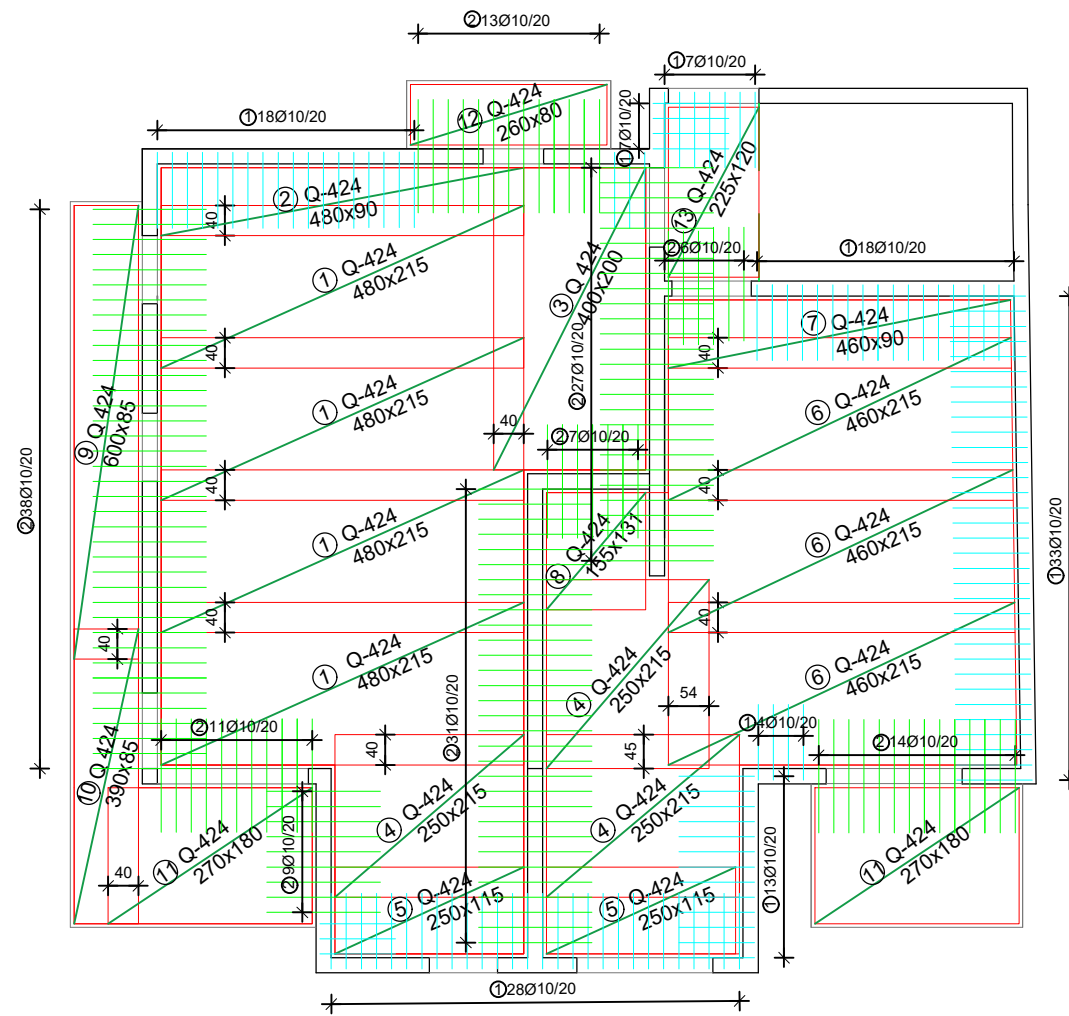
SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

DIPLOMSKI RAD	
TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
STUDENT:	Karmen Lagator
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE 2. KATA
DATUM:	rujan, 2024.
MJERILO:	1:100
BRJ RILOGA:	11.25

# ARMATURA PLOČE NADGRAĐA M 1:100

DONJA ZONA

GORNJA ZONA



Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 400 (1 kom)						
1	Q-424	215	480	4	6.81	281.12
2	Q-424	90	480	1	6.81	29.42
3	Q-424	200	400	1	6.81	54.48
4	Q-424	215	250	3	6.81	109.81
5	Q-424	115	250	2	6.81	39.16
6	Q-424	215	460	3	6.81	202.05
7	Q-424	90	460	1	6.81	28.19
8	Q-424	131	155	1	6.81	10.26
9	Q-424	85	600	1	6.81	59.25
10	Q-424	85	390	1	6.81	24.68
11	Q-424	180	270	2	6.81	66.19
12	Q-424	80	260	1	6.81	14.71
13	Q-424	120	225	1	6.81	18.37
Ukupno						937.83

Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1		10	2.12	128	0.617	167.43
2		10	1.50	155	0.617	143.45
Ukupno						310.88

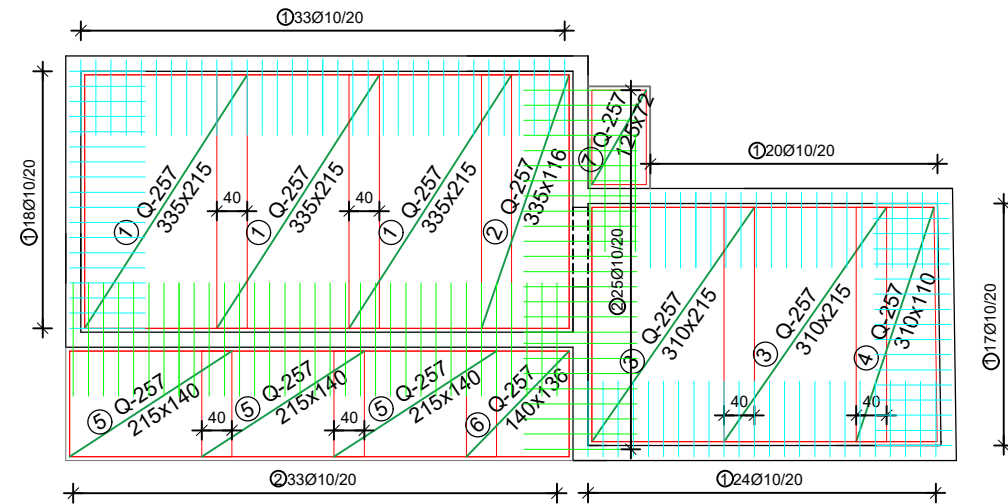
Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 400 (1 kom)						
1	Q-785	215	300	9	12.46	723.30
2	Q-785	215	505	2	12.46	270.56
3	Q-785	135	505	1	12.46	84.95
4	Q-283	110	400	3	4.48	59.14
5	Q-785	190	290	1	12.46	68.65
6	Q-283	110	160	1	4.48	7.88
7	Q-785	165	430	2	12.46	176.81
8	Q-785	200	260	1	12.46	64.79
9	Q-785	135	120	1	12.46	20.19
Ukupno						1476.27



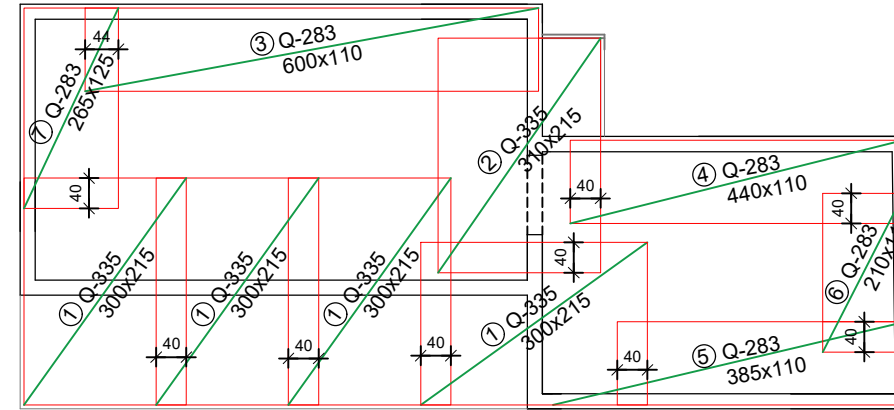
DIPLOMSKI RAD	
TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
STUDENT:	Karmen Lagator
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE NADGRAĐA
DATUM:	rujan, 2024.
MJERILO:	1:100
BRJ RILOGA:	11.26

# ARMATURA KROVNE PLOČE M 1:100

## DONJA ZONA



## GORNJA ZONA



Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Donja zona poz 500 (1 kom)						
1	Q-257	215	355	3	4.16	95.25
2	Q-257	116	355	1	4.16	17.13
3	Q-257	215	310	2	4.16	55.45
4	Q-257	110	310	1	4.16	14.18
5	Q-257	215	140	3	4.16	37.56
6	Q-257	136	140	1	4.16	7.92
7	Q-257	72	125	1	4.16	3.74
Ukupno						231.23

Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Gornja zona poz 500 (1 kom)						
1	Q-335	215	300	4	5.45	140.61
2	Q-335	215	310	1	5.45	36.32
3	Q-283	110	600	1	4.48	29.57
4	Q-283	110	440	1	4.48	21.68
5	Q-283	110	385	1	4.48	18.97
6	Q-283	110	210	1	4.48	10.35
7	Q-283	125	265	1	4.48	14.84
Ukupno						272.34

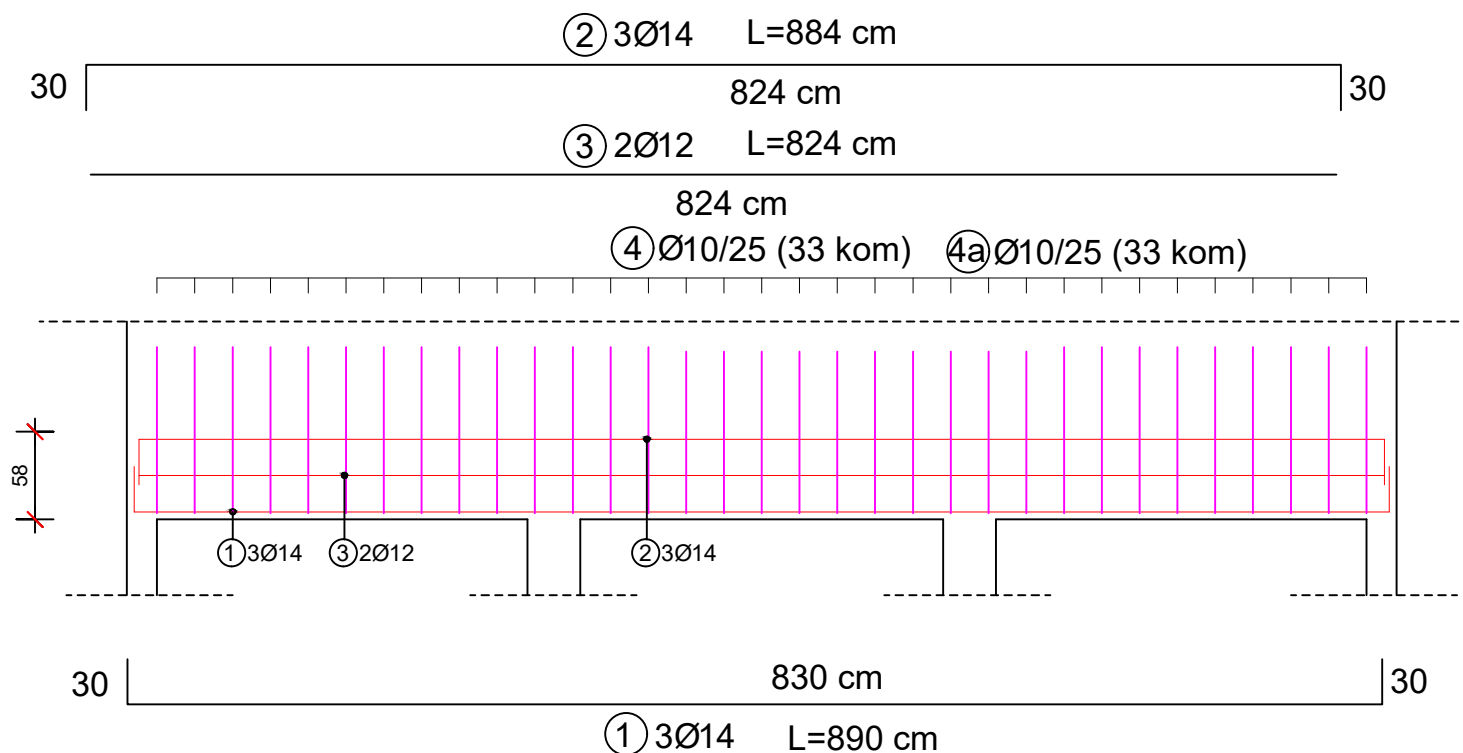
Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura ploče						
1		10	2.12	112	0.617	146.5
2		10	1.50	61	0.617	56.46
Ukupno						202.96



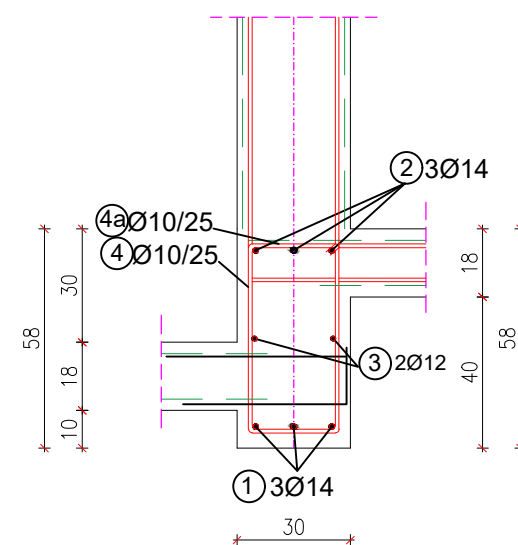
SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

DIPLOMSKI RAD	
TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
STUDENT:	Karmen Lagator
SADRŽAJ:	ARMATURA KROVNE PLOČE
DATUM:	rujan, 2024.
MJERILO:	1:100
BROJ PRILOGA:	11.27

Armatura grede G101 b/h = 30/58 cm

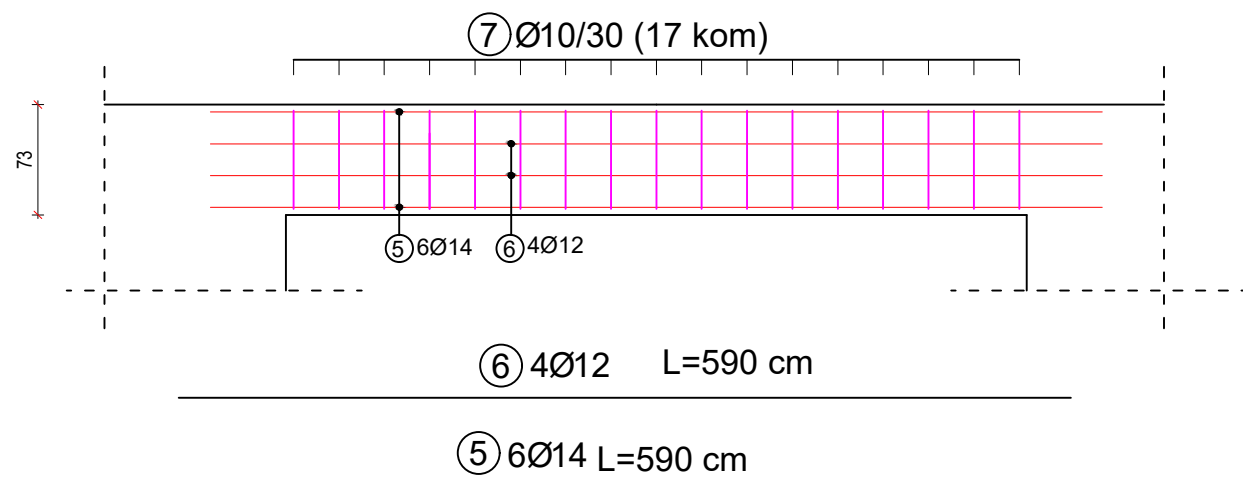


Presjek G101 M 1:20

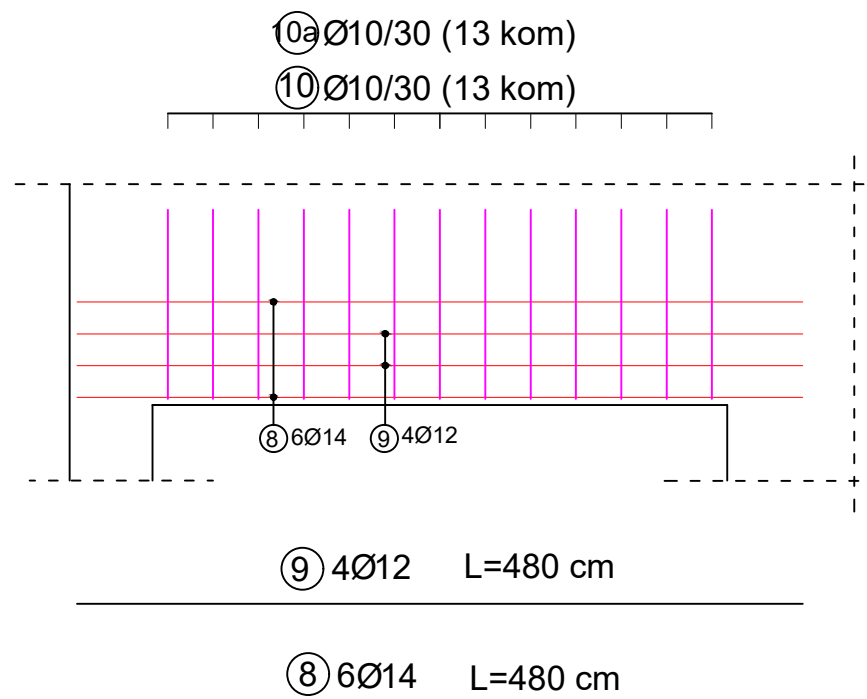


ARMATURA GREDA  
POZ 100  
M 1:50

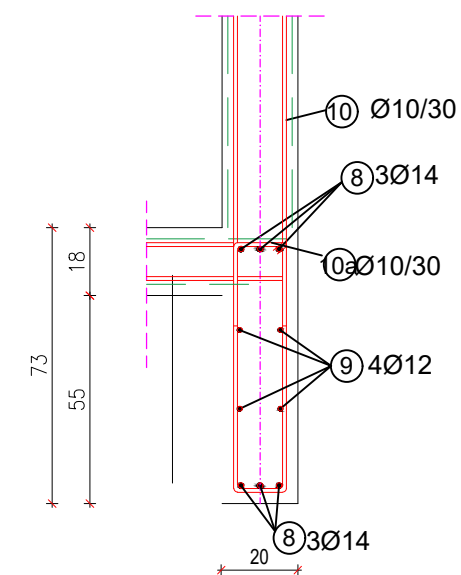
Armatura grede G102 b/h = 20/73 cm



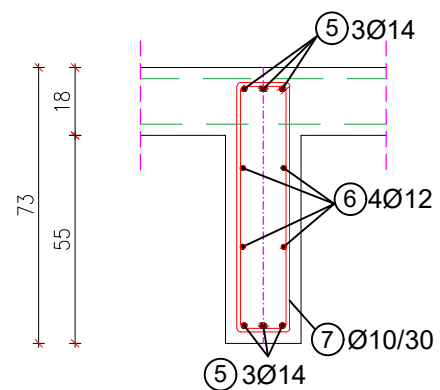
Armatura grede G103 b/h = 20/73 cm




Presjek G103 M 1:20

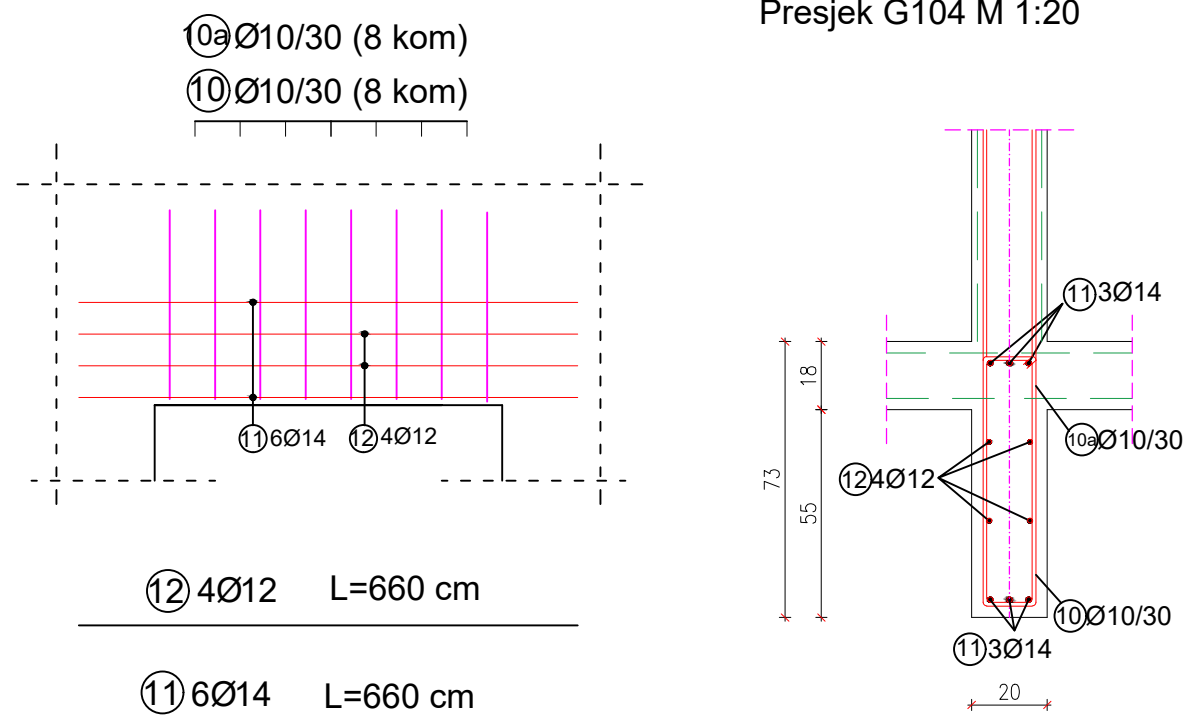


Presjek G102 M 1:20

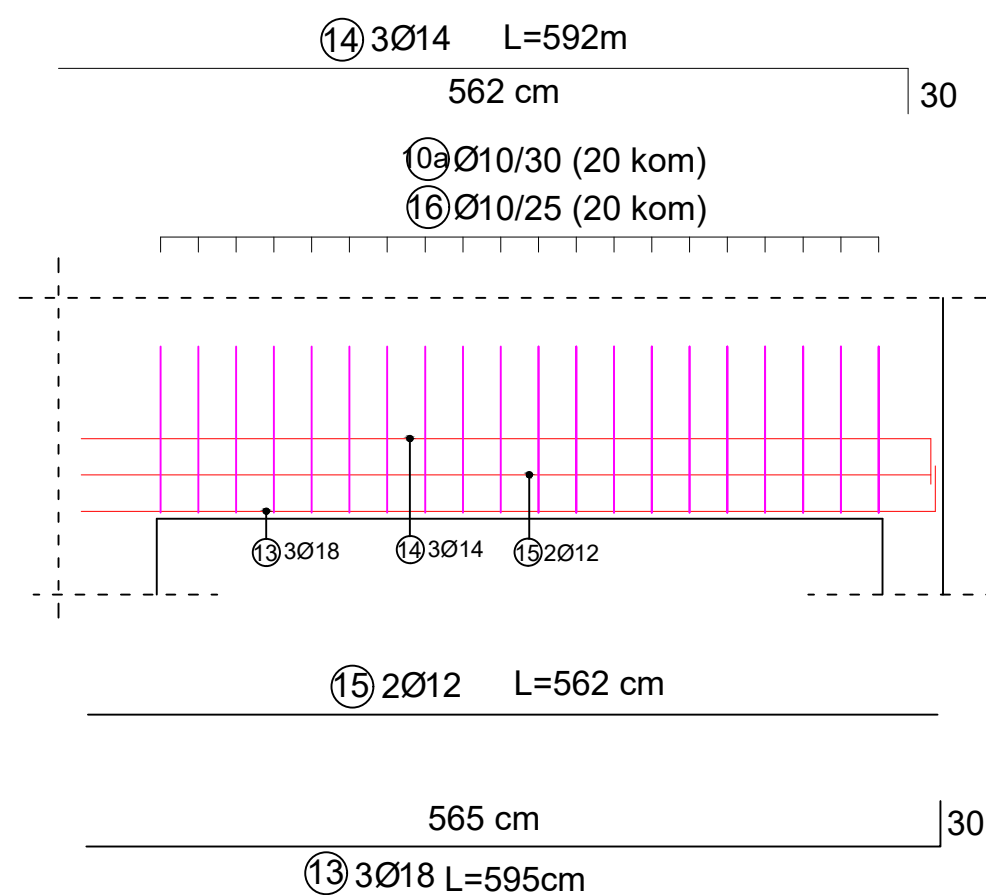


 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA GREDA - POZ 100
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:50 BROJ PRILOGA: 11.28

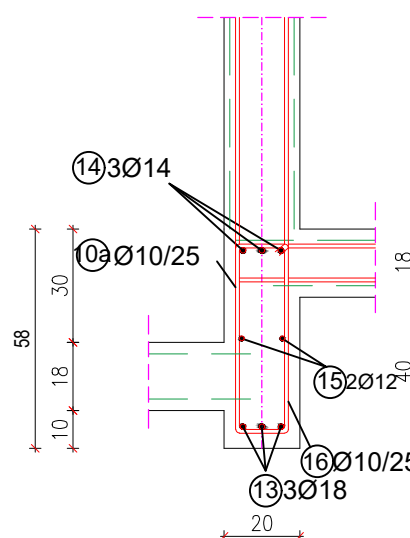
Armatura grede G104 b/h = 20/73 cm



Armatura grede G105 b/h = 20/58 cm



Presjek G105 M 1:20

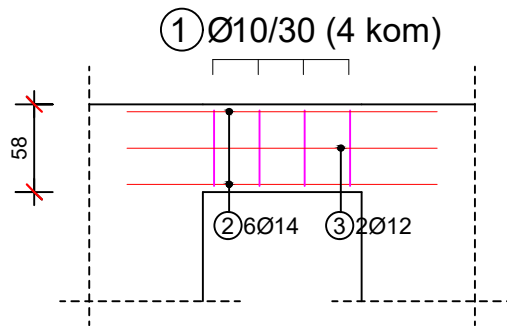


Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura greda						
1		14	890	3	1.208	32.25
2		14	884	3	1.208	32.04
3		12	824	2	0.888	14.63
4		10	254	33	0.617	51.72
4a		10	64	33	0.617	13.03
5		14	590	6	1.208	42.76
6		14	590	4	0.888	20.96
7		10	182	17	0.617	19.09
8		14	480	6	1.208	34.80
9		14	480	4	0.888	17.05
10		10	274	21	0.617	35.50
10a		10	54	41	0.617	13.66
11		14	660	6	1.208	47.84
12		14	660	4	0.888	23.44
13		18	595	3	2.00	35.7
14		14	592	3	1.208	21.45
15		12	562	2	0.888	9.98
16		10	244	20	0.617	30.11
Ukupno						496.01

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA GREDA - POZ 100
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:50 BROJ PRILOGA: 11.29

# ARMATURA GREDE POZ 500 M 1:50

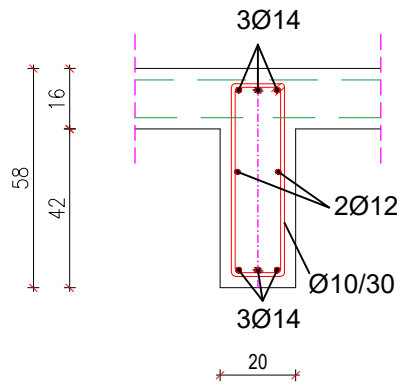
Armatura grede G501 b/h = 20/58 cm

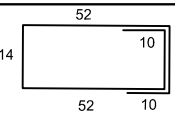


② 3Ø14 L=205 cm

③ 2Ø12 L=205 cm

Presjek G501 M 1:20



Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura grede 501						
1		10	152	4	0.617	3.75
2	205	14	205	6	1.208	14.86
3	205	12	205	2	0.888	3.64
Ukupno						22.25



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

DIPLOMSKI RAD

TEMA: Glavni projekt stambene zgrade u Splitu

STUDENT: Karmen Lagator

SADRŽAJ: ARMATURA GREDA - POZ 500

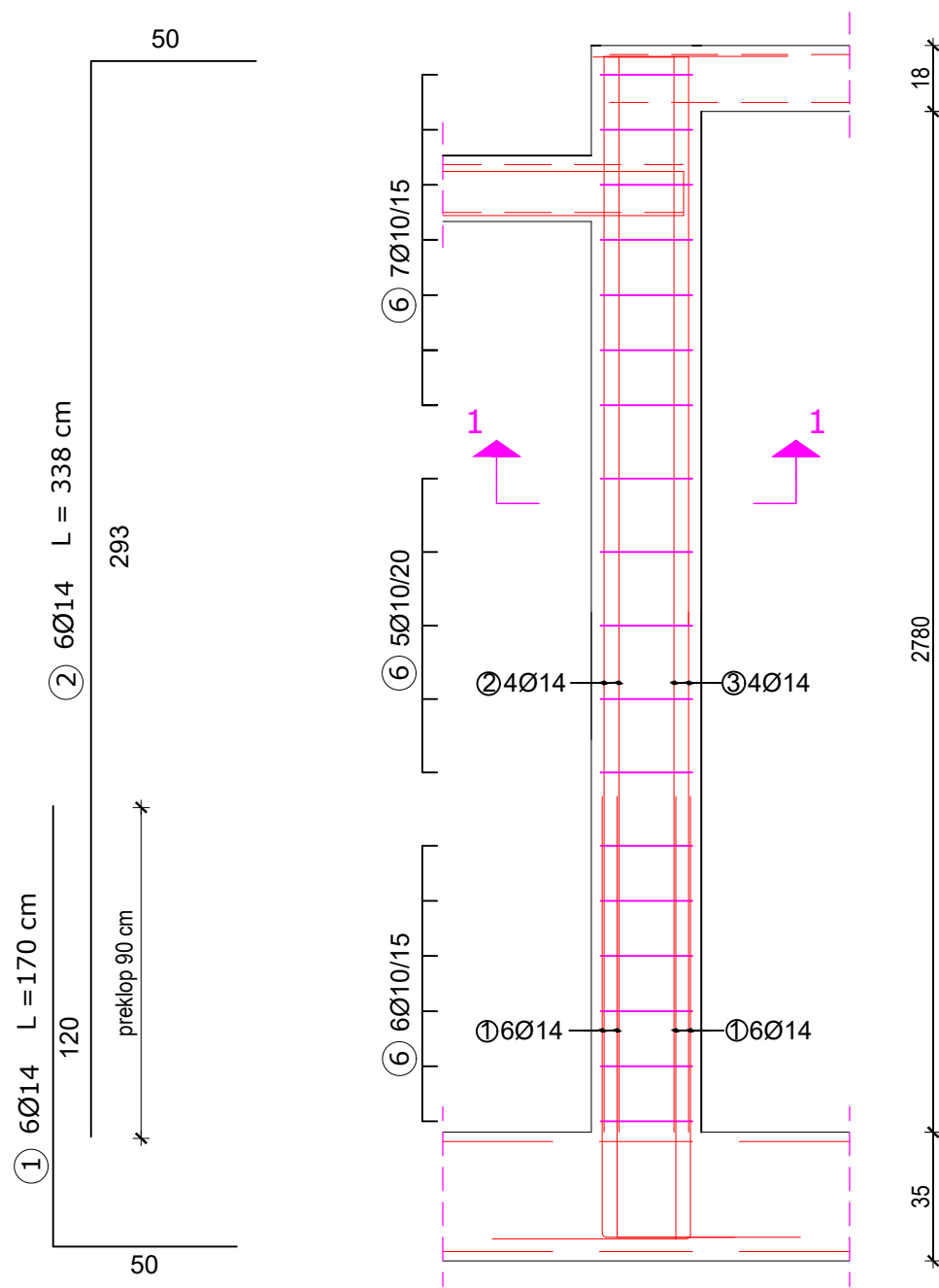
MJERILO: 1:50

BROJ PRILOGA:

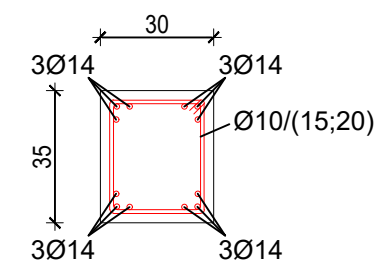
11.30

DATUM: rujan, 2024.

PRESJEK 2-2



PRESJEK 1-1

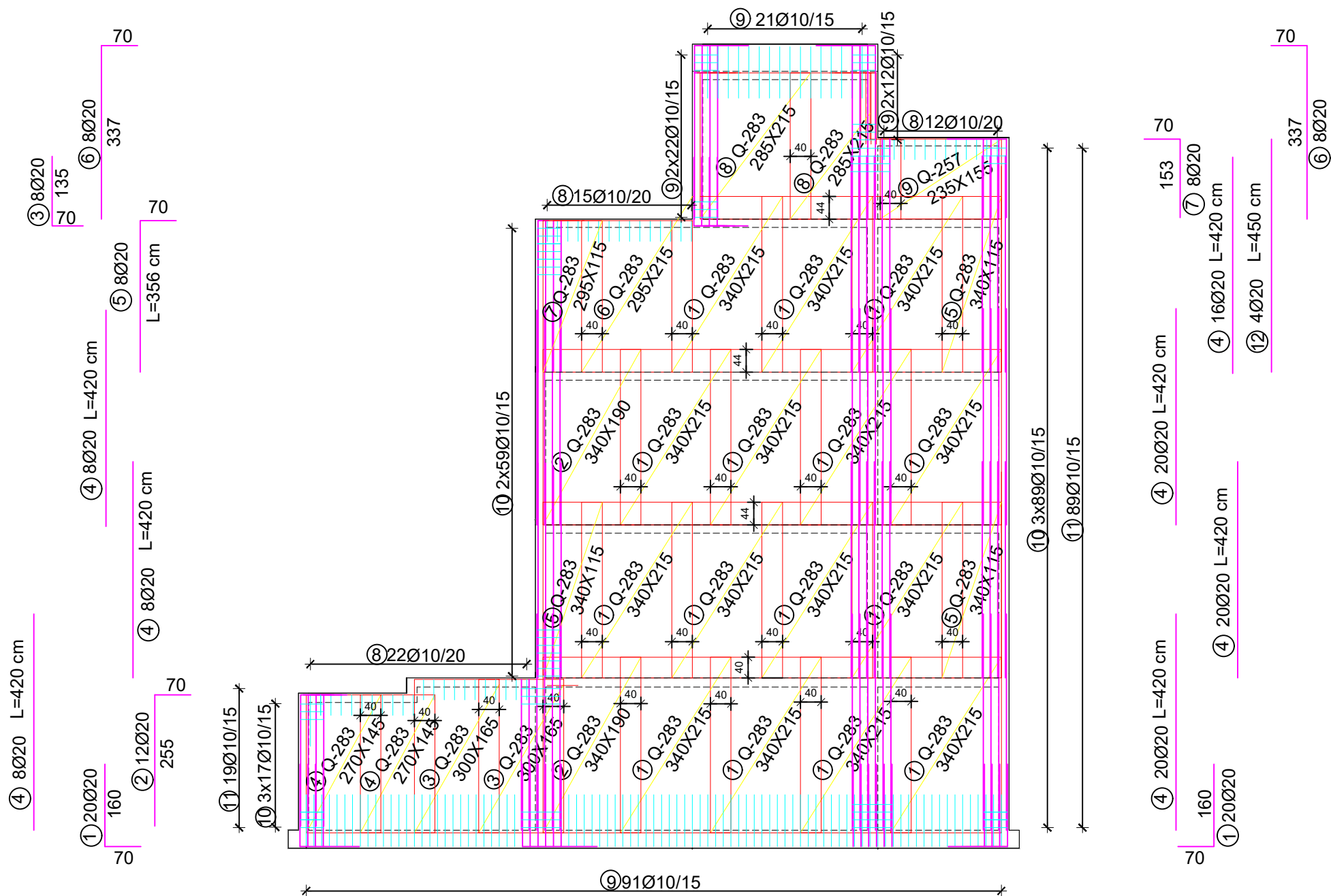


Šipke - specifikacija						
Pozicija	Ø	Dimenzije(cm)	Dužina(m)	Komada	Jedinična masa(kg/m)	Masa(kg)
1	14	50   120	1.7	12	1.208	24.64
2	14	50   293	3.43	6	1.208	24.86
3	14	293   22	3.15	6	1.208	22.83
6	10	30   25   30   25	1.26	18	0.617	14.00
Ukupna masa (kg) Σ						86.33

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA STUPA - POZ 000
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:20 BROJ PRILOGA: 11.31



# ARMATURA ZIDA M 1:100



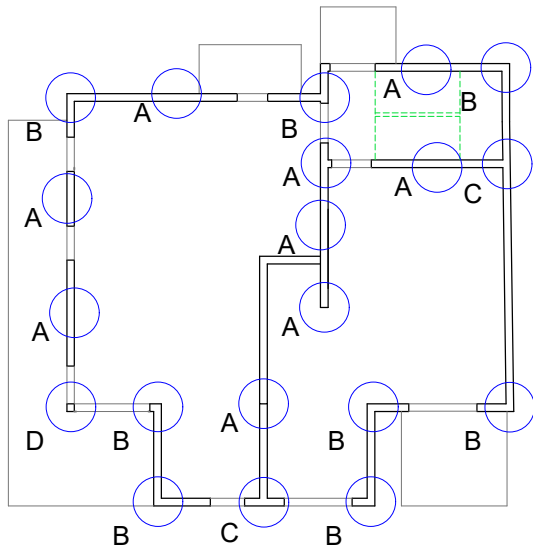
Šipke - specifikacija						
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura zida						
1		20	230	40	2.47	227.24
2		20	325	12	2.47	96.33
3		20	205	8	2.47	40.51
4		20	420	100	2.47	1037.4
5		20	426	8	2.47	84.18
6		20	407	16	2.47	160.85
7		20	223	8	2.47	44.06
8		10	94	49	0.617	28.42
9		10	214	112	0.617	147.88
10		10	136	436	0.617	365.86
11		10	196	108	0.617	130.61
12		20	450	4	2.47	44.46
Ukupno						2407.8

Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Armatura zida						
1	Q-283	215	340	15	4.48	491.23
2	Q-283	190	340	2	4.48	57.88
3	Q-283	165	300	2	4.48	44.35
4	Q-283	145	270	2	4.48	35.08
5	Q-283	115	340	3	4.48	52.55
6	Q-283	215	295	1	4.48	28.41
7	Q-283	115	295	1	4.48	15.20
8	Q-283	215	285	2	4.48	54.90
9	Q-283	155	235	1	4.48	16.32
Ukupno						795.92

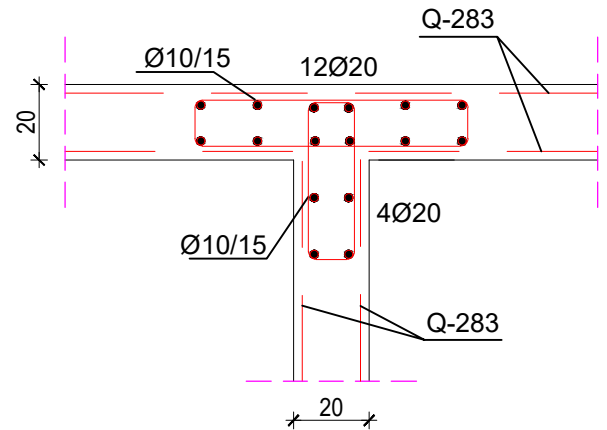
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA ZIDA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:100 BROJ PRILOGA: 11.32

# DETALJ SPOJEVA ZIDOVA

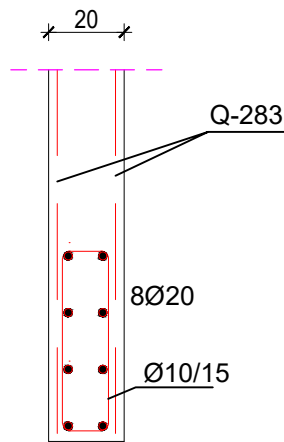
## M 1:20



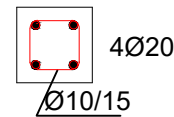
Detalj C



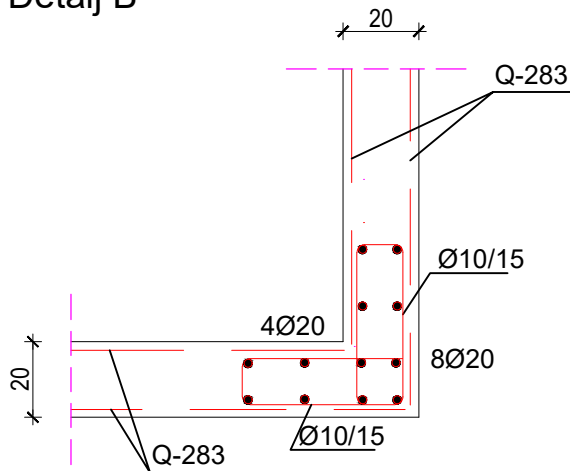
Detalj A



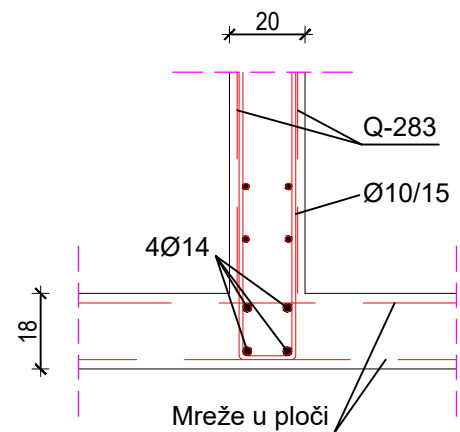
Detalj D



Detalj B



Detalj armiranja visokostijenog nosača



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

DIPLOMSKI RAD

TEMA: Glavni projekt stambene zgrade u Splitu

STUDENT: Karmen Lagator

SADRŽAJ: DETALJ SPOJEVA ZIDOVA

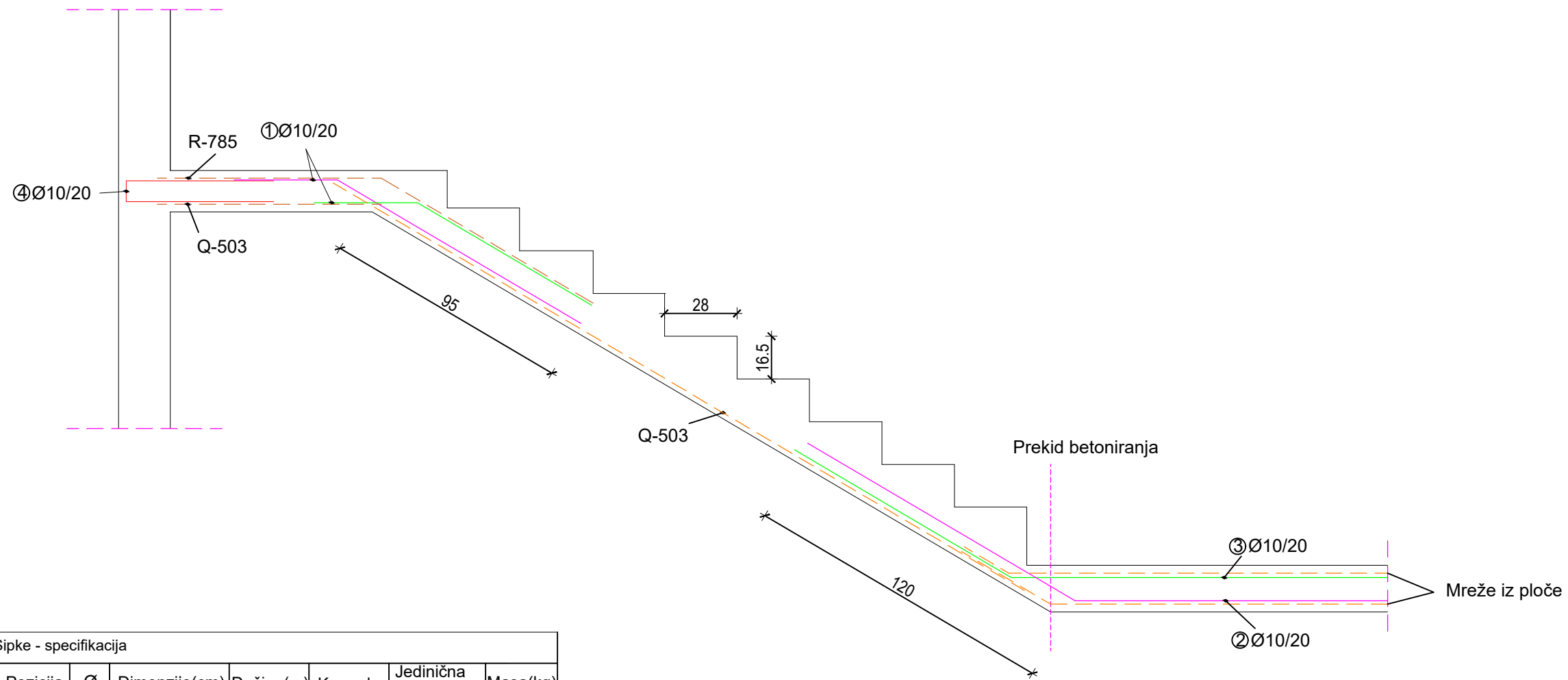
MJERILO: 1:20

BROJ PRILOGA:

11.33

DATUM: rujan, 2024.

# ARMATURA STUBIŠTA M 1:20



Šipke - specifikacija

Pozicija	Ø	Dimenzije(cm)	Dužina(m)	Komada	Jedinična masa(kg/m)	Masa(kg)
1	10		1.35	8	0.617	6.66
2	10		2.4	4	0.617	5.92
3	10		2.4	4	0.617	5.92
4	10		1.22	8	0.617	6.02
Ukupna masa (kg) Σ						24.52

Mreže - specifikacija

Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n [kom]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
<b>Armatura stubišta</b>						
1	Q-503	110	300	1	8.03	26.5
2	Q-503	210	90	1	8.03	15.18
2	Q-785	210	90	1	12.46	23.55
3	Q-785	110	120	1	12.46	16.45
Ukupno						81.68

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	DIPLOMSKI RAD	
	TEMA:	Glavni projekt stambene zgrade u Splitu
	STUDENT:	Karmen Lagator
	SADRŽAJ:	ARMATURA STUBIŠTA
DATUM:	rujan, 2024.	MJERILO: 1:20 BROJ PRILOGA: 11.34