

# Projekt konstrukcije stambene zgrade u Zagrebu

---

**Matas, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:408977>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Ivan Matas**

**Split, 2021.**

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

**Ivan Matas**

**Projekt konstrukcije stambene zgrade u Zagrebu**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: **Ivan Matas**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

**Tema: Projekt konstrukcije stambene zgrade u Zagrebu**

Opis zadatka: Armirano betonska zgrada ima 5 nadzemnih etaža s visinama 3,05 m i jednu podzemnu etažu visine 4,09 m. Nalazi se u zoni s osnovnom brzinom vjetra od 25 m/s i karakterističnim opterećenjem snijega od 1,25 kN/m<sup>2</sup>, te potresnoj zoni s mogućim ubrzanjem tla od 0,12 g. Temeljena je na tlu s dopuštenim naprezanjem od 0,24 MPa. Vertikalno promjenjivo (korisno) opterećenje iznosi 2,0 kN/m<sup>2</sup>. Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirano betonske ploče oslonjene na grede i zidove. Vertikalnu nosivu konstrukciju tvore obodni i unutarnji armiranobetonski zidovi te visokostjeni nosači. Potrebno je izraditi projekt konstrukcije zgrade (tehnički opis, glavni građevinski nacrti s planovima pozicija, proračun) i planove armature temeljne ploče, karakterističnog zida, karakterističnog okvira s gredom i stupovima, međukatne konstrukcije, te krovne ploče.

U Splitu, 26. ožujka 2021.

Voditelj diplomskog rada:

Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

# **Projekt konstrukcije stambene zgrade u Zagrebu**

## ***Sažetak:***

Zadatak ovog diplomskog rada je bio izraditi projekt konstrukcije stambene zgrade. Nosivu konstrukciju čini sustav greda, zidova i ploča izvedenih monolitno od armiranog betona. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

## ***Ključne riječi:***

Projekt konstrukcije, tehnički opis, numerički model, opterećenje, proračun, međukatna konstrukcija, zidovi, temeljna ploča, stubište, armatura

# **Construction project of residential building in Zagreb**

## ***Abstract:***

The task of this thesis was to make the construction project of building. Supporting structure makes the system of beams, walls and slabs performed monolithic in reinforced concrete. The project contains a technical description of the construction, calculation of load-bearing structural elements and specific building plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

Construction project, technical description, numerical model, load, calculation, floor slab, walls, foundation, staircase, reinforcement

## Sadržaj

<b>A.</b>	<b>TEHNIČKI DIO PROJEKTA .....</b>	<b>1</b>
1.	PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KAKVOĆE .....	2
1.1.	OPĆE NAPOMENE .....	2
1.2.	RADOVI KOJI PRETHODE IZVEDBI KONSTRUKCIJE.....	2
1.2.1.	ISKOLČENJE .....	2
1.2.2.	ZEMljANI RADOVI .....	2
1.2.3.	HIDROIZOLACIJE .....	2
1.3.	BETONSKI i ARMIRANO-BETONSKI RADOVI.....	3
1.3.1.	PLAN KONTROLE PROIZVODNJE BETONA .....	3
1.3.2.	PROIZVODNJA BETONA .....	6
1.3.3.	UGRADNJA BETONA .....	9
1.3.4.	KONTROLA PRIJE BETONIRANJA I NJEGOVANJE UGRAĐENOG BETONA .....	11
1.3.5.	ZAVRŠNA OCJENA KVALITETE BETONA U KONSTRUKCIJI .....	12
1.4.	OPLATA I SKELE .....	13
1.5.	ARMATURA I UGRADNJA ARMATURE .....	13
1.6.	ZIDARSKI RADOVI .....	14
1.7.	OSTALI RADOVI I MATERIJALI .....	16
1.8.	NADZOR.....	16
1.9.	MJERE U SLUČAJU NESUKLADNOSTI .....	16
1.10.	DODATNA ISPITIVANJA.....	16
2.	PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE.....	17
3.	UVJETI ZA ODRŽAVANJE GRAĐEVINE.....	18
4.	TEHNIČKI OPIS .....	19
<b>B.</b>	<b>PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>22</b>
<b>1.</b>	<b>ANALIZA OPTEREĆENJA I KOMBINACIJE DJELOVANJA .....</b>	<b>23</b>
1.1.	Stalna djelovanja (LC i LC2).....	24
1.2.	Korisno djelovanje (LC3).....	24
1.3.	Opterećenje snijegom (LC4) .....	25
1.4.	Potresno djelovanje za smjer x i y (LC5, LC6, LC7, LC8) .....	25
1.5.	Opterećenje podrumskih zidova (LC9, LC10, LC11) .....	25
1.6.	Opterećenje vjetrom .....	26
1.7.	Unutrašnje stubište .....	28
1.8.	Kombinacije djelovanja .....	28
<b>2.</b>	<b>POTRESNA ANALIZA I PRORAČUN LINEARNE STABILNOSTI .....</b>	<b>29</b>

2.1.	Potresno djelovanje .....	30
2.1.1.	Odabir ulaznih parametara .....	30
2.1.2.	Modalna analiza .....	37
2.1.3.	Prikaz rezultata potresnog djelovanja .....	39
2.1.4.	Pomaci konstrukcije .....	44
2.2.	Kontrola linearne stabilnosti .....	47
<b>3.</b>	<b>PRORAČUN MEĐUKATNIH PLOČA .....</b>	<b>48</b>
3.1.	Pozicija 700-Krovna ploča.....	49
3.1.1.	Prikaz opterećenja.....	49
3.1.2.	Rezultati proračuna .....	50
3.1.3.	Dimenzioniranje .....	54
3.2.	Pozicija 600,500,400,300,200 – međukatne ploče .....	56
3.2.1.	Prikaz opterećenja.....	56
3.2.2.	Rezultati proračuna .....	57
3.2.3.	Dimenzioniranje .....	60
3.3.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti .....	62
3.3.1.	Kontrola pukotina.....	62
3.3.2.	Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba).....	64
<b>4.</b>	<b>PRORAČUN AB GREDA .....</b>	<b>66</b>
4.1.	Plan pozicija .....	67
4.2.	Dimenzioniranje grede G701 .....	69
4.2.1.	Dimenzioniranje .....	71
4.3.	Dimenzioniranje greda G 401,G 501,G 601 .....	74
4.3.1.	Dimenzioniranje .....	76
4.4.	Dimenzioniranje grede POZ 301: .....	79
4.4.1.	Dimenzioniranje .....	81
4.5.	Dimenzioniranje grede POZ 201: .....	84
4.5.1.	Dimenzioniranje .....	86
4.6.	Tablica dimenzioniranja greda.....	89
4.7.	KONTROLA GRANIČNOG STANJA UPORABLJIVOSTI.....	90
4.7.1.	Kontrola pukotina.....	90
4.7.2.	Kontrola progiba.....	92
<b>5.</b>	<b>PRORAČUN AB ZIDOVA .....</b>	<b>94</b>
5.1.	Plan pozicija .....	95
5.2.	Dimenzioniranje AB zidovi.....	96
5.2.1.	Zid Zx1 u osi 1.....	96

5.2.2.	Zid Zy1 u osi G .....	101
<b>6.</b>	<b>DIMENZIONIRANJE VISOKOSTIJIENOG NOSAČA.....</b>	<b>105</b>
6.1.	Opterećenja .....	107
6.2.	Dimenzioniranje.....	108
<b>7.</b>	<b>PRORAČUN STUBIŠTA.....</b>	<b>110</b>
7.1.	Dimenzioniranje stubišta.....	111
7.1.1.	Rezultati proračuna .....	111
7.1.2.	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	111
<b>8.</b>	<b>PRORAČUN TEMELJA.....</b>	<b>112</b>
8.1.	Uvod.....	113
8.2.	Provjera kontaktnih naprezanja.....	114
8.3.	Provjera pomaka .....	115
8.4.	Dimenzioniranje temeljne ploče.....	117
<b>9.</b>	<b>RAMPA.....</b>	<b>119</b>
9.1.	Uvod .....	120
9.2.	Analiza opterećenja.....	122
9.3.	Kombinacije djelovanja .....	122
9.4.	Dimenzioniranje.....	123
<b>10.</b>	<b>GRAFIČKI PRILOZI.....</b>	<b>127</b>
10.1.	Plan pozicija-Tlocrt temelja .....	128
10.2.	Plan pozicija-Tlocrt podruma .....	129
10.3.	Plan pozicija-Tlocrt prizemlja .....	130
10.4.	Plan pozicija- Tlocrt 1. kata .....	131
10.5.	Plan pozicija-Tlocrt 2. kata .....	132
10.6.	Plan pozicija-Tlocrt 3. kata.....	133
10.7.	Plan pozicija-Tlocrt uvučene etaže.....	134
10.8.	Poprečni presjek 2-2.....	135
10.9.	Pogled sjever.....	136
10.10.	Pogled jug .....	137
10.11.	Pogled istok.....	138
10.12.	Pogled zapad.....	139
<b>11.</b>	<b>ARMATURNI NACRTI .....</b>	<b>140</b>
11.1.	Armaturni nacrt međukatne ploče pozicija 700, donja zona.....	140
11.2.	Armaturni nacrt međukatne ploče pozicija 700, gornja zona .....	141
11.3.	Armaturni nacrt krovne ploče pozicija 600, donja zona .....	142
11.4.	Armaturni nacrt krovne ploče pozicija 600, gornja zona .....	143



11.5.	Armaturni nacrt grede G701.....	144
11.6.	Armaturni nacrt zida u osi 1.....	145
11.7.	Armaturni nacrt visokostijenog nosača(tip 2).....	146
11.8.	Armaturni nacrt temeljne ploče pozicija 100-donja zona .....	147
11.9.	Armaturni nacrt temeljne ploče pozicija 100-gornja zona .....	148
<b>12.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>149</b>

## **A. TEHNIČKI DIO PROJEKTA**

## 1. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KAKVOĆE

### 1.1. OPĆE NAPOMENE

Predmetni projekt je izrađen sukladno Zakonu o gradnji –u daljnjem tekstu Zakon kojim su propisana tehnička svojstva bitna za građevinu te ostalim Zakonima i Propisima, i normama na koji se oni odnose, pobrojanim u prethodnom poglavlju. Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma obvezna je primjena odgovarajućih EN normi (europska norma). Ako se u međuvremenu neka norma ili propis stavi van snage, važit će zamjenjujuća norma ili propis.

Ovi tehnički uvjeti i program kontrole kvaliteta (u daljnjem tekstu Tehnički uvjeti), izrađeni prema odredbama Zakona, sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, tehnologiju izvođenja, 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 građevina.

#### ***Kontrolna ispitivanja***

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

### 1.2. RADOVI KOJI PRETHODE IZVEDBI KONSTRUKCIJE

#### 1.2.1. ISKOLČENJE

Od faze iskolčenja građevine, preko svih faza izgradnje, do završetka građevine, nužan je stalni geodetski nadzor. Tijekom građenja vršiti:

- stalnu kontrolu iskolčenja i druge geometrije svih elemenata
- kontrolu osiguranja svih točaka
- kontrolu repera i poligonih točaka

#### 1.2.2. ZEMLJANI RADOVI

Prije početka gradnje zemljište se mora očistiti od raslinja, smeća i otpadaka. To se isto odnosi na dio zemljišta na kojem je bila prethodno konstrukcija, a srušena je kako bi sad na istom mjestu gradila nova. Tlo na mjestu građenja potrebno je isplanirati i iskolčiti. Prilikom iskopa izvođač je dužan obavijestiti geomehaničara koji mora izvršiti kontrolu svojstava tla i napraviti kontrolu statičkog proračuna. Potrebno je napraviti i kontrolu geometrije i kvalitete gradiva postojeće temeljne konstrukcije. Ako se ustvrdi da geometrija odstupa od pretpostavki potrebno je napraviti dodatnu kontrolu statičkog proračuna. Sve iskope potrebno je izvesti po projektu s bočnim odsijecanjem i zaštitom bočnih strana kako ne bi došlo do urušavanja zemljišta prilikom njihova betoniranja. Sve radove, kontrolu i potvrdu parametara izvođač, geomehaničar i nadzorni inženjer su dužni upisati u građevinski dnevnik. Kod zatrpavanja i nasipanja prostora oko temelja do nivoa tla potrebno je nasipavati i nabijati u slojevima po 30 cm. Zasipavanje oko izvedenih temelja izvesti nakon izrade i zaštite hidroizolacije, i to u slojevima s potrebnim zbijanjem kako ne bi došlo do naknadnog slijeganja nasutog tla.

Na kraju je potrebno obaviti planiranje zemljišta, zatrpavanje svih jama i uklanjanje svega nepotrebnog s gradilišta.

#### 1.2.3. HIDROIZOLACIJE

Hidroizolaciju građevine izvesti u skladu s projektom te uputama proizvođača hidroizolacije. Provjeravati vrste i ateste po šaržama ljepenke i spojnog materijala u odnosu na projekt. Prije polaganja hidroizolacije provjeriti hrapavost podloge. U toku radova rukovoditelj treba propisati i

provesti potrebne mjere zaštite kako ne bi došlo do oštećenja izvedene hidroizolacije, a naročito pažljivo izvoditi zaštitu hidroizolacije betonom.

### 1.3. BETONSKI I ARMIRANO-BETONSKI RADOVI

Ovim tehničkim uvjetima dani su kriteriji kvaliteta i ispitivanje osnovnih materijala, tehnološki uvjeti i kontrola izvedbe armirano-betonskih radova te prethodna i kontrolna ispitivanja svježeg i očvrsllog betona, u svemu prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije – u daljnjem tekstu Propis (NN 139/09). Građevni proizvodi na koje se primjenjuje ovaj Propis jesu cement, agregat, dodatak betonu, dodatak mortu za injektiranje natega, voda, beton, čelik za armiranje, čelik za prednapinjanje, armatura, predgotovljeni betonski element, proizvod za zaštitu i popravak betonske konstrukcije, i drugi građevni proizvodi za koje su propisani zahtjevi priložima ovoga Propisa radi ugradnje zajedno sa spomenutim proizvodima. Kontrolna ispitivanja koja organizira i provodi izvođač, obuhvaćaju prije svega ispitivanje osnovnih materijala, svježeg, stvrdnjavajućeg i čvrstog betona, što sve kontrolira nadzorni inženjer. Ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine i dijela bitnog zahtjeva zaštite od požara, koji se odnosi na čuvanje nosivosti betonske konstrukcije u slučaju požara tijekom određenog vremena utvrđenog posebnim propisom, postiže se betonskom konstrukcijom koja ima tehnička svojstva i ispunjava zahtjeve propisane ovim Propisom. Svi tehnički propisi i norme koji se odnose na spomenute materijale te projektiranje i ugradnju materijala u konstrukcije nalaze se u Propisu.

Proizvođač betona je odgovoran za proizvodnju i transport, a izvođač radova za ugradnju, zbijanje i njegu svježeg betona.

Kontrola kvalitete betona isporučenog gradilištu obaveza je izvođača radova. Na gradilištu je potrebno provoditi kontrolu svježeg i očvrsllog betona prema prilogu J TPBK-a.

Ispitivanje identičnosti tlačne čvrstoće provodi se prema dodatku B norme HRN EN 206-1, točka B.3.1. za beton certificirane kontrole proizvodnje.

Kontrola kvalitete svježeg i očvrsllog betona na gradilištu provodi se u skladu s uvjetima projekta konstrukcije (svojstva očvrsllog betona ) i uvjetima izvođača radova (svojstva svježeg betona ).

Učestalost uzimanja uzoraka betona za ispitivanje identičnosti tlačnih čvrstoća određuje se prema važnosti armirano betonske konstrukcije .

Izveštaj o postignutoj kvaliteti ugrađenog betona izradit će zadužena i ovlaštena osoba s kojom izvođač ima ugovor za obavljanje tog posla.

#### 1.3.1. PLAN KONTROLE PROIZVODNJE BETONA

Kontrola proizvodnje obuhvaća:

1. Prethodna ispitivanja ( početna ispitivanja tipa, prema normi HRN EN 206-1, dodatak A )
2. Ispitivanje proizvodne sposobnosti betonare
3. Ispitivanje osnovnih komponenti betona
4. Ispitivanje svježeg betona
5. Ispitivanje očvrsllog betona ( točka 8.0. norme HRN EN 206-1:2006 )
  - 5.1 Minimalni broj uzoraka za prihvaćanje sukladnosti betona ( tablica 13, točka 8.2.1.2. norme HRN EN 206-1:2006 ), za početnu i neprekidnu proizvodnju betona
  - 5.2 Kriterij sukladnosti tlačne čvrstoće ( tablica 14, točka 8.2.1.3. norme HRN EN 206 - 1:2006 )

##### 1. Prethodna ispitivanja

Sastav betona definirani su prema ranije izvedenim prethodnim ispitivanjima i početnim ispitivanjima tipa, prema normi HRN EN 206 -1, dodatak A. Dokazi postignutih razreda tlačnih čvrstoća betona po periodima proizvodnje (mjesečni ), izvještaji o prethodnim ispitivanjima betona i izvještaji o početnim ispitivanjima tipa nalaze se u dokumentaciji betonare i laboratorija

## 2. Ispitivanje proizvodne sposobnosti betonare

Proizvodna sposobnost betonare ispituje se prema normi HRN U.M1.050 i ASTM C 94-86a, a rezultati ispitivanja sastavni su dio dokumentacije betonare.

## 3. Ispitivanje osnovnih komponenti betona

Vrši za to ovlaštena osoba pri betonari. Vrši kontrolu osnovnih komponenti za proizvodnju betona. Kontrola se sastoji od vizualnog pregleda svake dopremljene pošiljke, kako bi se utvrdio da li je kvaliteta u skladu s proizvođačevom specifikacijom iz popratne dokumentacije. Potvrde o tvorničkoj kontroli proizvodnji i Izjave o sukladnosti proizvođača cementa, agregata i aditiva nalaze se u dokumentaciji laboratorija i betonare.

## 4. Ispitivanje svježeg betona

Provodi se u laboratoriju betonare prema normi niza HRN EN 12350 -1,2,3,6, i 7

Ispitivanje KONZISTENCIJE vrši se stalno i to pri betonari. Ispitivanje mjerenjem vrši se u laboratoriju betonare i to na početku rada, kod uzimanja kontrolnih uzoraka i/ili minimalno jednom u smjeni.

Ispitivanje TEMPERATURE ( vanjske ) se provodi periodično ovisno o vremenskim prilikama.

Ispitivanje GUSTOĆE se vrši dnevno u laboratoriju betonare.

Ispitivanje SADRŽAJA VODE se provodi za svaku mješavinu i to pri betonari.

Dolaskom auto mješalice na gradilište potrebno je provjeriti:

- sve podatke s otpremnice betona ( odgovara li isporučeni beton specificiranom u narudžbi )
- je li došlo do promjene svojstva svježeg betona u transportu koje bi mogle utjecati na kvalitetu ugradnje i svojstva očvrstlog betona ( izvršiti vizualni pregled, mjerenje konzistencije i temp. svježeg betona kod betoniranja u posebnim uvjetima – temperatura zraka ispod 5°C i iznad 30°C).
- provjeriti da temp samog svježeg betona ne bude iznad 30°C te ne manje od 5°C
- izmjeriti konzistenciju na početku betonaze i kod uzimanja uzoraka ( istim postupkom kao u tvornici betona, u skladu s normom HRN EN 12350 -2 )

Zadužena stručna osoba Izvođača obavljati će kontrolu dopremljenog betona i po potrebi, prema uputama proizvođača, korigirati konzistenciju betona. Konzistencija mora omogućiti kvalitetnu ugradnju u elemente konstrukcije i zbijanje za to predviđenim sredstvima.

Svježem betonu NE SMIJE se naknadno dodavati voda. Konzistencija se ( nakon slump testa ) može korigirati jedino dodavanjem superplastifikatora u auto mješalicu, pod stručnim nadzorom odgovorne osobe izvođača radova.

## 5. Ispitivanje očvrstlog betona

U toku proizvodnje betona obavezno je uzimanje kontrolnih uzoraka svakog tipa betona u skladu s normom HRN EN 206-1:2006. Na uzorcima očvrstlog betona ispituje se tlačna čvrstoća i zahtjevana posebna svojstva betona, ako su određena projektom konstrukcije ili programom kontrole.

Rezultati ispitivanja tlačnih čvrstoća očvrstlog betona obrađuju se u okviru tekuće kontrole za dokaz o postignutim razredima tlačnih čvrstoća projektiranog betona. Ocjena tlačne čvrstoće projektiranog betona daje se u skladu s normom HRN EN 206-1, točka 8.2.1, gdje se proizvodnja betona ocjenjuje kao početna, odnosno neprekidna nakon što se ispita više od 35 uzoraka svakog sastava betona. Ocjena se daje prema kriterijima sukladnosti tlačne čvrstoće iz tablice 14 norme HRN EN 206-1, na grupama od 3 uzastopna rezultata ispitivanja koja se ne preklapaju.

Minimalna, propisana učestalost izorkovanja betona je:

Tablica 13 norme HRN EN 206-1		Minimalna učestalost uzorkovanja	
Proizvodnja	Prvih 50 m <sup>3</sup> proizvodnje	Nakon prvih 50 m <sup>3</sup> proizvodnje	
		Beton sa certificiranom kontrolom proizvodnje	Beton bez certificirane kontrole proizvodnje
Početna ( dok se ne dobije najmanje 35 rezultata )	3 uzorka	1 na 200 m <sup>3</sup> ili 2 na proizvodni tjedan	1 na 150 m <sup>2</sup>
Neprekidna ( kad se dobije najmanje 35 rezultata )		1 na 400 m <sup>3</sup> ili 1 na proizvodni tjedan	

Slika 1.1.Tablica norme HR EN 206-1

Osim uzorkovanja definiranih Tablicom potrebno je izvršiti i dodatno uzorkovanje betona ugrađenog na gradilištu i to po sljedećem ključu:

- pri ugradnji betona temeljnih elemenata minimalno dodatno po jedan uzorak na svakih 75 m<sup>3</sup> betona iste kvalitete ili minimalno dodatno jedan uzorak dnevno ( u razdoblju kad se vrši betoniranje temelja).
- pri ugradnji betona zidova jezgri minimalno dodatno po jedan uzorak na svakih 50 m<sup>3</sup> betona iste kvalitete ili minimalno jedan uzorak dnevno ( u razdoblju kad se vrši betoniranje zidova jezgre )

Uzorkovanje treba biti raspoređeno kroz svu proizvodnju i ne treba biti veće od 1 uzorka na svakih 25 m<sup>3</sup>.

Uzorke betona treba uzimati i ugrađivati iz različitih mješavina ili auto dizalica.

Uzorci su dimenzija 150/150/150 mm, uzimaju se u promatranom razdoblju, te ugrađuju i njeguju u skladu sa normom HRN EN 12390-1,2.

Tlačna čvrstoća se ispituje prema normi HRN EN 12390-3 pri starosti uzorka od 28 dana.

Uzorak se ugrađuje u kalup u tri sloja i svaki sloj se zbija šipkom. Uzorak betona se drži u kalupu 24 h na temperaturi cca 20°C, a slobodnu površinu potrebno je pokriti vlažnom jutenom vrećom. Nakon što se kocka izvadi iz kalupa njeguje se do prijevoza u laboratorij u bazenu s vodom.

Razred slijeganja svih betona je S4. Na izvedbenim crtežima specificirano je maksimalno zrno agregata. Ukoliko nije vrijedi 7 do 32 mm.

Kod tvorničke proizvodnje prefabriciranih betonskih elemenata u kontroliranim uvjetima zaštitni sloj se može umanjiti za do 5 mm.

Sve eventualne korekcije moraju biti pravovremeno predložene naručitelju i izvođaču radova na gradilištu, nadzornom inženjeru i projektantu.

Navedeni sastavi betonira definirani su za betone koji će se ugrađivati auto pumpom, direktnim istovarom iz ato mješalice ili pomoću toranjske dizalice s posudom za prihvatanje betona. Vrijedi za dobavljene betone i ugrađene na samom gradilištu te isto za betone dobavljene i ugrađene u tvornici armirano betonskih prefabrikata.

Izvođač prefabrikata dostavlja svu potrebnu specificiranu dokumentaciju Glavnom Izvođaču odnosno Nadzornom inženjeru na gradilište.

Razredi konzistencije svježeg betona definirani su točkom 4.2.1. norme HRN EN 206-1.

S4 – slijeganje 160-210 mm

### 1.3.2. PROIZVODNJA BETONA

Proizvođač betona obavezan je isporučiti beton odgovarajućih reoloških svojstava, homogen i ugradljiv, bez segregacije zrna i izdvajanja vode. To znači da u toku proizvodnje betona mora odrediti optimalno vrijeme miješanja.

Kod utovara betona u auto mješalicu ne smije dolaziti ni do kakve segregacije. Dopuštena visina slobodnog pada ovisna je o sastavu betona, a proizvođač je mora odrediti za svaki slučaj posebno.

**Sastavni materijali betona** koji se upotrebljavaju za proizvodnju ne smiju sadržavati štetne primjese u količinama koje mogu biti opasne po svojstva trajnosti betona ili uzrokovati koroziju armature. Moraju biti pogodni za namjeravano korištenje betona. Svi sastavni materijali moraju imati odgovarajuću ispravu o sukladnosti.

#### **Cement**

Za izradu betona mogu se rabiti cementi propisani Propisom, prilog C i normom HRN EN 197, koja uvjetuje sastav, svojstva i kriterije sukladnosti običnog cementa. Smiju se rabiti samo oni cementi koji imaju potvrdu sukladnosti s uvjetima odgovarajuće važeće norme, izdane po ovlaštenoj hrvatskoj instituciji. Preporuka je cement tipa CEM II, razreda tlačne čvrstoće 42,5 ili veće.

### **Agregat**

Za izradu betona može se upotrebljavati obični i teški agregat propisani Propisom, prilog D i normom HRN EN 12620; i lagani agregat propisan normom HRN EN 13055. Smije se rabiti samo agregat koji ima potvrdu sukladnosti s uvjetima navedenih normi, koju izdaje ovlaštena hrvatska institucija. Za sve vrijeme izvođenja betonskih radova u prostor za uskladištenje pojedinih frakcija agregata smiju se uskladištiti samo vrste agregata odabrane prema projektiranom sastavu betonske mješavine.

Ispitivanje vlažnosti frakcije može raditi laboratorij betonare (izvodi se svakodnevno), dok ispitivanje granulometrijskog sastava, procjena sitnih čestica i upijanja vode može raditi akreditirani laboratorij (izvodi se u slučaju sumnje).

### **Kemijski i mineralni dodaci betonu**

Dodaci betonu i mortu za injektiranje natega mogu se upotrebljavati prema Propisom te normama za kemijske i mineralne dodatke.

Mogu se rabiti kemijski dodaci koji zadovoljavaju uvjete norme HRN EN 934. Smiju se rabiti samo oni *kemijski dodaci* koji imaju potvrdu sukladnosti s uvjetima navedene norme koju je izdala ovlaštena hrvatska institucija.

Prema HRN EN 206-1, primjenjuju se *mineralni dodaci* tip I i tip II. Mineralni dodaci tipa I moraju zadovoljavati norme EN 12620 (za filere) i HRN EN 12878 (za pigmente). Mineralni dodaci tipa II moraju zadovoljavati norme HRN EN 450 (za lebdeći pepeo) i HRN EN 13263 (za silikatnu prašinu). Ostali mineralni i kemijski dodaci koji nisu uvjetovani navedenom normom mogu se rabiti samo uz odgovarajuće tehničko dopuštenje nadležnog ministarstva ili institucije koju to ministarstvo ovlasti. Vrsta i dinamika kontrola, odnosno ispitivanja sastavnih materijala mora biti u skladu s tablicom br. 22 norme HRN EN 206-1.

### **Voda**

Voda za spravljanje betona treba zadovoljavati uvjete Propisa, prilog F i norme HRN EN-1008. Pouzdano pitka voda (iz gradskih vodovoda) može se rabiti bez potrebe prethodne provjere uporabljivosti. Vodu koja se ne koristi za piće, a koristi se za izradu betona na osnovi provedenih ispitivanja, treba kontrolirati.

### **Razred tlačne čvrstoće betona**

U glavnom projektu konstrukcije je specificiran razred tlačne čvrstoće (klasa betona C) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1.

Razredi tlačne čvrstoće	Najmanja karakteristična čvrstoća valjka, $f_{ck, valj}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Najmanja karakteristična čvrstoća kocke, $f_{ck, koc}$ (N/mm <sup>2</sup> )
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Slika 1.2. Razredi tlačne čvrstoće



**Kontrolna ispitivanja betona**

Izvođač mora prema normi HRN EN 13670-1 prije početka ugradnje provjeriti je li beton u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije te je li tijekom transporta betona došlo do promjene njegovih svojstava koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670-1 i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima projekta betonske konstrukcije, ali ne manje od jednog uzorka za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača. Uzorci se kontroliraju na tlačnu čvrstoću pri starosti od 28 dana; u posebnim uvjetima pri manjoj ili većoj starosti.

Za slučaj nepotvrđivanja zahtijevanog razreda tlačne čvrstoće betona treba na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanog razreda tlačne čvrstoće provesti naknadno ispitivanje tlačne čvrstoće betona u konstrukciji prema HRN EN 12504-1 i ocjenu sukladnosti prema prEN 13791 te obavijestiti sudionike u projektu.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

**Razred izloženosti i zaštitni sloj betonskih elemenata i konstrukcija**

Ovisno o vanjskim utjecajima definirani su razredi izloženosti elemenata konstrukcije koje je potrebno poštovati prilikom izvedbe konstrukcije i ugradnje armature jer se iz tih uvjeta direktno određuje zaštitni sloj armature.

Razred	Opis okoliša	Informativni primjeri moguće pojave razreda izloženosti
<b>1 Nema rizika korozije</b>		
X0	Bez rizika djelovanja	Elementi bez armature u neagresivnom okolišu (npr. nearmirani temelji koji nisu izloženi smrzavanju i odmrzavanju, nearmirani unutarnji elementi) Za beton s armaturom ili ugrađenim metalom: vrlo suho.
<b>2 Korozija uzrokovana karbonatizacijom<sup>a</sup></b>		
Kada je beton s armaturom ili drugim ugrađenim metalom izložen zraku i vlazi, izloženost treba svrstati u razrede kako slijedi:		
XC1	Suho ili trajno vlažno	Elementi u prostorijama obične vlažnosti zraka (uključujući kuhinje, kupaoane, praonice rublja u stambenim zgradama); elementi stalno uronjeni u vodu
XC2	Vlažno, rijetko suho	Dijelovi spremnika za vodu; dijelovi temelja
XC3	Umjerena vlažnost	Dijelovi do kojih vanjski zrak ima stalni ili povremeni pristup (npr. zgrade otvorenih oblika, tipa -šed); prostorije s atmosferom visoke vlažnosti (npr. javne kuhinje, kupališta, praonice, vlažni prostori zatvorenih bazena za kupanje, ...)
XC4	Cikličko vlažno i suho	Vanjski betonski elementi izravno izloženi kiši; elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
<b>3 Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora</b>		
Kada je beton, koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni materijal, u dodiru s vodom koja sadrži kloride, uključujući soli za odmrzavanje, koji nisu iz mora, razrede izloženosti treba svrstati kako slijedi:		
XD1	Umjerena vlažnost	Područja prskanja vode s prometnih površina; privatne garaže
XD2	Vlažno, rijetko suho	Bazeni za plivanje i kupališta; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže kloride
XD3	Cikličko vlažno i suho	Elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja <sup>b)</sup>
<b>4 Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode</b>		
Kada je beton koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni metal u dodiru s kloridima iz morske vode ili solima iz mora nošenim zrakom, razrede izloženosti treba svrstati kako slijedi:		
XS1	Izložen solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Vanjski elementi u blizini obale
XS2	Stalno uronjeno	Stalno uronjeni elementi u lukama
XS3	U zonama plime i oseke i prskanja vode	Zidovi lukobrana i molova

<b>5 Korozija uzrokovana smrzavanjem i odmrzavanjem sa ili bez sredstva za odmrzavanje</b>		
Kada je beton izložen značajnom djelovanju smrzavanja i odmrzavanja u vlažnom stanju, razrede izloženosti treba svrstati kako slijedi:		
XF1	Umjereno zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Vanjski elementi
XF2	Umjereno zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morska voda	Područja prskanja vode s prometnih površina, sa sredstvom za odleđivanje (ali drugačije od onog za XF4); područje prskanja morskom vodom
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Otvoreni spremnici za vodu, elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morskom vodom	Prometne površine tretirane sredstvima za odmrzavanje; pretežno vodoravni elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja <sup>c)</sup> ; elementi u području morske plime, mjesta na kojima može doći do struganja u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije
<b>6 Kemijska korozija<sup>d)</sup></b>		
Kada je beton izložen kemijskom djelovanju koje se javlja iz prirodnog tla i podzemne vode kako je dano u tablici 2.11, razrede izloženosti treba svrstati kako dolje slijedi. Svrstavanje morske vode ovisi o geografskoj lokaciji, pa treba primijeniti razvrstavanje važeće na mjestu uporabe betona.		
XA1	Slabo kemijski agresivna okolina	Spremnici u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije, spremnici tekućih umjetnih gnojiva
XA2	Umjereno kemijski agresivni okoliš	Betonski elementi u dodiru s morskom vodom; elementi u agresivnom tlu
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš	Kemijski agresivne vode u postrojenjima za tretiranje otpadnih voda; spremnici za silažu i korita (žljebovi) za hranjenje životinja; rashladni tornjevi s dimnjacima za odvođenje dimnih plinova
<b>7 Beton izložen habanju</b>		
XM1	Umjereno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu vozila s pneumatskim gumama na kotačima
XM2	Znatno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim ili tvrdim gumama na kotačima
XM3	Ekstremno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim gumama ili čeličnim kotačima; hidrauličke konstrukcije u vrložnim (uzburkanim) vodama (npr. bazeni za destilaciju); površine izložene prometu gusjeničara

Slika 1.3. Razredi izloženosti

Najmanji zaštitni sloj za postavljanje armature u beton definiran je prema razredu izloženosti elemenata konstrukcije:

	Razred izloženosti	1	2
		Najmanji zaštitni sloj $c_{min}$ (mm) <sup>a)</sup> <sup>b)</sup> za armaturu	Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja $\Delta c$ (mm)
1	XC1	20	10
	XC2	35	
	XC3	35	
	XC4	40	
3	XD1	55	15
	XD2		
4	XS1	55	15
	XS2		
	XS3		

Slika 1.4. zaštitni sloj

### 1.3.3. UGRADNJA BETONA

Beton je potrebno ugraditi tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonskom mješavinom, te osigura da zaštitni sloj betona bude unutar projektom propisanih tolerancija. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima promjene ili suženja presjeka u ab konstruktivnom elementu te na mjestima gušće armature.

Dopuštena visina slobodnog pada betona ne smije biti veća od 1,5 m ako nisu posebno poduzete potrebne mjere za sprečavanje segregacije betona. Kod betoniranja zidova potrebno je iz tog razloga koristiti posudu za prihvatanje betona s nastavkom.

Vibriranje treba provoditi uronjenim previbratorima. Promjer igle previbratora treba biti prilagođen debljini presjeka a.b. konstruktivnog elementa.

Normalna debljina sloja koji se vibrira ne bi smjela biti veća od visine uronjenog vibratora. Iglu je potrebno vertikalno uranjati u beton na razmacima od cca 60 cm. Pri vibriranju svakog narednog sloja igla se uranja do polovice prethodnog sloja betona koji se revibrira. Kod betoniranja debljih slojeva revibriranje površinskog sloja je preporučljivo i radi izbjegavanja plastičnog slijeganja betona ispod gornjih šipki armature.

Posebno je važno pažljivo vibriranje betona uz pregrade radnih reški.

Beton se ne smije razastirati unutar oplata pomoću previbratora. Mora se ugrađivati u slojevima, na način da se naredni sloj ugrađuje u vremenu koje osigurava vezanje betona s prethodnim slojem, te izbjegla pojava „hladnih spojeva“.

Prekid betoniranja mora biti izveden tako da se na tom mjestu može izraditi konstruktivno i tehnički odgovarajući sloj. U tom slučaju betoniranje se izvodi po fazama:

- čišćenje površine betona i nastavka armature
- uklanjanje nevezanih djelova betona ispiranjem
- uklanjanje nečistoće
- vlaženje spojnih površina vodom ili odgovarajućim proizvodom za vezu starog i novog betona
- betoniranje slijedećeg sloja svježeg betona uz pažljivo zabijanje donjeg početnog sloja

Odmah nakon ugradnje potrebno je intenzivno započeti s njegom betona

Temeljne ploče, stope i trake betonirat će se iz dva do tri sloja prema dnevnom taktu izvođenja odobrenim od strane projektanta konstrukcije.

Pri betoniranju zidova paziti na veličinu kampada i prekida betoniranja.

#### 1.3.4. KONTROLA PRIJE BETONIRANJA I NJEGOVANJE UGRAĐENOG BETONA

Treba pripremiti planove betoniranja i nadzora kao i sve ostale mjere predviđene ovim projektom, ako ne postoji projekt, a prema složenosti izvedbe je neophodan, potrebo ga je izraditi. Konstrukcijske spojnice moraju biti čiste i navlažene. Oplatu treba očistiti od prljavštine, leda, snijega ili vode. Ako se beton ugrađuje izravno na tlo, svježi beton treba zaštititi od miješanja s tlom i gubitka vode. Konstrukcijske elemente treba podložnim betonom od najmanje 3-5 cm odvojiti od temeljnog tla ili za odgovarajuću vrijednost povećati donji zaštitni sloj betona. Temeljno tlo, stijena, oplata ili konstrukcijski dijelovi u dodiru s pozicijom koja se betonira trebaju imati temperaturu koja neće uzrokovati smrzavanje betona prije no što dostigne dovoljnu otpornost na smrzavanje. Ugradnja betona na smrznuto tlo nije dopuštena ako za takve slučajeve nisu predviđene posebne mjere. Predviđa li se temperatura okoline ispod 0°C u vrijeme ugradnje betona ili u razdoblju njegovanja, treba planirati mjere zaštite betona od oštećenja smrzavanjem. Površinska temperatura betona spojnice prije betoniranja idućeg sloja treba biti iznad 0°C. Ako se predviđa visoka temperatura okoline u vrijeme betoniranja ili u razdoblju njegovanja, treba planirati mjere zaštite betona od tih negativnih djelovanja.

Početna temperatura svježeg betona u fazi ugradnje treba biti između 5°C i 30°C.

##### ***Ugradnja i zbijanje***

Beton treba ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonom i osigurati zaštitni sloj betona unutar propisanih tolerancija te beton dobije traženu čvrstoću i trajnost. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima promjene presjeka, suženja presjeka, uz otvore, na mjestima zgusnute armature i prekida betoniranja. Vibriranje, osim ako nije drugačije uvjetovano projektom, treba u pravilu izvoditi uronjenim vibratorima. Beton treba uložiti što bliže konačnom položaju u konstrukcijskom elementu. Vibriranjem se beton ne smije namjerno navlačiti kroz oplatu i armaturu. Normalna debljina sloja ne bi smjela biti veća od visine uronjenog vibratora. Vibriranje treba izvoditi sustavnim vertikalnim uranjanjem vibratora tako da se površina donjeg sloja revibrira. Kod debljih slojeva je revibriranje površinskog sloja preporučljivo i radi izbjegavanja plastičnog slijeganja betona ispod gornjih šipki armature. Vibriranje površinskim vibratorima treba izvoditi sustavno dok se iz betona oslobađa zarobljeni zrak. Prekomjerno površinsko vibriranje koje slabi kvalitetu površinskog sloja betona treba izbjeći. Kad se primjenjuje samo površinsko vibriranje, debljina sloja nakon vibriranja obično ne treba prelaziti 100 mm, osim ako nije prethodno eksperimentalno dokazano drugačije. Korisno je dodatno vibriranje površina uz podupore. Brzina ugradnje i zbijanja betona treba biti dovoljno velika da se izbjegnu hladne spojnice i dovoljno spora da se izbjegnu pretjerana slijeganja ili preopterećenje oplata i skela. Hladna spojnica se može stvarati tijekom betoniranja ako beton ugrađenog sloja veže prije ugradnje i zbijanja narednog. Dodatni zahtjevi na postupak i brzinu ugradnje betona mogu biti potrebni kod posebnih zahtjeva za površinsku obradu. Segregaciju betona treba pri ugradnji i zbijanju svesti na najmanju mjeru. Beton treba tijekom ugradnje i zbijanja zaštititi od insolacije, jakog vjetrova, smrzavanja, vode, kiše i snijega.

##### ***Njega i zaštita***

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi:

- da se skupljanje svede na najmanju mjeru,
- da se postigne potrebna površinska čvrstoća,
- da se osigura dovoljna trajnost površinskog sloja,
- od smrzavanja i ekstremnih temperatura,
- od štetnih vibracija, udara ili drugih oštećivanja.
- od oborina

Pogodni su sljedeći postupci njegovanja primijenjeni odvojeno ili uzastopno:

- držanje betona u oplati,

- pokrivanje površine betona paronepropusnim folijama, posebno učvršćenim i osiguranim na spojevima i na krajevima,
- pokrivanjem vlažnim materijalima i njihovom zaštitom od sušenja,
- držanjem površine betona vidljivo vlažnom prikladnim vlaženjem,
- primjenom zaštitnog premaza utvrđene uporabivosti (potvrđene certifikatom ili tehničkim dopuštenjem).

Postupci njege trebaju osigurati nisku evaporaciju vlage iz površinskog sloja betona ili držati površinu stalno vlažnom. Prirodno njegovanje je dovoljno ako su uvjeti u cijelom razdoblju potrebnog njegovanja takvi da je brzina evaporacije vlage iz betona dovoljno niska, npr. u vlažnom, kišnom ili maglovitom vremenu. Njegu površine betona treba bez odgode započeti odmah po završetku zbijanja i površinske obrade. Ako slobodnu površinu betona treba zaštititi od pucanja zbog plastičnog skupljanja, privremenu njegu treba primijeniti i prije površinske obrade.

Trajanje primijenjene njege treba biti funkcija razvoja svojstava betona u površinskom sloju ovisno o omjeru:

- čvrstoće i zrelosti betona,
- oslobođene topline i ukupne topline oslobođene u adijabatskim uvjetima.

Prema tablici E.1. norme ENV 13670 -1\_2000 definirano je najmanje razdoblje njege za temperaturu od 15 do 25 stupnjeva utrajanju od 2 dana ( za srednje brzi razvoj čvrstoće betona ). Za druge uvjete potrebno je definirati odgovarajući period njege.

Površinska temperatura betona ne smije pasti ispod 0°C dok površina betona ne dosegne čvrstoću dovoljnu za otpornost na smrzavanje (obično iznad 5 N/mm<sup>2</sup>).

Najviša temperatura betona ne smije prijeći 65°C.

### **Geometrijske tolerancije**

Izvedene dimenzije konstrukcije trebaju biti unutar najvećih dopuštenih odstupanja radi izbjegavanja štetnih utjecaja na:

- mehaničku otpornost i stabilnost u privremenom i kasnijem uporabnom stanju,
- ponašanje tijekom uporabe građevine,
- kompatibilnost postavljanja i izvedbe konstrukcije i njezinih nekonstrukcijskih dijelova.

Nenamjerna mala odstupanja od referentnih vrijednosti koje nemaju značajniji utjecaj na ponašanje izvedene konstrukcije mogu se zanemariti. Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja i dimenzija ab elementa određena su normom HRN EN 1992-1-1:2008.

### **1.3.5. ZAVRŠNA OCJENA KVALITETE BETONA U KONSTRUKCIJI**

Na temelju članka 13 Pravilnika o tehničkom pregledu građevine (NN 108/04 ) nadzorni inženjer daje izvješće o provedbi kontrolnih postupaka u pogledu ocjenjivanja sukladnosti, odnosno dokazivanja kvalitete određenih dijelova građevine i završnu ocjenu kojom se dokazuje uporabljivost i trajnost konstrukcije.

#### 1.4. OPLATA I SKELE

Oplata i skele moraju biti u skladu s HRN EN 13670-1 te prema projektu betonske konstrukcije. Skele i oplata moraju biti tako konstruirane i izvedene da mogu preuzeti opterećenja i utjecaje koji nastaju u izvođenju radova, bez štetnih slijeganja i deformacija, kako bi se osigurala sigurnost i točnost elemenata konstrukcije predviđena projektom konstrukcije.

Nadvišenja skela i oplata određuju se ovisno o rasponu konstrukcije i estetskom izgledu. Oplata konstrukcije mora biti takva da se za vrijeme betoniranja na gube sastojci betona, te da vanjsko lice betona ispunjava zahtjeve date u projektu konstrukcije (glatki beton, natur beton, i sl.). Oplata se mora lako i bez oštećenja skidati s još neočvrstog betona. Njene unutarnje stranice moraju biti čiste i po potrebi premazane zaštitnim sredstvom, koje ne smije djelovati štetno na beton, mijenjati boju betona, utjecati na vezu armature i betona ili djelovati štetno na materijal koji se nakadno nanosi na betonsku konstrukciju. Skele mogu sastavljati, rastavljati i mijenjati samo za to ovlaštene osobe. Kontrole skela potrebno je provoditi prema propisima.

#### 1.5. ARMATURA I UGRADNJA ARMATURE

Armatura izrađena od čelika za armiranje prema odredbama ugrađuje se u armiranu betonsku konstrukciju prema projektu betonske konstrukcije, normi HRN EN 13670-1 te normama na koje ta upućuje. Rukovanje, skladištenje i zaštita armature treba biti u skladu sa zahtjevima tehničkih specifikacija koje se odnose na čelik za armiranje, projekta betonske konstrukcije te Zakona i Propisa. Izvođač mora prema normi HRN EN 13670-1 prije početka ugradnje provjeriti je li armatura u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije te je li tijekom rukovanja i skladištenja armature došlo do njezinog oštećivanja, deformacije ili druge promjene koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije. Nadzorni inženjer neposredno prije početka betoniranja mora:

- provjeriti postoji li isprava o sukladnosti za čelik za armiranje, odnosno za armaturu i jesu li iskazana svojstva sukladna zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije,
- provjeriti je li armatura izrađena, postavljena i povezana u skladu s projektom betonske konstrukcije te u skladu sa Zakonom te dokumentirati nalaze svih provedenih provjera zapisom u građevinski dnevnik.

##### **Materijali**

Čelik za armiranje betona treba zadovoljavati uvjete normi HRN EN 10080 i HRN EN 1130 te uvjete projekta konstrukcije. Svaki proizvod treba biti jasno označen i prepoznatljiv. Površina armature mora biti očišćena od slobodne hrđe i tvari koje mogu štetno djelovati na čelik, beton ili vezu između njih. Galvanizirana armatura može se koristiti samo u betonu s cementom koji nema štetnog djelovanja na vezu s galvaniziranim armaturom. Za sve čelike izvođač treba pribaviti ateste koji nisu stariji od 6 mjeseci. Nadzorni inženjer treba upisom u dnevnik potvrditi da li su isporučeni čelici odgovarajuće kakvoće i dozvoliti ugradnju u armiranobetonsku konstrukciju. Za čelike koji su dopremljeni na gradilište ili centralno savijalište bez odgovarajućih atesta ili certifikata ne smiju se ugrađivati dok se ne provede naknadno atestiranje.

Nastavljanje armature zavarivanjem mogu obavljati samo atestirani varioci za tu vrstu zavarivanja prema normi HRN EN 287-1, sa atestom ne starijim od 1 godine i prema normi HRN EN 1992. Izvođač mora voditi dnevnik zavarivanja s podacima – ime varioca, način zavarivanja, proizvođača, vrstu i šaržu elektrode te poziciju na kojoj se prema planu armature radilo. Nadzorni inženjer treba utvrditi da se izvođač pridržava ovih uvjeta i odobriti način nastavljanja zavarivanjem. Nastavljanje armature pošivajući preklope šipki potrebno je izvoditi prema propisima preklapanja iz HRN EN 1992, kao i sidrenje.

##### **Zaštitni sloj i savijanje armature**

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U

potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja.

Čelik za armiranje betona treba rezati i savijati prema projektnim specifikacijama. Pri tome:

- savijanje treba izvoditi jednolikom brzinom,
- savijanje čelika pri temperaturi ispod  $-5^{\circ}\text{C}$ , ako je dopušteno projektnim specifikacijama, treba izvoditi uz poduzimanje odgovarajućih posebnih mjera osiguranja,
- savijanje armature grijanjem smije se izvoditi samo uz posebno odobrenje u projektnim specifikacijama.

Promjer trna za savijanje šipki treba biti prilagođen stvarnom tipu armature.

## 1.6. ZIDARSKI RADOVI

Projektiranje, građenje, održavanje i način korištenja građevine moraju biti takvi da se ispune zahtjevi propisani Tehničkim propisom za zidane konstrukcije (NN 01/07). Zidana konstrukcija se izvodi od: nearmiranog, omeđenog, armiranog i prednapetog ziđa. Građevni proizvodi na koje se primjenjuje ovaj Tehnički propis za zidane konstrukcije jesu: cement i zidarski cement, građevno vapno, agregat, mort, dodaci mortu, dodaci mort za injektiranje natega i betonu, voda, beton, čelik za armiranje, čelik za prednapinjanje, armature, zidni element, pomoćni dijelovi, predgotovljeno ziđe. Zidana konstrukcija i građevni proizvodi moraju imati tehnička svojstva i ispunjavati druge zahtjeve propisane Tehničkim propisima za zidane konstrukcije (NN 01/07).

### ***Tehnička svojstva zidane konstrukcije***

Tehnička svojstva zidane konstrukcije moraju biti takva da tijekom trajanja građevine uz propisano, odnosno projektom određeno izvođenje i održavanje zidane konstrukcije, ona podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša tako da tijekom građenja i uporabe predvidiva djelovanja na građevinu ne prouzroče: rušenje građevine ili njezinog dijela, deformacije nedopuštenog stupnja, oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije, nerazmjerno velika oštećenja građevine u odnosu na uzrok. Tehnička svojstva zidane konstrukcije moraju biti takva da se u slučaju požara očuva nosivost konstrukcije ili njezinog dijela tijekom određenog vremena propisanog posebnim propisom. Tehnička svojstva postižu se projektiranjem i izvođenjem u skladu s odredbama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije. Očuvanje tehničkih svojstava postiže se održavanjem zidane konstrukcije u skladu s odredbama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije. Tehnička svojstva zidane konstrukcije moraju biti takva da, osim ispunjavanja zahtjeva iz Tehničkog propisa za zidane konstrukcije, budu ispunjeni i zahtjevi posebnih propisa kojima se uređuje ispunjavanje drugih bitnih zahtjeva za građevinu.

### ***Građevni proizvodi za zidane konstrukcije***

Građevni proizvodi proizvode se u proizvodnim pogonima (tvornicama) izvan gradilišta, ako Tehničkim propisom za zidane konstrukcije nije drukčije propisano. Iznimno mort, beton, armatura, zidni elementi od prirodnog kamena i predgotovljeno ziđe mogu biti izrađeni na gradilištu za potrebe toga gradilišta.

Građevni proizvod proizveden u proizvodnom pogonu (tvornici) izvan gradilišta smije se ugraditi u zidanu konstrukciju ako ispunjava zahtjeve propisane Tehničkim propisom za zidane konstrukcije i ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa.

Mort, beton, armatura, zidni elementi od prirodnog kamena i predgotovljeno ziđe izrađeni na gradilištu za potrebe toga gradilišta smiju se ugraditi u zidanu konstrukciju ako je za njih dokazana uporabljivost u skladu s projektom zidane konstrukcije i Tehničkim propisom za zidane konstrukcije.

U slučaju nesukladnosti građevnog proizvoda s tehničkim specifikacijama za taj proizvod i/ili projektom zidane konstrukcije, proizvođač građevnog proizvoda odnosno izvođač zidane konstrukcije mora odmah prekinuti proizvodnju odnosno izradu tog proizvoda i poduzeti mjere radi utvrđivanja i otklanjanja grešaka koje su nesukladnost uzrokovale.

Specificirana svojstva, dokazivanje uporabljivosti, potvrđivanje sukladnosti, označavanje građevnih proizvoda, ispitivanje građevnih proizvoda, posebnosti pri projektiranju i građenju građevina koje sadrže zidanu konstrukciju te potrebni kontrolni postupci kao i drugi zahtjevi koje

moraju ispunjavati građevni proizvodi određeni su u prilogima Tehničkog propisa za zidane konstrukcije.

### **Projektiranje zidanih konstrukcija**

Projektiranjem zidanih konstrukcija moraju se za projektirani uporabni vijek građevine i građenje predvidjeti svi utjecaji na zidanu konstrukciju koji proizlaze iz načina i redoslijeda građenja građevina koje sadrže zidanu konstrukciju, predvidivih uvjeta uobičajene uporabe građevine i predvidivih utjecaja okoliša na građevinu. Projektom zidane konstrukcije mora se dokazati da će građevina tijekom građenja i projektiranog uporabnog vijeka ispunjavati bitni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, otpornost na požar te druge bitne zahtjeve u skladu s posebnim propisima. Mehanička otpornost i stabilnost, te otpornost građevine na požarna djelovanja dokazuju se u glavnom projektu proračunima graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabljivosti zidane konstrukcije za predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu.

Gornji rubovi temelja zidane konstrukcije, odnosno gornji rubovi nadtemeljnih zidova moraju biti međusobno povezani veznim gredama, zategama ili armiranobetonskom podnom pločom. Pregradni zidovi, obložni zidovi, zidovi ispune i protupožarni zidovi moraju se, u smjeru okomitom na vlastitu ravninu, povezati s nosivim zidovima odnosno nosivim dijelovima zidane konstrukcije, te stropnim konstrukcijama u skladu s projektom zidane konstrukcije.

Ziđe visine veće od 1,0 m iznad stropne konstrukcije kojemu vrh nije pridržan okomito na vlastitu ravninu (zidovi na koje se oslanja drveno krovšte, zabatni zidovi, pregradni zidovi kojima vrh nije pridržan stropnom konstrukcijom i sl.) mora biti izvedeno kao omeđeno ziđe s upetim vertikalnim serklažima u nosivu konstrukciju.

### **Izvođenje i uporabljivost zidanih konstrukcija**

Pri izvođenju zidane konstrukcije izvođač je dužan pridržavati se projekta zidane konstrukcije i tehničkih uputa za ugradnju i uporabu građevnih proizvoda i odredaba Tehničkog propisa za zidane konstrukcije.

Propisana svojstva i uporabljivost građevnog proizvoda izrađenog na gradilištu utvrđuju se na način određen projektom i Tehničkim propisom za zidane konstrukcije.

Zabranjena je ugradnja građevnog proizvoda koji:

- je isporučen bez oznake u skladu s posebnim propisom,
- je isporučen bez tehničke upute za ugradnju i uporabu,
- nema svojstva zahtijevana projektom zidane konstrukcije ili mu je istekao rok uporabe, odnosno čiji podaci značajni za ugradnju, uporabu i utjecaj na svojstva i trajnost zidane konstrukcije nisu sukladni podacima određenim glavnim projektom.

### **Održavanje zidanih konstrukcija**

Održavanje zidane konstrukcije mora biti takvo da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine Tehničkim propisom za zidane konstrukcije te drugi bitni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisom. Za održavanje zidane konstrukcije dopušteno je rabiti samo one građevne proizvode za koje su ispunjeni propisani uvjeti i za koje izdana isprava o sukladnosti prema posebnom propisu ili za koje je uporabljivost dokazana u skladu s projektom građevine i Tehničkim propisom za zidane konstrukcije.

### **Mort**

Tehnička svojstva morta moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu morta i moraju biti specificirane prema normama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije. Sastavni materijali od kojih se mort proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi Tehničkog propisa za zidane konstrukcije. Tehnička svojstva svježeg i očvrslulog morta moraju ispunjavati zahtjeve bitne za krajnju namjenu. Tehničko svojstvo otpornosti na odmrzavanje i smrzavanje morta mora biti specificirano ako je ziđe u koje je ugrađen mort izloženo takvom djelovanju. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka, ispitivanje svježeg i očvrslulog morta proizvedenog u tvornici provode se prema normama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije.



Kontrola morta prije ugradnje u zidanu konstrukciju i naknadno, provode se na gradilištu prema normama Tehničkog propisa za zidane konstrukcije.

### **1.7. OSTALI RADOVI I MATERIJALI**

Svi materijali i proizvodi koji se ugrađuju u građevinu trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode 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.

### **1.8. NADZOR**

Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor te povremeni projektantski nadzor. Pregledi i nadzor trebaju osigurati da se radovi završavaju u skladu s ovim Tehničkim uvjetima i zahtjevima projektnih specifikacija.

Nadzor u ovom kontekstu odnosi se i na verifikaciju (potvrđivanje) sukladnosti svojstava proizvoda i materijala koji će se upotrijebiti i na nadzor nad izvedbom radova.

### **1.9. MJERE U SLUČAJU NESUKLADNOSTI**

Kad nadzor otkrije nesukladnost, treba poduzeti odgovarajuće radnje koje će osigurati uvjetovanu stabilnost i sigurnost konstrukcije i zadovoljiti namijenjenu uporabu, prema HRN ENV 13670-1, Dodatak G. Ocjenu sukladnosti elementa nakon popravka trebaju dati nadzorni inženjer i ovlaštena institucija koja je utvrdila veličinu nesukladnosti i uvjetovala popravak. Dokumentaciju postupka i materijala koji će se upotrijebiti treba prije popravka odobriti nadzorni inženjer. Sve gore navedene procedure potrebno je predložiti Projekatnu Konstrukteru prije nego što se poduzmu.

### **1.10. DODATNA ISPITIVANJA**

Dodatna ispitivanja gradiva osoba u postupku građenja obaviti će se po nalogu odgovornih osoba.

## 2. PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE

Da bi se osigurala trajnost predmetnog objekta moraju se uzeti u obzir međuzavisni čimbenici:

- planirana i moguća buduća uporaba
- zahtijevani kriteriji ponašanja
- očekivani utjecaji okoliša (okruženja)
- sastav, svojstva i ponašanje građiva
- izbor konstrukcijskog sustava
- oblik elemenata i oblikovanje konstrukcijskih pojedinosti
- kvaliteta izvedbe i razina nadzora
- posebne mjere zaštite
- održavanje tijekom predviđenog vijeka konstrukcije

Materijali za izradu konstrukcijskih elemenata moraju imati isprave sukladnosti proizvođača/izvođača kojima se dokazuje usklađenost tehničkih i drugih svojstava proizvoda s ovim projektom te tako osigurava projektirani vijek uporabe građevine.

Ostali materijali – ispune, obrada fasade i sl. usklađeni su s vijekom trajanja konstrukcije i osiguravaju maksimalni vijek korištenja predmetne građevine glede mogućnosti ove konstrukcije, za što postoje pisani dokazi kod glavnog izvođača radova.

Razredba proračunskog radnog vijeka (prema Eurkodu 1, dio 1)

Razred	Zahtijevani proračunski radni vijek (godine)	Primjer
1	1 – 5	Privremene konstrukcije
2	25	Zamjenjivi dijelovi konstrukcije
<b>3</b>	<b>50</b>	<b>Konstrukcije zgrada i druge uobičajne konstrukcije</b>
4	100	Monumentalne građevine, mostovi i druge inženjerske konstrukcije

### 3. UVJETI ZA ODRŽAVANJE GRAĐEVINE

Trajnost konstrukcija ostvaruje se pravilnim projektiranjem konstrukcije, pravilnim odabirom svih materijala u konstrukciji te pravilnim izvođenjem i održavanjem konstrukcija.

Potrebno je redovito provjeravati stanje konstrukcije, posebno nakon bilo kakvog izvanrednog događaja na konstrukciji. Sve provjere konstrukcije potrebno je dokumentirati izvješćima o pregledima i ispitivanjima, zapisima o redovitom održavanju ili na drugi prikladan način.

Potrebno je pročelje zgrade obnavljati prema potrebi, a u odnosu na agresivnost vremena, podneblja i drugih faktora (prljanje pročelja od strane korisnika i drugih) koji je mogu ugroziti.

Sve metalne dijelove – rukohvate, ograde, nadstrešnice i sl. potrebno je sukladno zahtjevima proizvođača, održavati.

Potrebno je redovito kontrolirati stanje krovništva radi eventualnih oštećenja od vremenskih prilika i sl. Sve uporabljene materijale potrebno je tretirati, od trenutka uporabljivosti na način kako je to označeno od proizvođača, a radi sigurnosti i kvalitete života korisnika.

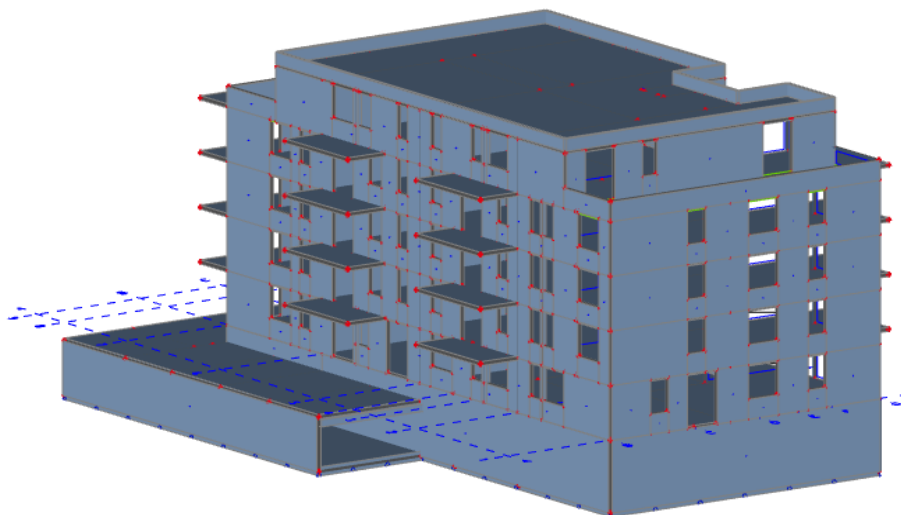
Propis upućuje na nekoliko normi, u skladu s kojima treba izvoditi radove na održavanju betonskih konstrukcija:

- HRN EN 13269 Održavanje - Smjernice za izradu ugovora o održavanju
- HRN EN 13306 Nazivlje u održavanju
- HRN ISO 15686-1 Zgrade i druge građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 1.dio Opća načela
- HRN ISO 15686-2 Zgrade i druge građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 2.dio Postupci predviđanja vijeka uporabe
- HRN ISO 15686-3 Zgrade i druge građevine – Planiranje uporabnog vijeka – 2.dio Neovisne ocjene i pregledi svojstava
- HR EN 13791 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili konstrukcijskim elementima
- HRN U.M1.047 Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma

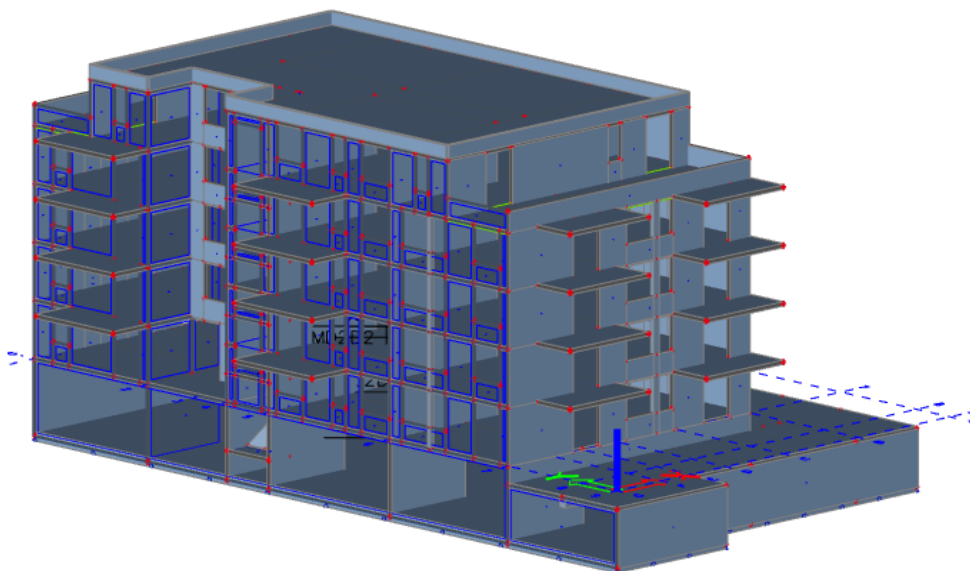
## 4. TEHNIČKI OPIS

### OPĆENITO

Građevina se izvodi kao višestambena građevina katnosti PO + PR+3K i uvučeni kat.



Slika 4.1. 3D prikaz modela(sjeveroistočna strana)



Slika 4.2. 3D prikaz modela(jugozapadna strana)

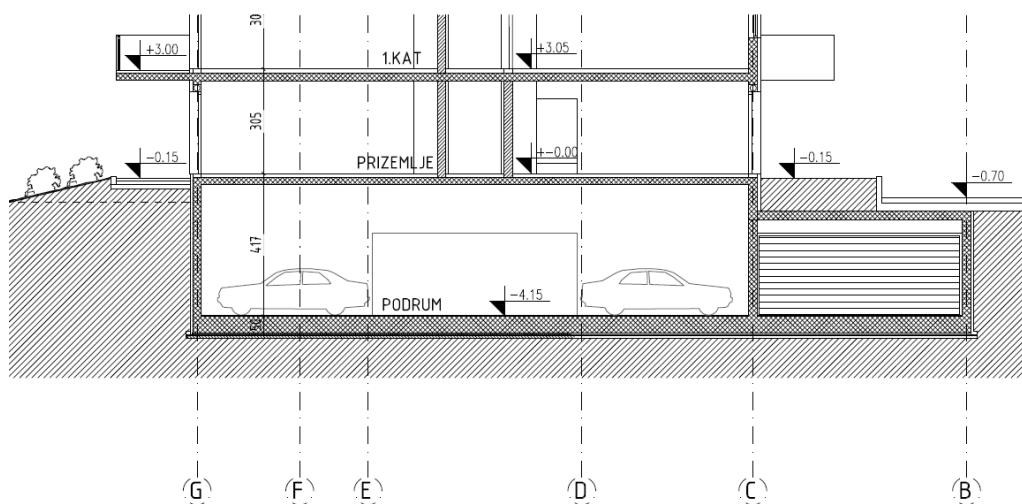
Nosiva struktura građevine se izvodi u potpunosti iz armiranog betona u glatkim oplatama.

ELEMENT	BETON	ARMATURA	KLASA OKOLIŠA
Temeljna ploča	C30/37	B500B	XC2
Zidovi	C30/37	B500B	XC1
Horizontalne konstrukcije	C30/37	B500B	XC1
Gredni nosači	C30/37	B500B	XC1

Slika 4.3. Armirano betonska konstrukcija -klasa betona i razedi okoliša

### TEMELJENJE

Temeljenje građevine izvodi se na temeljnoj ploči debljine 50 cm iz betona C30/37. Zaštitni sloj temeljne ploče za XC2 u iznosu  $c=35$  mm. Temeljna ploča se izvodi na adekvatno pripremljenom tlu uz minimalnu stižljivost  $M_s=80$ MPa. Projektna vrijednost nosivosti temeljnog tla se može koristiti do vrijednosti  $\sigma_{dop}=240$  kPa prema geomehničkom elaboratu dok se slijeganje predviđa u iznosu do cca 3,0 cm.



Slika 4.4. Presjek kroz građevinu

### MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

Međukatne ploče izvode se u debljinama od 22 cm iz sitnozrnog betona C30/37 (frakcija 16mm). Ploče su oslonjene na obodne i unutarnje armiranobetonske zidove te se pretpostavlja zglobna veza ploča sa obodnim zidovima. Ploče se izvode u glatkoj oplati. Debljine ploče po pozicijama su:

**POZ 200** – ploča garaže debljine 22 cm, dio ploče na kojemu se izvodi zelenilo debljine 25 cm

**POZ 300** – ploča prizemlja debljine 22 cm

**POZ 400** – ploča 1. kata debljine 22 cm

**POZ 500** – ploča 2. kata debljine 22 cm

**POZ 600** – ploča 3. kata debljine 22 cm

**POZ 700** – ploča 4. kata debljine 22 cm

### STUBIŠTE

Vertikalna komunikacija u građevini ostvarena je preko dvokrakog stubišta. Podesti stubišta debljine su  $d=18$ cm te se izvode povezani sa svim obodnim AB zidovima. Stubišni krakovi izvode se osnovne

debljine 18 cm te su odvojeni od bočnih zidova i spojeni na podeste. Stubišni krakovi i podesti izvode se monolitno iz betona C30/37.

### ZIDANI ZIDOVİ

Svi zidani zidovi koji se izvode su pregradni zidani zidovi ili dijelovi fasade koji nisu nosivi elementi.

Za zidanje zidova od opeke rabiti produžni mort marke M5 ( $f_m=5.0 \text{ N/mm}^2$ ), kojemu odgovara slijedeći volumni sastav: cement : hidratizirano vapno : pijesak = 1 : ( $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ ) : (4 - 4 $\frac{1}{4}$ ).

Za zidanje zidova od porobetonskih elemenata rabiti ljepilo prema preporuci proizvođača.

Obvezno je popunjavanje mortom horizontalnih i uspravnih sljubnica između zidnih blokova. Po procjeni nadzornog inženjera utvrditi će se potreba za ispitivanjem tlačne čvrstoće morta. Sve vertikalne serklaže izbetonirati (C25/30) nakon zidanja zida, ostaviti nazubljeni završetak zida sa svake strane VS. Moguće je ugraditi posebne blokove koji oblikuju oplatu serklaža

U zidanim zidovima postaviti vertikalne i horizontalne serklaže. **Betoniranje serklaža** treba izvesti nakon zidanja kako bi se postiglo bolje prijanjanje između serklaža i zida. Zide uz vertikalni serklaž izvesti zupčasto (nazubljeno). Za vertikalne serklaže mogu se koristiti posebni blokovi za vertikalne serklaže.

### ARMIRANOBETONSKI ZIDOVİ

Svi armiranobetonski zidovi etaže garaže se izvode u debljini  $d=25 \text{ cm}$ . Zidovi nadzemnih etaža su debljine 20 cm (svi obodni zidovi) dok su svi unutrašnji zidovi debljine 25 cm. Zidovi su pravilno raspoređeni u tlocrtu te osiguravaju prijenos horizontalnih sila potresa do temeljne konstrukcije bez znatnih torzijskih učinaka s obzirom da je centar krutosti i masa na minimalnom razmaku. Dio zidova uvučene krovne etaže oslanja se direktno na etažnu ploču za što je izvršen dokaz pomaka ploče i pukotinskog stanja. Podupiranje etažne ploče na kojoj se izvode zidovi obavezno je do punog sazrijevanja betona. Zidovi se izvode u glatkoj dvostranoj oplati iz betona C30/37. Predlaže se izvedba zidova sitnozrnim betonom.

### RAMPA

Na istočnom pročelju izvodi se rampa za ulaz u podrumsku etazu koja služi kao garaža.

Konstrukcija rampe sastoji se od temeljne ploče i AB bočnog potpornog zida. Rampa je odvojena od ostatka AB konstrukcije građevine.

Temeljna ploča izvodi se u debljini 20 cm te lokalno kod bočnog potpornog zida u debljini 40 cm. Nagib rampe iznosi 14 %. Beton C30/37. Zaštitni sloj temeljne ploče za XC2 u iznosu  $c=35 \text{ mm}$ . Temeljna ploča se izvodi na adekvatno pripremljenom tlu uz minimalnu stišljivost  $M_s=60 \text{ MPa}$ . Projektna vrijednost nosivosti temeljnog tla se može koristiti do vrijednosti  $\sigma_{dop}=240 \text{ kPa}$  prema geomehničkom elaboratu.

AB potporni zidovi izvode se u debljini 40 cm iz betona C 30/37 te zaštitnog sloja XC2 u iznosu  $c=35 \text{ mm}$  te prate nagib rampe. Visina ukopanog dijela potpornih zidova obzirom na nagib varira od 0-400 cm.

Iza potpornog zida je omogućen pristup ljudima i odlaganje materijala, usvaja se pokretno opterećenje  $5,0 \text{ kN/m}^2$ .

## **B. PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE KONSTRUKCIJE**

# **1. ANALIZA OPTEREĆENJA I KOMBINACIJE DJELOVANJA**



### 1.1. Stalna djelovanja (LC i LC2)

Vastita težina (LC1) se automatski generira u proračunskom programu na temelju materijalnih i geometrijskih karakteristika elemenata. Na djelovima gdje se izvode nenosivi pregradni zidovi od blok opeke zadaje se linijsko opterećenje u iznosu  $g_{linijsko}=6,00 \text{ kN/m}^1$  (debljina zida 20 cm, svijetla visina etaže 280 cm;  $10 \text{ kN/m}^3$ ;  $0,20 \cdot 2,80 \cdot 10=5,6 \text{ kN/m}^1$ ). U nastavku se prikazuju iznosi dodatnog stalnog opterećenja (LC2) na međukatnim pločama:

#### Krovnna ploča

Nasip šljunka – 6cm	1,20 kN/m <sup>2</sup>
XPS – 15cm	0,10 kN/ m <sup>2</sup>
Beton za pad – 10cm	2,20 kN/ m <sup>2</sup>
<b>Ukupno:</b>	<b>3,50 kN/m<sup>2</sup></b>

#### Međukatna ploča

Parket/pločice	0,50 kN/m <sup>2</sup>
Estrih 6cm	1,20 kN/ m <sup>2</sup>
Pregradni zidovi	0,80 kN/ m <sup>2</sup>
Podgled i instalacije	0,50 kN/ m <sup>2</sup>
<b>Ukupno:</b>	<b>3,00 kN/m<sup>2</sup></b>

#### Balkoni, loggie i terase

Završni sloj	0,50 kN/m <sup>2</sup>
Estrih 6cm	1,50 kN/ m <sup>2</sup>
Sustav Izolacije	0,50 kN/m <sup>2</sup>
Podgled i instalacije	0,50 kN/ m <sup>2</sup>
<b>Ukupno:</b>	<b>3,00 kN/m<sup>2</sup></b>

#### Ploča rampe i garaže (dio ploče na kojemu se izvodi nasip za zelenilo)

Nasip visine 100 cm ( $\gamma=21 \text{ kN/m}^3$ , vodom zasićeno tlo)	21,0 kN/m <sup>2</sup>
Beton za pad 10cm	2,20 kN/ m <sup>2</sup>
Sustav Izolacije	0,50 kN/m <sup>2</sup>
Podgled i instalacije	0,50 kN/m <sup>2</sup>
<b>Ukupno:</b>	<b>24,20 kN/m<sup>2</sup></b>

### 1.2. Korisno djelovanje (LC3)

Korisno opterećenje (LC3) na pločama

Unutarnji prostori	2,00 kN/m <sup>2</sup>
Stubišta	3,00 kN/m <sup>2</sup>
Balkoni, loggie i terase	4,00 kN/m <sup>2</sup>
Neprohodni krov	0,60 kN/m <sup>2</sup>
Zelenilo – prohodne površine	5,00 kN/m <sup>2</sup>

### 1.3. Opterećenje snijegom (LC4)

Opterećenje snijegom (LC4)

Mjerodavna norma:  
1991:2012

HRN EN

2.1. Snijeg (po tlocrtu površine)

- NAD1:

3. područje

$S_k = 1,25$

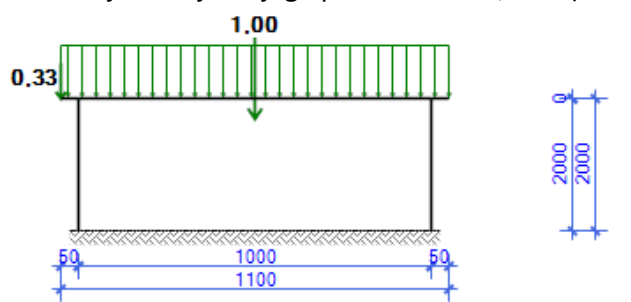
$kN/m^2$

**Opterećenja od djelovanja snijega po ploham i vrstama:**

(*S*-Osnovno opt. snijegom [ $kN/m^2$ ]; *S<sub>e</sub>*-Snijeg što visi preko ruba krova [ $kN/m'$ ]; *F<sub>s</sub>*-Snijeg na snjegobranima [ $kN/m'$ ])

KROV. PLOHA:  $S_1 = 1,00$   $S_2 = 0,50$   $S_E = 0,33$

Schema djelovanja snijega po rasteru  $r=1,00m$  (oblik 1):



### 1.4. Potresno djelovanje za smjer x i y (LC5, LC6, LC7, LC8)

Potresno djelovanje obrađeno je u poglavlju potresna analiza.

LC5 – potres smjer X; PP 475 godina

LC6 – potres smjer Y; PP 475 godina

LC7 – potres smjer X; PP 95 godina

LC8 – potres smjer Y; PP 95 godina

### 1.5. Opterećenje podrumskih zidova (LC9, LC10, LC11)

LC9- dodatno stalno djelovanje; tlo iza konstrukcije (pritisak tla u mirovanju)

$$p_i = \gamma \cdot h_i \cdot K_0 = 21 \cdot 4 \cdot 0,5 = 42 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

Karakteristične vrijednosti

$$\varphi_{\text{soil}} = 30^\circ$$

$$c_{\text{soil}} = 0 \text{ kPa}$$

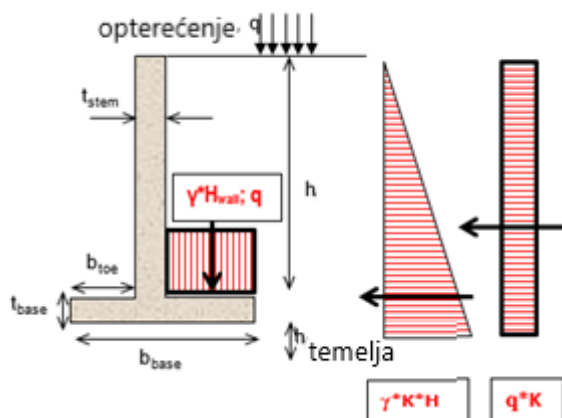
$$\gamma_{\text{soil}} = 21 \text{ kN/m}^3$$

Projektne vrijednosti

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_L}{\gamma_{\text{soil}}}; \varphi_d = \arctan \left( \frac{\tan \varphi_L}{\gamma_{\text{soil}}} \right)$$

$$\gamma_{\text{soil}} = 1,0$$

$$\varphi_d = \arctan \left( \frac{\tan \varphi_L}{\gamma_{\text{soil}}} \right) = 30^\circ$$



**LC10** - pokretno, korisno djelovanje:

- mogućnosti pristupa ili gomilanja materijala; usvaja se opterećenje u iznosu **5,00 kN/m<sup>2</sup>** po cijeloj površini

**LC11** – potresno opterećenje tlo

Potresna sila je modelirana kao jednoliko raspodjeljeno plošno (linijsko) opterećenje po cijeloj visini zida iz čega sljedi:

$\Delta e_p = \alpha \cdot S \cdot \gamma \cdot h$  – dodatni dinamički pritisak na krute konstrukcije

$$\Delta e_p = \alpha \cdot S \cdot \gamma \cdot h = 0,24 \cdot 1,00 \cdot 21,0 \cdot 4,00 = 20,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = a_g/g = 0,24g/g = 0,24$$

$$S = 1,15 \text{ (za tlo tipa C)}$$

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 4,00 \text{ m}$$

## 1.6. Opterećenje vjetrom

-1. područje djelovanja vjetra:  $v_{b,0} = 25 \text{ [m/s]}$  - osnovna poredbena brzina vjetra

-nadmorska visina građevine:  $a_s = 125 \text{ m. n. m.}$

-kategorija terena: 4. kategorija; gradska područja u kojima je izgrađeno najmanje 15% površine i čija visina prelazi 15m

-visina građevine do sljemena:  $z=16 \text{ m}$

PRORAČUN DJELOVANJA:

$$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0}$$

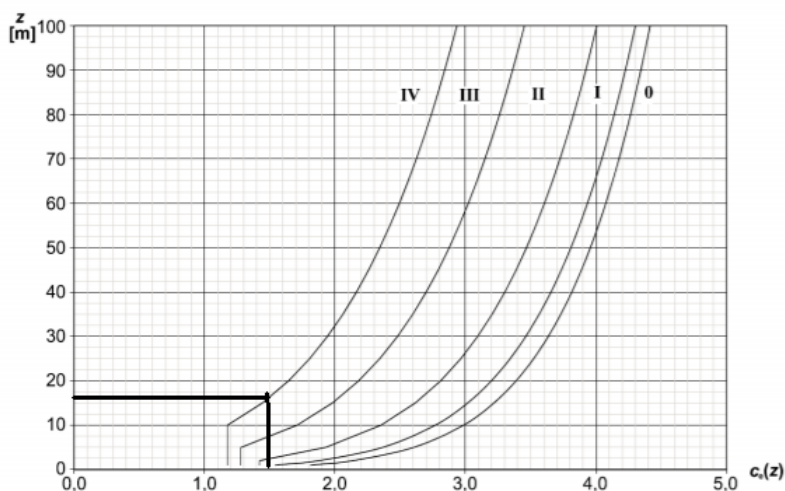
gdje je:

- $C_{dir}$ -koeficijent smjera, uzima se vrijednost 1,0
- $C_{season}$ -koeficijent vremenske sezone, uzima se vrijednost 1,0

$$v_b = 1,0 \times 1,0 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,390 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

koeficijent izloženosti:  $c_e(16,0) = 1,44$



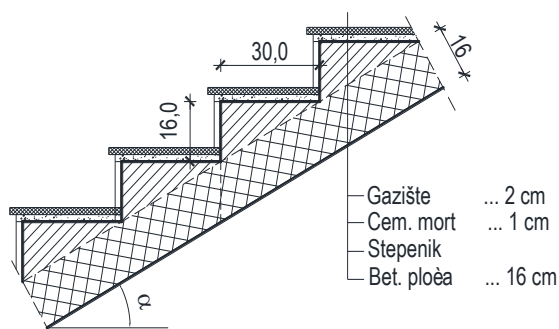
Slika 1.1. Dijagram koeficijenta izloženosti

Mjerodavna vrijednost djelovanja vjetra je:

$$q_{p,z} = q_b \times c_e(z) = 0,563 \frac{kN}{m^2}$$

S obzirom na smjer vjetra u obzir će se uzeti djelovanje vjetra na ravnim plohama i na mjestima uglova. Koeficijent vanjskog i unutarnjeg tlaka prema HRN EN 1991 1-4. Detaljan proračun vjetra na konstrukciju napravljen je preko modula 3D wind u programskom paketu SCIA ENGINEER 19.1

## 1.7. Unutrašnje stubište



Slika 1.2. Presjek stubišta

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{st}}{s_{st}} = \frac{16,0}{30,0} = 0,53 \quad ; \quad \alpha = 28,07^\circ$$

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} = \frac{16}{\cos 28,07} = 18,31 \text{ cm}$$

### LC1 – vlastita težina

vlastita težina se određuje za ploču debljine 18,5 cm (18,31cm);  $0,185 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 4,62 \text{ kN/m}^2$

### LC2 - dodatno stalno djelovanje:

- završna obrada gazišta (2,0 cm;  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ ) ..... 0,50 kN/m<sup>2</sup>
- cementni namaz (maks. 1,0 cm) (1,0 cm;  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ) ..... 0,20 kN/m<sup>2</sup>
- stuba (18/2=9 cm;  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ ) ..... 2,16 kN/m<sup>2</sup>
- .....  $\Sigma = 2,83 \text{ kN/m}^2$

### LC3 - pokretno, korisno djelovanje; pokretno opterećenje se uzima prema pravilniku:

- stubišta **3,00 kN/m<sup>2</sup>** po cijeloj površini (HRN EN 1991-2-1)

## 1.8. Kombinacije djelovanja

1. GSN :  $1,35 \cdot g + 1,35 \cdot g_1 + 1,50 \cdot q$
2. GSU:  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 1,0 \cdot q$

Glavne seizmičke kombinacije sa ostalim opterećenjima

3.  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x + 0,3 \cdot S_y$
4.  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 0,3 \cdot S_x + 1,0 \cdot S_y$

Za provjeru graničnog stanja nosivosti koriste se slijedeće kombinacije:

- Za linearnu **statičku provjeru graničnog stanja nosivosti** koristi se kombinacija **CO1-GSN**:
- Za linearnu **dinamičku** provjeru graničnog stanja nosivosti koristi se kombinacija **CO3-potres**:

Za provjeru graničnog stanja naprezanja se koristi sljedeća kombinacija

- Za provjeru širina pukotina i progiba koristi se karakteristična (rijetka) kombinacija **CO2-GSU**:

## **2. POTRESNA ANALIZA I PRORAČUN LINEARNE STABILNOSTI**

## 2.1. Potresno djelovanje

Objekt se proračunava na djelovanje potresa u skladu sa parametrima danim prema EN 1998-1-1. Opterećenja su zadana prema važećim propisima i zakonima te uvjetima koji će vladati u konstrukciji, a njihov detaljni prikaz te kombinacije su prikazane u glavnom projektu.

Predmetna građevina se proračunava na horizontalno potresno djelovanje, koje se opisuje dvjema okomitim komponentama  $S_x$  i  $S_y$  koje djeluju neovisno, u dvije međusobno okomite ravnine, a prikazane su istim spektrom odziva. Vrijednosti za ove sile proračunavaju se uporabom računskog spektra i ukupne težine, pri čemu se može rabiti pojednostavljena ili višemodalna spektralna analiza prema EC8.

### 2.1.1. Odabir ulaznih parametara

#### *Razred važnosti građevine*

Razlikovanje po pouzdanosti je uključeno preko razreda važnosti građevine u faktoru važnosti  $\gamma_I$ . Predmetna građevina ima **faktor važnosti 1.0**

Razred važnosti	Opis i namjena zgrade	Faktor važnosti zgrade $\gamma_I$
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost	0.8
<b>II</b>	<b>Obične zgrade koje ne pripadaju drugim razredima</b>	<b>1.0</b>
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna zbog posljedica vezanih uz rušenje	1.2
IV	Zgrade čija je cjelovitost neposredno nakon potresa životno važna za zaštitu ljudi	1.4

Slika 2.1. Razred važnosti građevine

#### *Elastični spektar odgovora*

EN 1998 propisuje dva tipa elastičnih spektara odgovora:

Tip 1 karakterizira veći intenzitet za duže periode i predlaže se za područja visoke seizmičnosti ( $M_S > 5.5$ ).

Tip 2 se predlaže za područja niske seizmičnosti, a karakterizira ga veća amplifikacija za manje periode i manji intenzitet za duge periode ( $M_S < 5.5$ ).

Predmetna građevina pripada spektru **tipa 1**.

**Tip tla**

Europska norma EN 1998-1-1 razlikuje pet razreda tla: A, B, C, D, E i F.

Za objekt je odabran **tip tla C**

Opis tla prema EN 1998-1	Oznaka
Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini i brzinom širenja poprečnih valova $v_s > 800$ m/s.	A
Naslage vrlo krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s = 360 - 800$ m/s.	B
<b>Duboke naslage zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krutih glina, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s <math>v_s = 180 - 360</math> m/s.</b>	<b>C</b>
Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m. Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.	D
Profil tla A s površinskim aluvijalnim slojem s brzinama širenja poprečnih valova $v_s$ za tip C i D, i debljinom između 5 i 20 m, ispod kojeg je krući materijal sa $v_s > 800$ m/s.	E

Slika 2.2. Tip tla

**Razred duktilnosti**

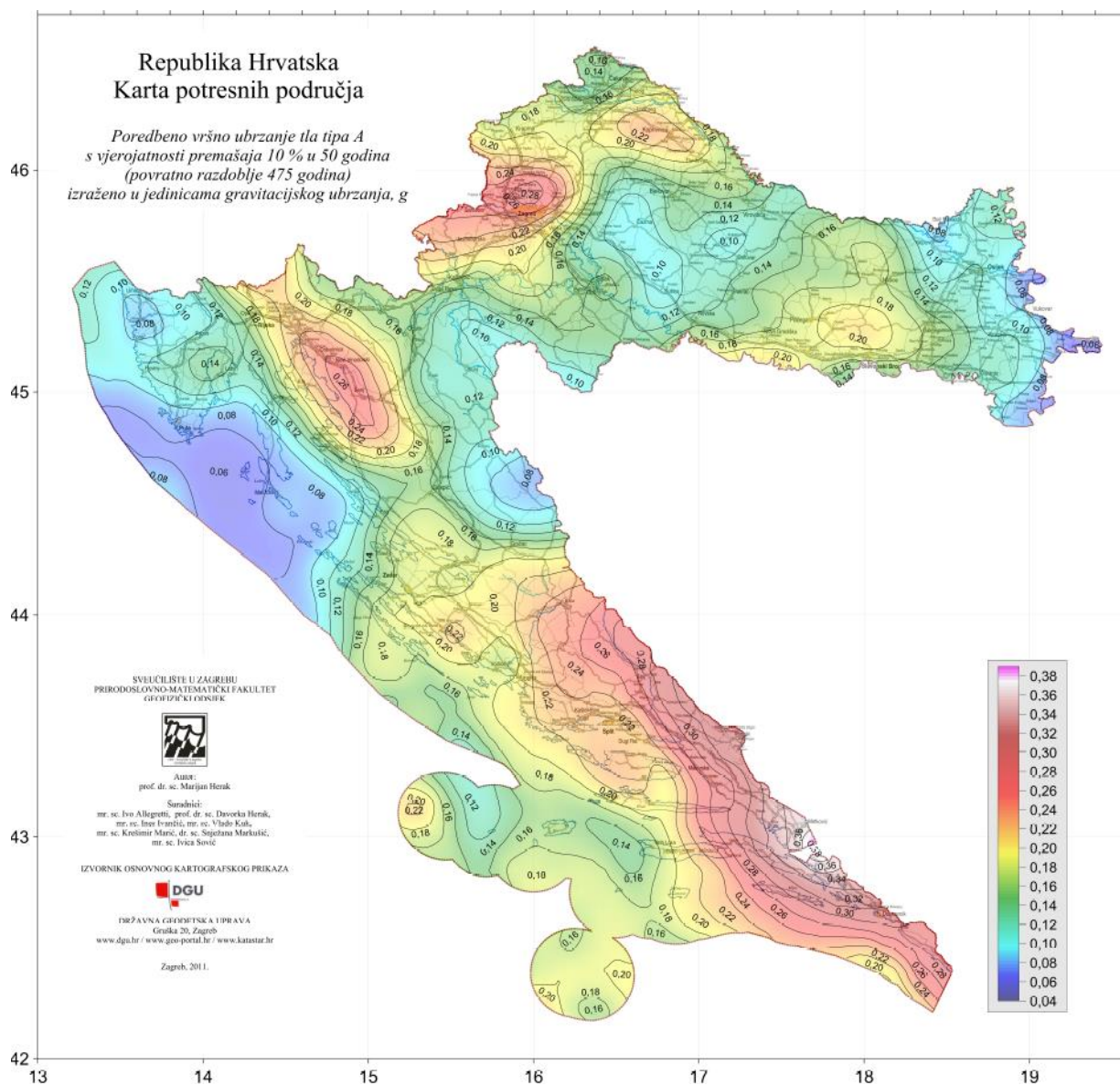
Građevina je smještena u razred duktilnosti M (DC „M“).

**Računsko ubrzanje tla za provjeru graničnog stanja nosivosti konstrukcije (Djelovanja LC5 i LC6)**

Prema novoj potresnoj karti prof.dr.sc. Marijan Herak računsko ubrzanje tla za predmetnu lokaciju iznosi  $a_g = 0,240g$  tj.  $2,354(m/s^2)$  za kartu s povratnim periodom od 475 godina.

Prikaz računskih ubrzanja tla prema novoj potresnoj karti, prof.dr.sc. Marijan Herak





Slika 2.3. Karta potresnih područja(475 godina)

## Faktor ponašanja

Faktor ponašanja  $q$  odražava duktilnost konstrukcije, odnosno njenu sposobnost da prihvaća reducirane seizmičke sile bez krhkih lomova u postelastičnom području deformiranja. Sadrži u sebi podatak o vrsti elementa, vrsti gradiva i duktilnosti.

### Proračun faktora ponašanja prema EN 1998-1

Računski spektar odgovora je elastičan spektar reduciran s faktorom ponašanja konstrukcije  $\theta$  koji se dobiva prema izrazu:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$$

gdje je:

$q_0$  - osnovna vrijednost faktora ponašanja koja ovisi o tipu konstrukcije, klasi duktilnosti i regularnosti konstrukcije

$k_w$  - koeficijent prevladavajućeg oblika loma u konstrukcijskim sustavima sa zidovima

Osnovna vrijednost faktora ponašanja  $q_0$  očitana je iz tablice.

Faktor ponašanja  $q_0$  za konstrukcije regularne po visini:

TIP KONSTRUKCIJE	DCM srednja duktilnost	DCH visoka duktilnost
Okvirne konstrukcije, povezani zidovi	$3,0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
<b>Nepovezani zidovi</b>	<b>3,0</b>	$4,0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
Torzijsko fleksibilni sustavi	2,0	3,0
Konzolne konstrukcije (obrnuta njihala)	1,5	2,0

Okvirni sustavi, dvojni sustavi istovrijedni okvirnom sustavu	$\alpha_u / \alpha_1$
Jednoetažne građevine	1,1
Višeetažni, jednopoljni okviri	1,2
Višeetažni, višepoljni okviri ili dvojni sustavi istovrijedni okvirnom sustavu	1,3

Sustav zidova, dvojni sustavi istovrijedni sustavu zidova	$\alpha_u / \alpha_1$
Sustavi zidova sa samo dva nepovezana zida u svakom horizontalnom pravcu	1,0
Ostali nepovezani zidovi	1,1
Dvojni sustavi istovrijedni sustavu zidova ili povezani zidovi	1,2

$\alpha_1$ - množitelj horizontalnog seizmičkog djelovanja pri pojavi prvog plastifikacijskog zgoba

$\alpha_u$ - množitelj horizontalnog seizmičkog djelovanja pri pojavi mehanizma

Za konstrukcije koje nisu regularne po visini koeficijent  $q_0$  se smanjuje za 20%.

Predmetna građevina je sustav povezanih zidova, regularna po visini te srednje duktilna.

Faktor ponašanja u smjeru X:  $q_{0x}=3,0$ ; u smjeru Y,  $q_{0y}=3,0$

Koeficijent prevladavajućeg oblika loma u konstrukcijskim sustavima sa zidovima iznosi:

1.0	za okvirne i dvojne konstrukcije ekvivalentne okvirima
$\frac{(1 + \alpha_0)}{3} \leq 1$ $n_e > 0.5$	za konstrukcije od AB zidova, dvojne konstrukcije ekvivalentne zidovima i konstrukcije s jezgrom

gdje je:

$\alpha_0$  - prevladavajući omjer visine i duljine zida u konstrukciji  $\alpha_0 = H_W/L_W$

$H_W$  - ukupna visina dominantnog zida

$L_{Wx}$  - duljina dominantnog zida u smjeru x

$L_{Wy}$  - duljina dominantnog zida u smjeru y

Nakon određenih parametara faktor ponašanja građevine  $\theta$  u globalnom smjeru osi x i y je uzet na strani sigurnosti (faktor ponašanja sa smanjuje za cca 20% kako bi se osiguralo duktilno ponašanje konstrukcije):

**qx= 2,4**

**qy= 2,4**

Računski spektar odgovora

Računski spektar odgovora reduciran s faktorom ponašanja konstrukcije  $\theta$  izračunava se prema izrazu:

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \left( \frac{T_C}{T} \right) \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right) \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

gdje je:

$S_0(T)$  - ordinata računskog spektra odgovora u jedinici ubrzanja tla

T - osnovni period oscilacija

S - parametar tla

$T_B, T_C$  - granica konstantnog intervala spektralnog ubrzanja

$T_D$  - vrijednost koja definira početak dijela spektra velikih perioda

$a_g$  - računsko ubrzanje tla

$\theta$  - faktor ponašanja konstrukcije

$\beta$  - faktor koji određuje najnižu vrijednost projektnog spektra odgovora za horizontalno ubrzanje,  $\beta=0.2$

Proračun je proveden preko grupa masa, koje čine stalno opterećenje  $G_0$  i  $G_1$  (vlastita težina nosivih AB elemenata konstrukcije i težina slojeva), te promjenjivo opterećenje  $Q_1$  sa faktorom 0,3. Mase se računaju iz **vertikalnog opterećenja prema kombinaciji djelovanja**:

$$\sum G_{kj} + \sum \Psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$$

$\Psi_{Ei}$  – koeficijent kombinacije za promjenjivo djelovanje za proračun učinka potresnog djelovanja dobije se prema slijedećoj formuli:

$$\Psi_{Ei} = \varphi \times \Psi_{2i} ;$$

$\Psi_{2i}$  - koeficijent za kvazistalnu vrijednost promjenjivog opterećenja:

$$\Psi_{2i} = 0.3 ; \varphi = 0.50$$

$$\Psi_{Ei} = 0.3 \times 0.5 = 0.15$$

Ukupna potresna poprečna sila  $F_b$  za svaki glavni smjer određuje se formulom

$$F_b = S_d(T_1)W$$

gdje je:

$S_d(T_1)$  – ordinata proračunskog spektra

$T_1$  – osnovni period vibracija zgrade za horizontalno poprečno gibanje u promatranom smjeru

$W$  – ukupna težina zgrade proračunata na prethodni opisani način

Općenito se uzima da horizontalne komponente potresnog djelovanja djeluju istodobno. Kombinacija horizontalnih komponenti potresnog djelovanja može se uzeti u obzir na način da se proračunaju unutarne sile iz kombinacije (zbroja) horizontalnih komponenata potresnog djelovanja prema formulama:

$$E_{dx} + 0.30 E_{dy}$$

$$0.30 E_{dx} + E_{dy}$$

Gdje je:

$E_{dx}$  - unutarnja sila od potresnog djelovanja u smjeru osi x konstrukcije

$E_{dy}$  - unutarnja sila od potresnog djelovanja u smjeru osi y konstrukcije

Pri proračunu je uzeto 5%-tno viskozno prigušenje.

Broj vlastitih oblika se određuje iz izraza:

$$k \geq 3 \cdot \sqrt{n}$$

gdje je:

k - broj promatranih oblika vibracija

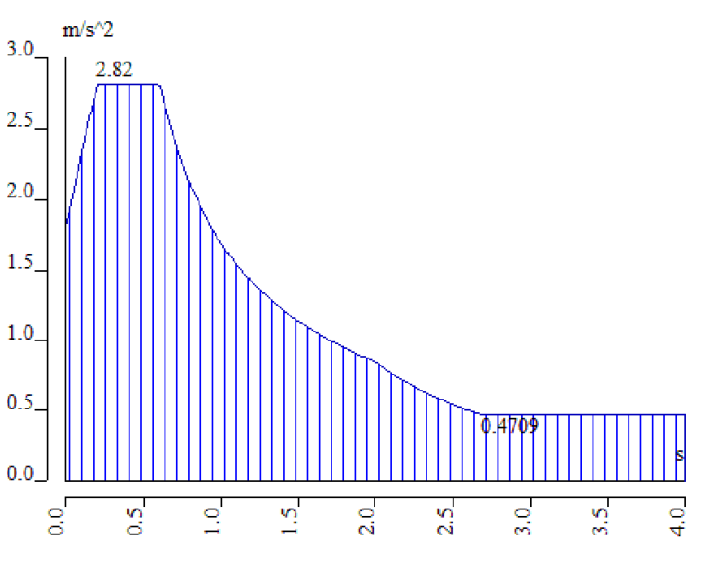
n - broj katova (etaža) nad tlom

Kombinacija modalnih masa odziva je načinjena primjenom pravila kvadratnog korijena iz sume kvadrata (engl. Square root of the sum of the squares – SRSS). U obzir su uzeti odzivi svih oblika vibracije koji znatno doprinose ukupnom odzivu, što je zadovoljeno ako se pokaže:

- da je zbroj svih (efektivnih modalnih) masa za oblike vibracije koji se razmatraju jednak 90% ukupne mase zgrade

- da su u obzir uzeti svi oblici vibracija s (efektivnim modalnim) masama većim od 5% ukupne mase

Proračunski spektar odziva za povratni period od  $T=475$  godina

Name	Type drawing	Info	Drawing
475g	Period	Type code - Eurocode Subsoil type - C Direction - Horizontal Spectrum type - type 1 coeff accel. ag - 0.24 ag - design acceleration - 2.3544 beta - 0.2 q - behaviour factor - 2.4	 <p>The graph displays a spectral response curve with the following key values:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Y-axis: Acceleration in <math>m/s^2</math>, ranging from 0.0 to 3.0.</li> <li>X-axis: Period in seconds, ranging from 0.0 to 4.0.</li> <li>Peak acceleration: 2.82 <math>m/s^2</math> at a period of approximately 0.4 seconds.</li> <li>Acceleration at 4.0 seconds: 0.4709 <math>m/s^2</math>.</li> </ul>

### 2.1.2. Modalna analiza

Proračun je proveden preko grupa masa, koje čine stalno opterećenje  $G_0$  i  $G_1$  (vlastita težina nosivih AB elemenata konstrukcije i težina slojeva), te promjenjivo opterećenje  $Q_1$  sa faktorom  $\psi_{Ei}$ . Mase se računaju iz vertikalnog opterećenja prema kombinaciji djelovanja:

$$\sum G_{kj} + \sum \Psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$$

$\Psi_{Ei}$  – koeficijent kombinacije za promjenjivo djelovanje za proračun učinka potresnog djelovanja dobije se prema slijedećoj formuli:

$$\Psi_{Ei} = \phi \times \psi_{2i}$$

gdje je  $\psi_{2i}$  faktor kombinacije za nazovistalnu vrijednost promjenjivog opterećenja, a  $\phi$  popravni koeficijent.

(2)P Faktori kombinacije  $\psi_{Ei}$  uvedeni u točki 3.2.4(2)P za proračun učinaka potresnih djelovanja proračunavaju se iz izraza:

$$\psi_{Ei} = \phi \times \psi_{2i} \quad (4.2)$$

NAPOMENA: Vrijednosti  $\phi$  smiju se ustanoviti u nacionalnom dodatku. Preporučene vrijednosti  $\phi$  navedene su u tablici 4.2.

Tablica 4.2 – Vrijednosti  $\phi$  pri proračunu  $\psi_{Ei}$

Tip promjenjivog djelovanja	Kat	$\phi$
Kategorije A – C*	Krov	1,0
	Katovi s povezanom zauzetošću	0,8
	Neovisno zauzeti katovi	0,5
Kategorije D – F* i arhivi		1,0

\* Kategorije su definirane u normi EN 1991-1-1:2002.

Tablica A1.1 – Preporučene vrijednosti faktora  $\psi$  za zgrade

Djelovanje	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Uporabna opterećenja u zgradama kategorije (vidjeti normu EN 1991-1-1):			
Kategorija A: kuće, stambene zgrade	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: uredi	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: područja za skupove	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišta	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometna područja, težina vozila $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometna područja, $30$ kN $\leq$ težina vozila $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: krovovi	0	0	0
Opterećenja snijegom u zgradama (vidjeti normu EN 1991-1-3)*:			
– Finska, Island, Norveška, Švedska	0,70	0,50	0,20
– Ostale države članice CEN-a za gradilišta na visini $H > 1000$ m n.m.	0,70	0,50	0,20
– Ostale države članice CEN-a za gradilišta na visini $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Opterećenja vjetrom na zgrade (vidjeti normu EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (osim požara) u zgradama (vidjeti normu EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

NAPOMENA: Vrijednosti  $\psi$  mogu se odrediti u nacionalnom dodatku.  
\* Za države koje nisu navedene, vidjeti odgovarajuće mjesne uvjete.

Prikazani faktori se koriste prilikom proračuna objekta na potresno opterećenje za formiranje kombinacije grupe masa.

Ukupna potresna poprečna sila  $F_b$  za svaki glavni smjer određuje se formulom

$$F_b = S_d(T_1)W$$

gdje je:

$S_d(T_1)$  – ordinata proračunskog spektra

$T_1$  – osnovni period vibracija zgrade za horizontalno poprečno gibanje u promatranom smjeru

$W$  – ukupna težina zgrade proračunata na prethodni opisani način

Općenito se uzima da horizontalne komponente potresnog djelovanja djeluju istodobno. Kombinacija horizontalnih komponenti potresnog djelovanja može se uzeti u obzir na način da se proračunaju unutarnje sile iz kombinacije (zbroja) horizontalnih komponenata potresnog djelovanja prema formulama:

$$E_{dx} + 0.30 E_{dy}$$

$$0.30 E_{dx} + E_{dy}$$

Gdje je:

$E_{dx}$  - unutarnja sila od potresnog djelovanja u smjeru osi x konstrukcije

$E_{dy}$  - unutarnja sila od potresnog djelovanja u smjeru osi y konstrukcije

Pri proračunu je uzeto 5%-tno viskozno prigušenje.

Broj vlastitih oblika se određuje iz izraza:

$$k \geq 3 \cdot \sqrt{n}$$

gdje je:

k - broj promatranih oblika vibracija

n - broj katova (etaža) nad tlom

Kombinacija modalnih masa odziva je načinjena primjenom pravila kvadratnog korijena iz sume kvadrata (engl. Square root of the sum of the squares – SRSS). U obzir su uzeti odzivi svih oblika vibracije koji znatno doprinose ukupnom odzivu, što je zadovoljeno ako se pokaže:

- da je zbroj svih (efektivnih modalnih) masa za oblike vibracije koji se razmatraju jednak 90% ukupne mase zgrade

- da su u obzir uzeti svi oblici vibracija s (efektivnim modalnim) masama većim od 5% ukupne mase

Opterećenja za potresno djelovanje

**LC5 – potres X\_475 g (faktor ponašanja prema proračunu za svaku građevinu)**

**LC6 – potres Y\_475 g (faktor ponašanja prema proračunu za svaku građevinu)**

**LC7 – potres X\_95 g (faktor ponašanja  $q=1,0$ )**

**LC8 – potres Y\_95 g (faktor ponašanja  $q=1,0$ )**

**Ploča međuetaja**

$$\psi_{Ei} = \varphi \times \psi_{2i} = 0,50 \times 0,30 = 0,15$$

$\psi_{2i} = 0,3$  (za tip promjenjivog opterećenja ktg. A)

$\varphi$  - koeficijent ovisan o razredu opterećene površine =0,50

**Ploča garaže - zelenilo**

$$\psi_{Ei} = \varphi \times \psi_{2i} = 0,50 \times 0,60 = 0,30$$

$\psi_{2i} = 0,3$  (za tip promjenjivog opterećenja ktg. C)

$\varphi$  - koeficijent ovisan o razredu opterećene površine =0,50

**Ploča krova**

$$\psi_{Ei} = \varphi \times \psi_{2i} = 0,50 \times 0,00 = 0,00$$

$\psi_{2i} = 0,0$  (za tip promjenjivog opterećenja ktg. H)

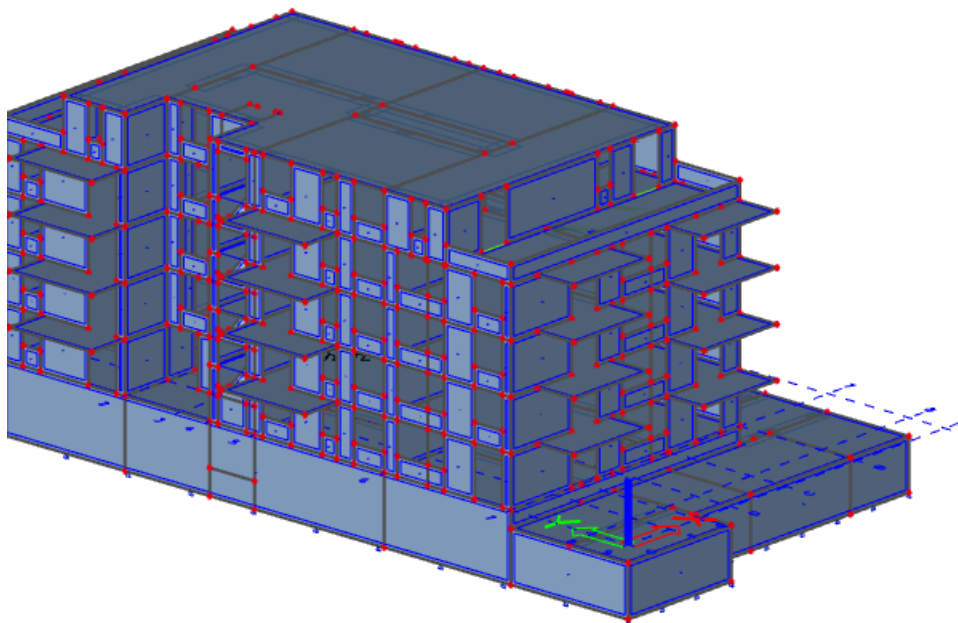
$\varphi$  - koeficijent ovisan o razredu opterećene površine =0,50

### 2.1.3. Prikaz rezultata potresnog djelovanja

#### 2.1.3.1 Geometrijske i materijalne karakteristike konstrukcije

Napravljen je 3D model konstrukcije metodom konačnih elemenata (FEM). Međukatna konstrukcija modelirana je kao plošni element odgovarajuće debljine. Zidovi su modelirani kao plošni elementi odgovarajuće debljine. Oslonac zidova modeliran je kao linijski plošni oslonac.

Prikaz proračunskog modela



Slika 1.5. prikaz proračunskog modela

#### 2.1.3.2 Rezultati višemodalne analize

Provodi se dinamička analiza konstrukcije, višemodalna spektralna analiza. U proračunskom modelu zadane su mase s obzirom na opterećenja konstrukcije. Mase se kombiniraju na prije opisani način.

*Prikaz sudjelujuće mase*

**um of masses**

	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
<b>1</b>	<b>4512332,8</b>	<b>4512332,8</b>	<b>4512332,8</b>
Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1 Moving mass	5596759.3	5596759.3	5596759.3
1 Total mass	5596759.3	5596759.3	5596759.3

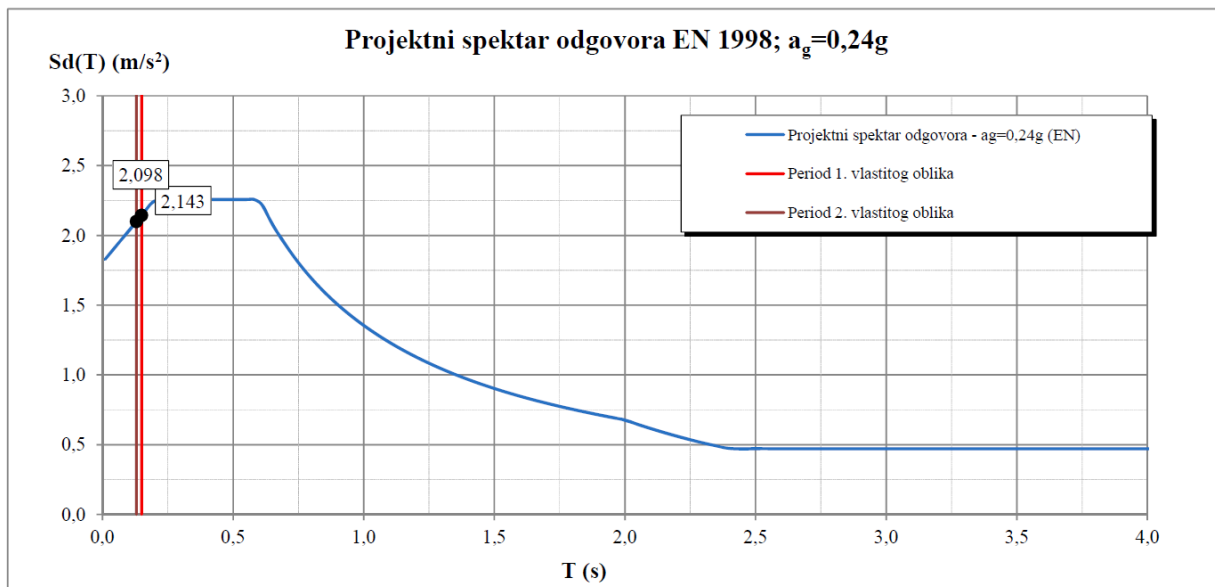


## Prikaz sudjelujućih tonova

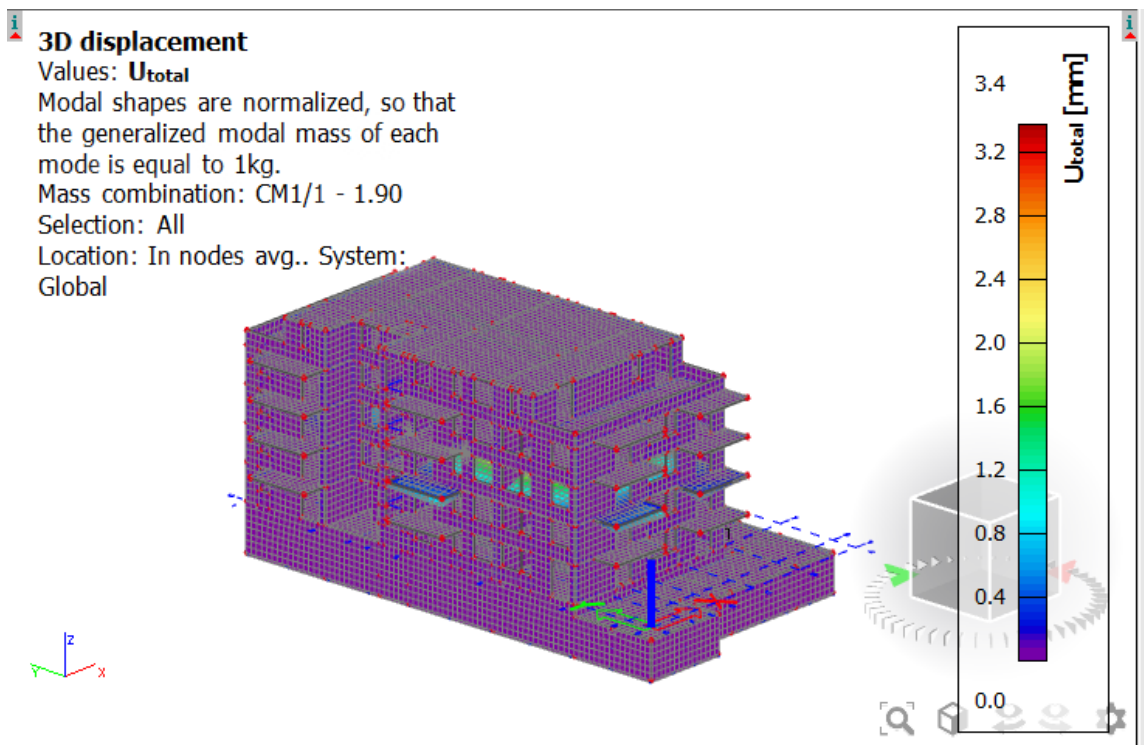
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Damp ratio	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$W_{xi\_R}/W_{xtot\_R}$	$W_{yi\_R}/W_{ytot\_R}$	$W_{zi\_R}/W_{ztot\_R}$
1	42.4731	0,15	6,76	0	0,0008	0,5618	0,0001	0,0747	0,0003	0,0122
2	47.6764	0,13	7,59	0	0,5394	0,0015	0,0009	0,0008	0,1590	0,0008
3	55.8588	0,11	8,89	0	0,0041	0,0000	0,1055	0,0002	0,0543	0,0002
4	58.5259	0,11	9,31	0	0,0016	0,0000	0,0033	0,0117	0,0608	0,0001
5	63.1106	0,10	10,04	0	0,0020	0,0002	0,0480	0,1138	0,0045	0,0052
6	64.937	0,10	10,34	0	0,0267	0,0041	0,0002	0,0068	0,0190	0,4557
7	68.9753	0,09	10,98	0	0,0001	0,0000	0,0241	0,0361	0,0002	0,0003
8	76.7074	0,08	12,21	0	0,0010	0,0000	0,0027	0,1019	0,0000	0,0008
9	78.7896	0,08	12,54	0	0,0001	0,0000	0,1550	0,0023	0,0032	0,0005
10	80.3476	0,08	12,79	0	0,0000	0,0001	0,0079	0,0052	0,0007	0,0001
11	82.6447	0,08	13,15	0	0,0005	0,0000	0,1166	0,0069	0,0000	0,0018
12	84.2588	0,07	13,41	0	0,0045	0,0000	0,0131	0,0291	0,0077	0,0013
13	92.226	0,07	14,68	0	0,0001	0,0000	0,0119	0,0653	0,0050	0,0002
14	95.5626	0,07	15,21	0	0,0000	0,0000	0,0006	0,0004	0,0128	0,0001
15	96.89	0,06	15,42	0	0,0000	0,0001	0,0542	0,0004	0,0117	0,0002
16	97.1771	0,06	15,47	0	0,0000	0,0000	0,0216	0,0016	0,0661	0,0006
17	104.352	0,06	16,61	0	0,0017	0,0003	0,0006	0,0272	0,0034	0,0000
18	117.615	0,05	18,72	0	0,0002	0,0026	0,0002	0,0026	0,0537	0,0000
19	124.634	0,05	19,84	0	0,0004	0,1060	0,0000	0,0256	0,0018	0,0025
20	137.374	0,05	21,86	0	0,2976	0,0012	0,0000	0,0016	0,1447	0,0339
21	163.762	0,04	26,06	0	0,0009	0,0130	0,0014	0,0011	0,0004	0,1088
22	176.353	0,04	28,07	0	0,0032	0,0526	0,0000	0,0048	0,0012	0,0016
23	185.277	0,03	29,49	0	0,0056	0,0111	0,0001	0,0013	0,0007	0,0386
24	199.509	0,03	31,75	0	0,0027	0,1601	0,0000	0,0337	0,0021	0,0004
25	216.978	0,03	34,53	0	0,0001	0,0147	0,0000	0,0031	0,0002	0,0000
26	239.713	0,03	38,15	0	0,0018	0,0016	0,0001	0,0008	0,0017	0,1842
27	250.526	0,03	39,87	0	0,0027	0,0025	0,0001	0,0002	0,0003	0,0358
28	270.41	0,02	43,04	0	0,0000	0,0031	0,0000	0,0008	0,0002	0,0001
29	274.36	0,02	43,67	0	0,0022	0,0005	0,0001	0,0001	0,0012	0,0184
30	290.005	0,02	46,16	0	0,0065	0,0005	0,0069	0,0015	0,0000	0,0053
31	306.458	0,02	48,77	0	0,0015	0,0009	0,0091	0,0004	0,0071	0,0040
32	324.98	0,02	51,72	0	0,0030	0,0000	0,0009	0,0008	0,0029	0,0039
33	343.426	0,02	54,66	0	0,0045	0,0001	0,0000	0,0000	0,0032	0,0001
34	363.215	0,02	57,81	0	0,0009	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001
35	914.135	0,01	145,49	0	0,0000	0,0000	0,1895	0,0143	0,1464	0,0001
36	921.52	0,01	146,66	0	0,0001	0,0000	0,0031	0,3624	0,0061	0,0000
0	0	0,00	0,00	0	0,9166	0,9390	0,7778	0,9396	0,7828	0,9179

Ukupna aktivirana masa je do 92% u X smjeru i 94% u Y smjeru.

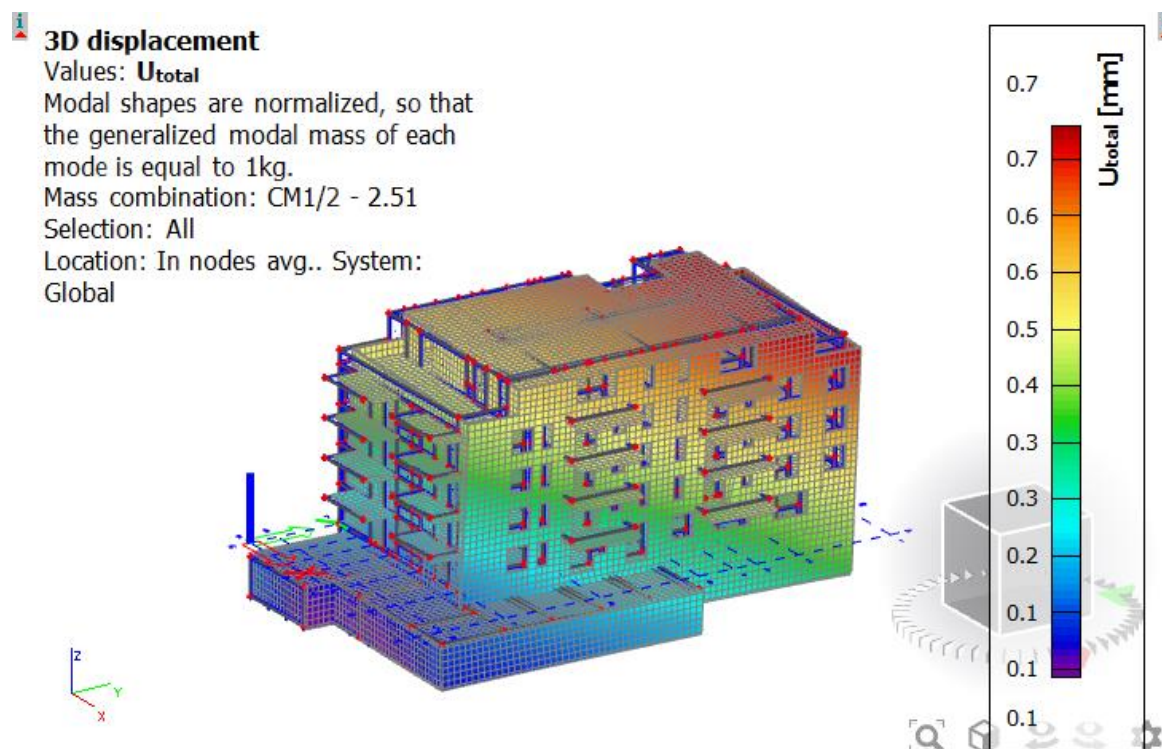
Prikaz vl. oblika na projektom spektru odgovora



slika 2.6. Prikaz vl.oblika na projektom spektru odgovora



slika 2.7. 1. vlastiti oblik



slika 2.8. 2. vlastiti oblik

Ukupna potresna sila

## Dynamic load case 28 : LC5

Dynamic load case 59 : LC5

Mode	Freq. [Hz]	Damp ratio	Damp coef.	Wi/Wtot [-]	Sax [m/s <sup>2</sup> ]	Say [m/s <sup>2</sup> ]	Saz [m/s <sup>2</sup> ]	G(j) [-]	Fx [kN]	Fy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	1.90	0.05	1	0.0000	2.256	0.677	0.000	-0.1528	0.24	-0.08	0.84	-2.04
2	2.51	0.05	1	0.7770	2.256	0.677	0.000	19.8244	10188.24	1690.45	-11941.95	-71373.18
3	2.89	0.05	1	0.0001	2.256	0.677	0.000	0.1685	-21.02	74.65	-479.24	133.52
4	2.96	0.05	1	0.0118	2.256	0.677	0.000	1.7529	-149.61	1038.91	-6523.15	964.17
5	3.68	0.05	1	0.0495	2.256	0.677	0.000	2.3248	522.34	528.90	-2828.97	-3062.57
6	6.45	0.05	1	0.0779	2.155	0.646	0.000	0.9034	1053.28	-96.71	-582.97	6826.27
7	6.87	0.05	1	0.0445	2.134	0.640	0.000	0.5962	374.85	680.79	6651.70	3244.25
8	7.21	0.05	1	0.0355	2.119	0.636	0.000	0.4806	514.28	-186.83	-2203.33	5466.61
9	7.94	0.05	1	0.0000	2.090	0.627	0.000	0.0042	0.98	-3.09	-57.47	14.52
10	8.98	0.05	1	0.0005	2.057	0.617	0.000	0.0342	0.31	18.23	518.97	35.19
11	9.84	0.05	1	0.0000	2.035	0.610	0.000	-0.0087	1.11	-1.89	-107.00	16.09
12	10.07	0.05	1	0.0015	2.030	0.609	0.000	-0.0478	12.67	17.91	586.48	365.55
13	11.27	0.05	1	0.0000	2.006	0.602	0.000	0.0055	0.39	-0.03	6.08	32.70
14	11.59	0.05	1	0.0001	2.000	0.600	0.000	-0.0080	0.92	-0.11	14.07	57.85
15	12.03	0.05	1	0.0005	1.993	0.598	0.000	-0.0187	6.57	-2.89	-150.24	454.51
16	12.51	0.05	1	0.0000	1.986	0.596	0.000	-0.0020	0.08	-0.02	1.33	1.61
17	13.19	0.05	1	0.0000	1.977	0.593	0.000	-0.0005	0.01	0.00	0.25	-0.54
18	13.43	0.05	1	0.0000	1.973	0.592	0.000	-0.0015	0.07	-0.02	7.28	3.05
19	13.77	0.05	1	0.0000	1.969	0.591	0.000	-0.0011	0.04	-0.02	-0.30	4.72
20	14.11	0.05	1	0.0000	1.966	0.590	0.000	-0.0011	0.03	0.02	-2.04	1.30
21	15.85	0.05	1	0.0000	1.947	0.584	0.000	0.0016	0.10	0.09	0.35	-9.65
22	17.63	0.05	1	0.0000	1.934	0.580	0.000	-0.0025	-0.28	2.52	31.68	-0.64
23	20.11	0.05	1	0.0009	1.918	0.575	0.000	-0.0091	10.83	0.59	1.26	164.94
24	20.70	0.05	1	0.0000	1.915	0.575	0.000	-0.0003	-0.03	0.13	-1.23	-1.71
25	22.79	0.05	1	0.0000	1.904	0.571	0.000	0.0009	0.15	0.08	1.66	8.28
26	23.61	0.05	1	0.0000	1.901	0.570	0.000	-0.0002	-0.01	0.04	1.62	-1.95
27	24.14	0.05	1	0.0000	1.899	0.570	0.000	0.0002	0.01	-0.01	-1.35	-1.52
28	26.43	0.05	1	0.0000	1.892	0.568	0.000	0.0003	-0.02	0.21	15.02	-0.42
29	29.34	0.05	1	0.0001	1.882	0.565	0.000	0.0012	0.98	-0.24	-8.06	14.70
30	31.29	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	0.0002	-0.03	0.17	7.44	1.70
31	34.16	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	-0.0004	0.13	0.27	18.00	8.04
32	34.75	0.05	1	0.0001	1.880	0.564	0.000	0.0007	0.58	0.23	18.85	-1.22
33	38.32	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	0.0001	0.03	0.03	0.46	-5.50
34	42.61	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	-0.0001	0.02	0.01	0.87	1.15
35	46.65	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	0.0002	0.12	0.04	5.74	0.95
36	51.38	0.05	1	0.0000	1.880	0.564	0.000	0.0000	0.00	0.00	0.21	1.42
Level=	0.00			1.0000					10276.70	2175.01	15604.07	72054.42

**Dynamic load case 29 : LC6****Dynamic load case 60 : LC6**

Mode	Freq. [Hz]	Damp ratio	Damp coef.	Wi/Wtot [-]	Sax [m/s <sup>2</sup> ]	Say [m/s <sup>2</sup> ]	Saz [m/s <sup>2</sup> ]	G(j) [-]	Fx [kN]	Fy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	1.90	0.05	1	0.0000	0.677	2.256	0.000	0.0101	-0.02	0.01	-0.06	0.14
2	2.51	0.05	1	0.1531	0.677	2.256	0.000	8.7986	4521.84	750.27	-5300.19	-31677.50
3	2.89	0.05	1	0.2463	0.677	2.256	0.000	8.3593	-1042.59	3703.13	-23773.72	6623.65
4	2.96	0.05	1	0.4429	0.677	2.256	0.000	10.7511	-917.62	6372.18	-40009.78	5913.75
5	3.68	0.05	1	0.0501	0.677	2.256	0.000	2.3405	525.86	532.47	-2848.06	-3083.23
6	6.45	0.05	1	0.0036	0.646	2.155	0.000	0.1934	225.48	-20.70	-124.80	1461.35
7	6.87	0.05	1	0.0835	0.640	2.134	0.000	0.8167	513.48	932.56	9111.61	4444.03
8	7.21	0.05	1	0.0002	0.636	2.119	0.000	-0.0341	-36.53	13.27	156.49	-388.27
9	7.94	0.05	1	0.0116	0.627	2.090	0.000	-0.2235	-51.86	163.53	3039.89	-767.73
10	8.98	0.05	1	0.0046	0.617	2.057	0.000	0.1085	0.97	57.85	1646.68	111.65
11	9.84	0.05	1	0.0004	0.610	2.035	0.000	0.0251	-3.21	5.50	310.87	-46.74
12	10.07	0.05	1	0.0021	0.609	2.030	0.000	-0.0576	15.25	21.55	705.55	439.76
13	11.27	0.05	1	0.0000	0.602	2.006	0.000	-0.0012	0.08	-0.01	1.32	7.12
14	11.59	0.05	1	0.0000	0.600	2.000	0.000	-0.0015	0.17	-0.02	2.57	10.59
15	12.03	0.05	1	0.0000	0.598	1.993	0.000	0.0030	-1.06	0.46	24.15	-73.05
16	12.51	0.05	1	0.0000	0.596	1.986	0.000	-0.0002	0.01	0.00	0.14	0.16

Mode	Freq. [Hz]	Damp ratio	Damp coef.	Wi/Wtot [-]	Sax [m/s <sup>2</sup> ]	Say [m/s <sup>2</sup> ]	Saz [m/s <sup>2</sup> ]	G(j) [-]	Fx [kN]	Fy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
17	13.19	0.05	1	0.0000	0.593	1.977	0.000	-0.0002	0.00	0.00	0.11	-0.24
18	13.43	0.05	1	0.0000	0.592	1.973	0.000	0.0001	0.00	0.00	-0.38	-0.16
19	13.77	0.05	1	0.0000	0.591	1.969	0.000	0.0004	-0.01	0.01	0.10	-1.61
20	14.11	0.05	1	0.0000	0.590	1.966	0.000	-0.0009	0.03	0.02	-1.70	1.08
21	15.85	0.05	1	0.0000	0.584	1.947	0.000	0.0016	0.10	0.09	0.34	-9.52
22	17.63	0.05	1	0.0011	0.580	1.934	0.000	-0.0127	-1.45	12.96	162.66	-3.30
23	20.11	0.05	1	0.0001	0.575	1.918	0.000	-0.0032	3.78	0.21	0.44	57.53
24	20.70	0.05	1	0.0001	0.575	1.915	0.000	-0.0027	-0.23	1.17	-11.12	-15.47
25	22.79	0.05	1	0.0000	0.571	1.904	0.000	0.0006	0.11	0.05	1.17	5.86
26	23.61	0.05	1	0.0000	0.570	1.901	0.000	-0.0009	-0.03	0.23	8.87	-10.64
27	24.14	0.05	1	0.0000	0.570	1.899	0.000	-0.0002	-0.02	0.02	2.05	2.30
28	26.43	0.05	1	0.0001	0.568	1.892	0.000	0.0015	-0.08	0.93	67.08	-1.86
29	29.34	0.05	1	0.0000	0.565	1.882	0.000	0.0001	0.06	-0.01	-0.48	0.87
30	31.29	0.05	1	0.0001	0.564	1.880	0.000	0.0013	-0.25	1.37	59.64	13.62
31	34.16	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	-0.0006	0.19	0.39	26.05	11.63
32	34.75	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	0.0005	0.36	0.14	11.63	-0.75
33	38.32	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	0.0002	0.03	0.03	0.51	-6.08
34	42.61	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	-0.0001	0.01	0.00	0.52	0.68
35	46.65	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	0.0001	0.06	0.02	3.17	0.52
36	51.38	0.05	1	0.0000	0.564	1.880	0.000	0.0000	0.00	0.00	-0.06	-0.40
Level=	0.00			1.0000					4792.85	7487.68	47935.59	33386.50

**2.1.4. Pomaci konstrukcije**

Rezultati se prikazuju na modelu sa 50% krutosti vertikalnih nosivih elemenata ( zidovi).

Promatraju se pomaci uslijed djelovanja potresa, krutost elemenata pri savijanju i posmiku je usvojena 50%; prema HRN EN 1998-1; 4.3.1.7

### 2.1.4.1 Pomaci konstrukcije uslijed djelovanja potresa za smjer X

Računsko ubrzanje tla: (TNCR=95 godina; 10 godina; PNCR=10%):

$agr,GSU=0.090\text{ g} = 0,8829\text{m/s}^2$ ; faktor ponašanja  $q=1,0$

Pomaci [mm] u smjeru X za djelovanje potresa u X, smjeru broj deformabilnih etaža: 5

#### 3D displacement

Values:  $u_x$

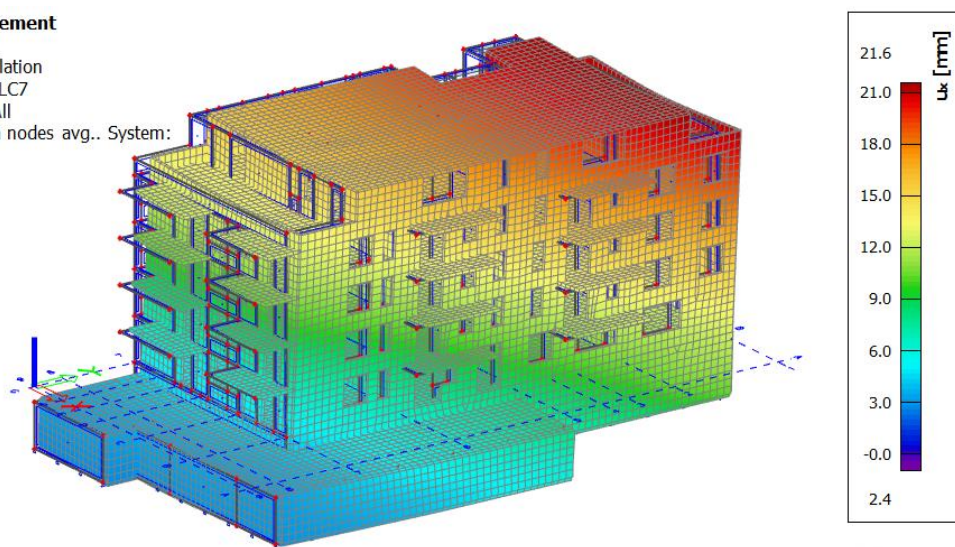
Linear calculation

Load case: LC7

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global



slika 2.9. Pomaci za potres  $S_x$

Ograničenje međukatnog pomaka:  $d_r \leq 0.0075\text{ h}$

$d_s=21,6\text{ mm}$ ;  $d_r \cong d_s/\text{broj def. etaža} = 21.6/5 = \mathbf{4.32\text{mm}} < \mathbf{d_{r,dop} = 0.0075*3000= 22,50\text{mm}}$

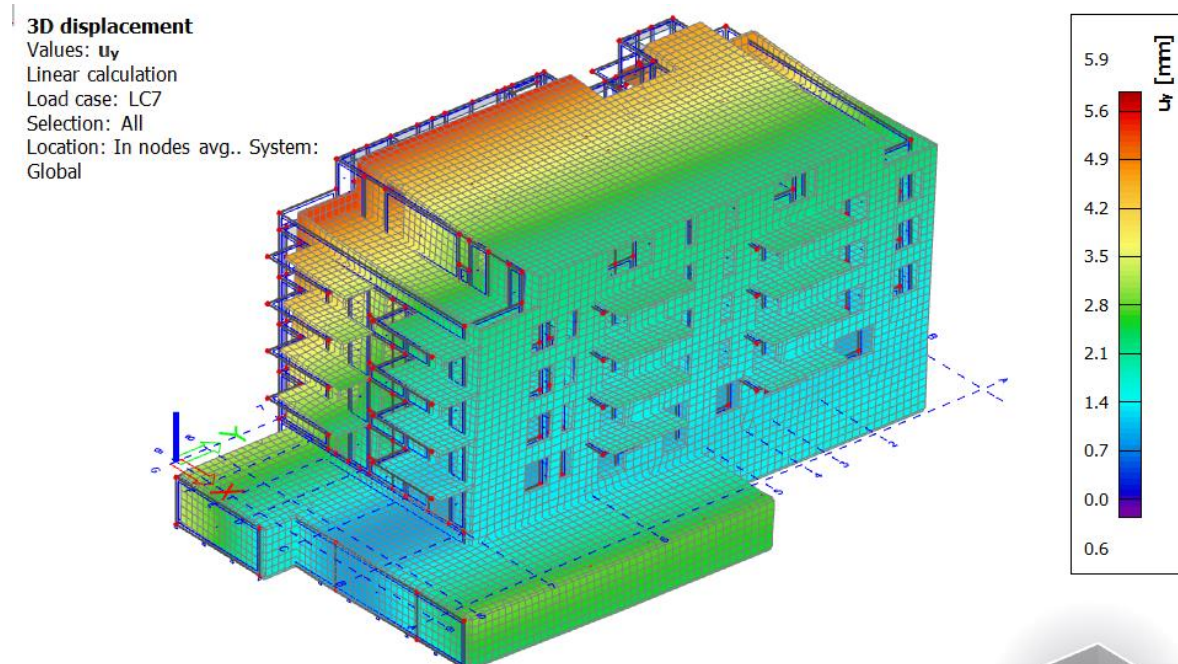
Konstrukcija zadovoljava zahtjev međukatnog pomaka u X smjeru.

## 2.1.4.2 Pomaci konstrukcije uslijed djelovanja potresa za smjer Y

Računsko ubrzanje tla: (TNCR=95 godina; 10 godina; PNCR=10%):

agr,GSU=0.090 g = 0,8829m/s<sup>2</sup>;faktor ponašanja q=1,0

Pomaci [mm] u smjeru X za djelovanje potresa u Y, smjeru broj deformabilnih etaža: 5

slika 2.10. Pomaci za potres  $S_y$ Ograničenje međukatnog pomaka:  $d_r \leq 0.0075 h$  $d_s = 5.9 \text{ mm}$ ;  $d_r \cong d_s / \text{broj def. etaža} = 5.9 / 5 = 1.18 \text{ mm} < d_{r,dop} = 0.0075 * 3000 = 22,50 \text{ mm}$ 

Konstrukcija zadovoljava zahtjev međukatnog pomaka u Y smjeru.

## 2.2. Kontrola linearne stabilnosti

Kontrolira se linearna stabilnost

### Stability combinations

Name	Load cases	Coeff. [-]
S1	LC1 - vlastita težina	1,35
	LC2 - dodatno stalno	1,35
	LC2a - dodatno stalno zelenilo	1,35
	LC3 - korisno etaže	1,50
	LC3a - korisno krov	1,50
	LC3b - korisno zelenilo	1,50
	LC4 - snijeg	0,60
	LC9 - stalno tlo	1,35
	LC10 - pokretno tlo	1,50

### Critical load coefficients

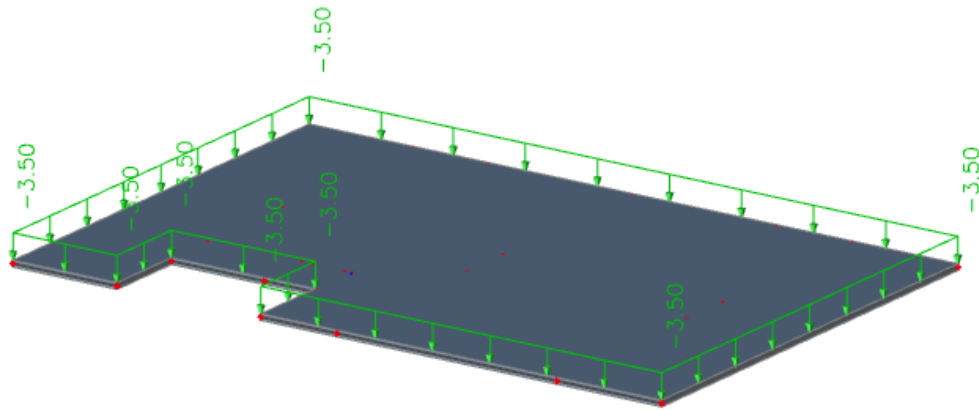
N	f [°]
Stability combination : S1	
1	58,67
2	63,97



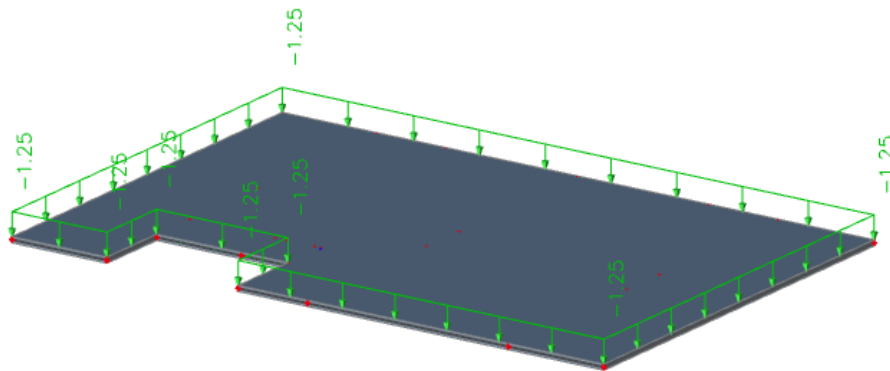
### **3. PRORAČUN MEĐUKATNIH PLOČA**

### 3.1. Pozicija 700-Krovna ploča

#### 3.1.1. Prikaz opterećenja



Slika 3.1.: Dodatno stalno



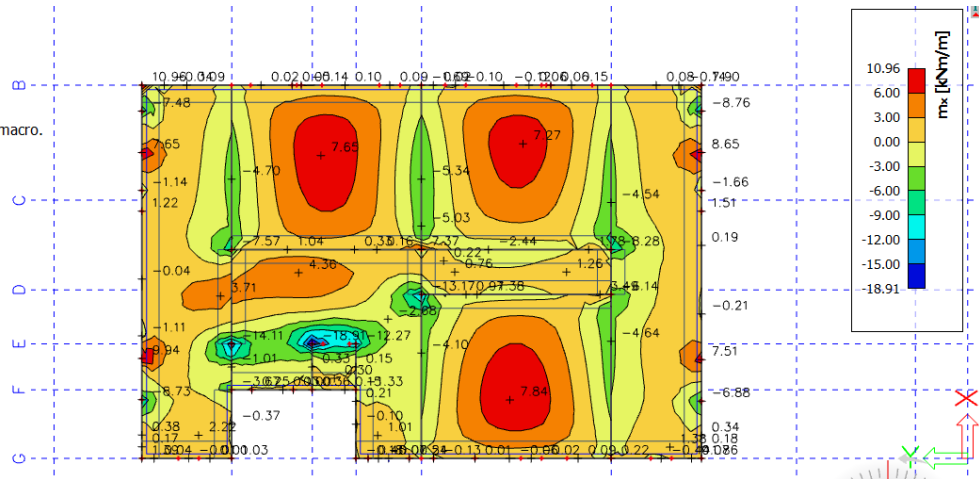
Slika 3.2.: Opterećenje snijegom

### 3.1.2. Rezultati proračuna

#### 3.1.2.1. Vlastita težina

**2D internal forces**

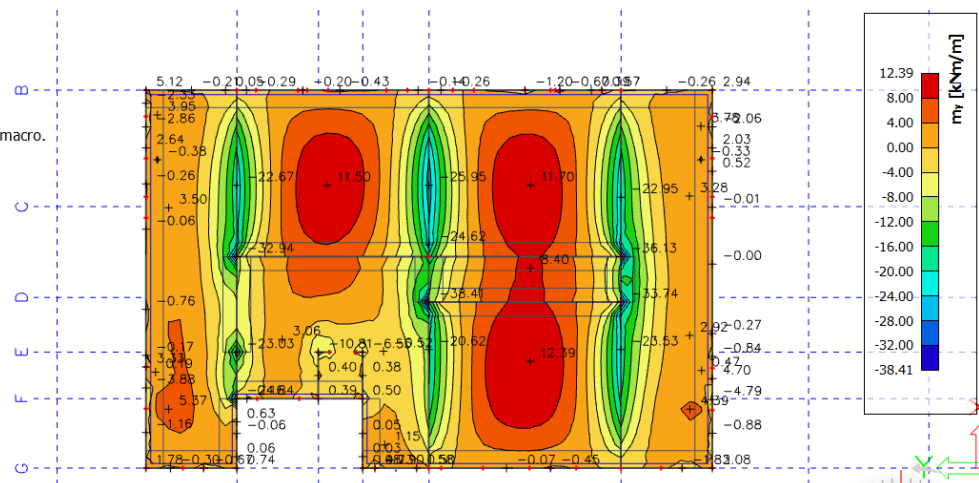
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: LC1  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 3.3. Moment savijanja  $M_x$

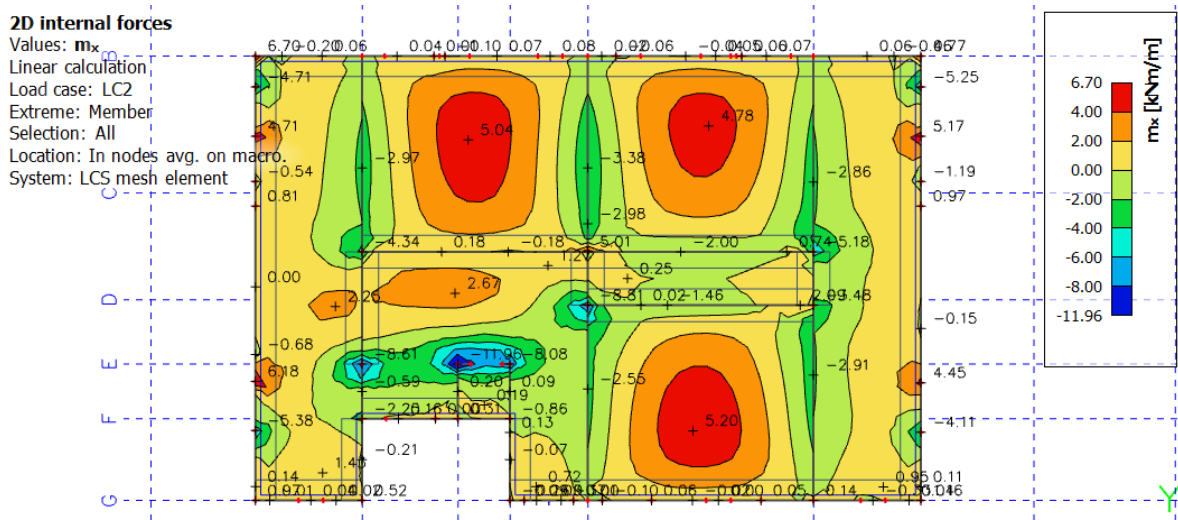
**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: LC1  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element

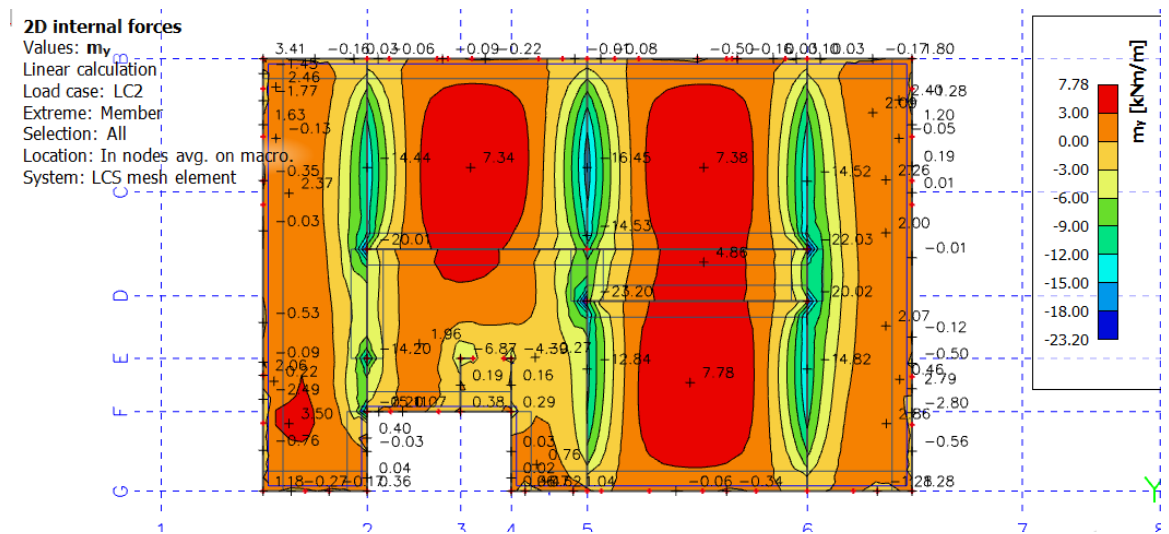


Slika 3.4. Moment savijanja  $M_y$

3.1.2.2. Dodatno stalno opterećenje

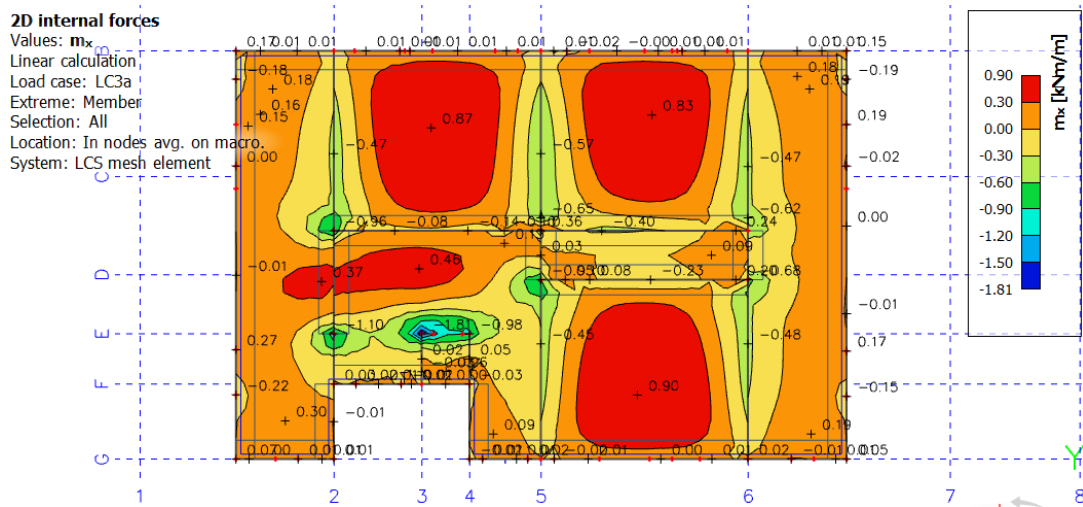


Slika 3.5. Moment savijanja  $M_x$

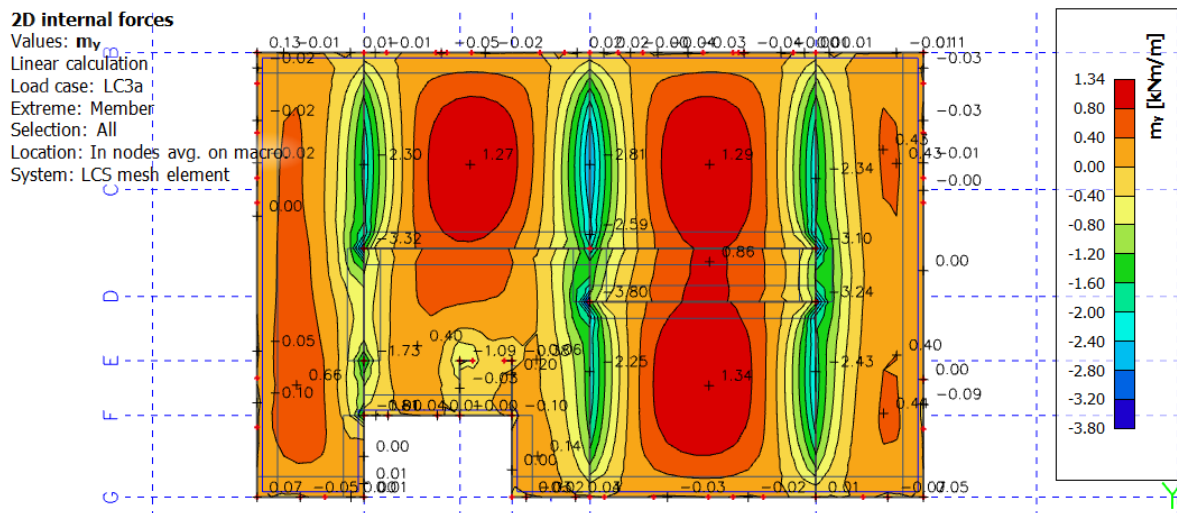


Slika 3.6. savijanja  $M_y$

### 3.1.2.3. Pokretno opterećenje



Slika 3.7. Moment savijanja  $M_x$

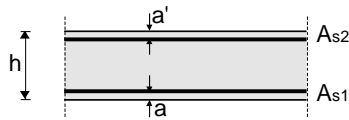


Slika 3.8. Moment savijanja  $M_y$



### 3.1.3. Dimenzioniranje

Poprečni presjek ploče:



$$h=22.0 \text{ cm}$$

$$d=19.0 \text{ cm}$$

$$a=a'=3.0 \text{ cm}$$

#### BETON:

C30/37

$$f_{ck}=30.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=30.0/1.5=20.00 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=2.00 \text{ kN/cm}^2$$

#### ARMATURA:

B500B

$$f_{yk}=500.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=500.0/1.15=434.78 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=43.48 \text{ kN/cm}^2$$

#### Proračun armature ploče u polju:

$$G_{S1} = 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot (0,6Q + S_n) =$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (7,78 + 12,39) + 1,5 \cdot (1,34 + 2,84) = 33,49 \text{ kNm/m'}$$

- Bezdimezionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,49 \cdot 100}{100 \cdot 19,0^2 \cdot 2,00} = 0,046$$

– Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0,048$  :  $\epsilon_{s1}=10,0 \text{ ‰}$ ;  $\epsilon_{c2}=1,3 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0,959$ ;  $\xi=0,115$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{33,49 \cdot 100}{0,959 \cdot 19,0 \cdot 43,48} = 4,20 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,6 \cdot 100 \cdot \frac{19,0}{434,75} = 2,62 \text{ cm}^2 \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 19,0$$

$$= 2,47 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **Q-503 ( $A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2$ )**

**Proračun armature ploče u nad ležajem:**

$$\text{GSN 1: } 1,35 \cdot (G + G_{\text{dod}}) + 1,5 \cdot (0,6 \cdot Q + S_n)$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (12,80 + 7,73) + 1,5 \cdot (0,6 \cdot 3,80 + 2,6) = 35,03 \text{ kNm/m'}$$

- Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33,42 \cdot 100}{100 \cdot 19,0^2 \cdot 2,00} = 0,048$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0,048$ :  $\epsilon_{s1}=10,0$  ‰;  $\epsilon_{c2}=1,3$  ‰;  $\zeta=0,959$ ;  $\xi=0,130$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{35,03 \cdot 100}{0,959 \cdot 19,0 \cdot 43,48} = 4,42 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

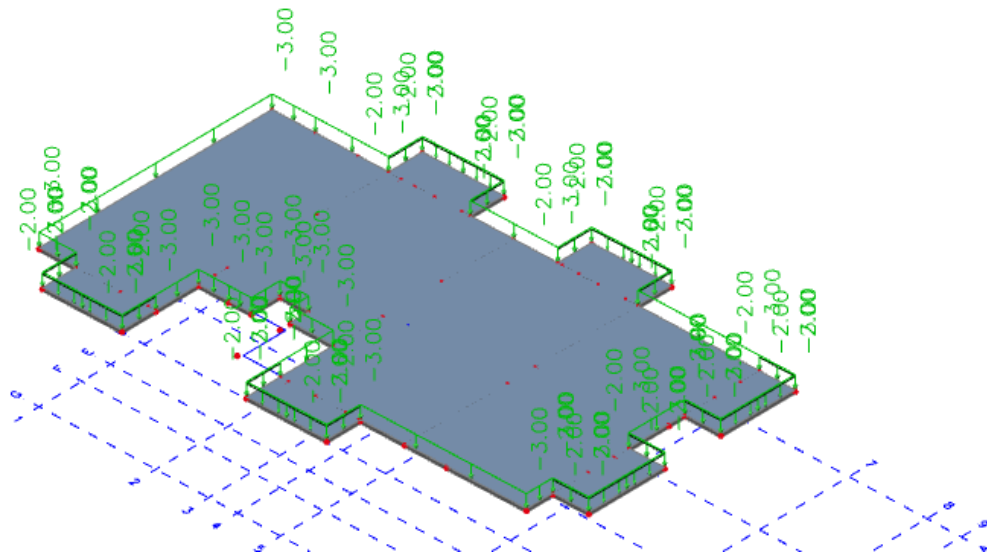
$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0,6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,6 \cdot 100 \cdot \frac{19,0}{434,75} = 2,62 \text{ cm}^2 \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 19,0 \\ &= 2,47 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ODABRANA ARMATURA NA LEŽAJU: **Q-503**( $A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2$ )

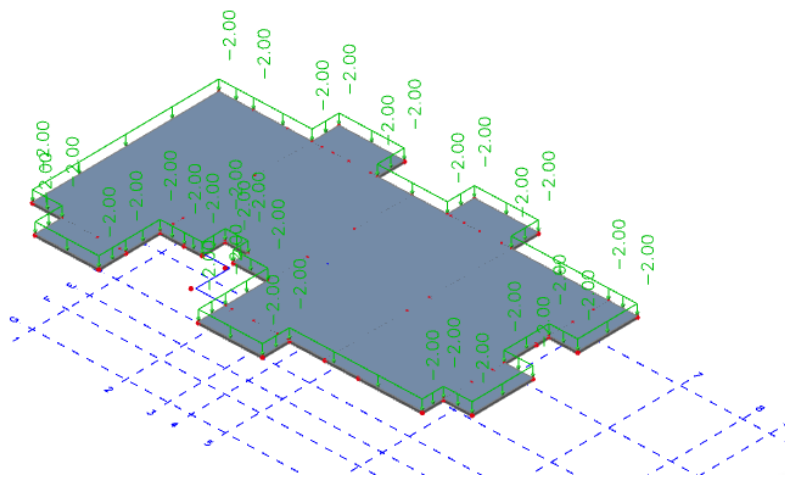


### 3.2. Pozicija 600,500,400,300,200 – međukatne ploče

#### 3.2.1. Prikaz opterećenja



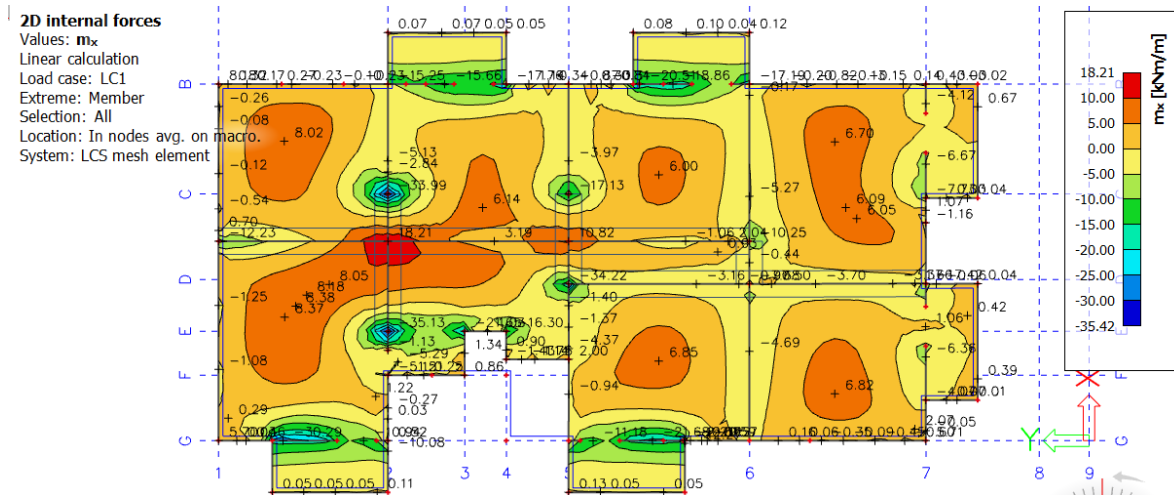
Slika 3.11. Dodatno stalno



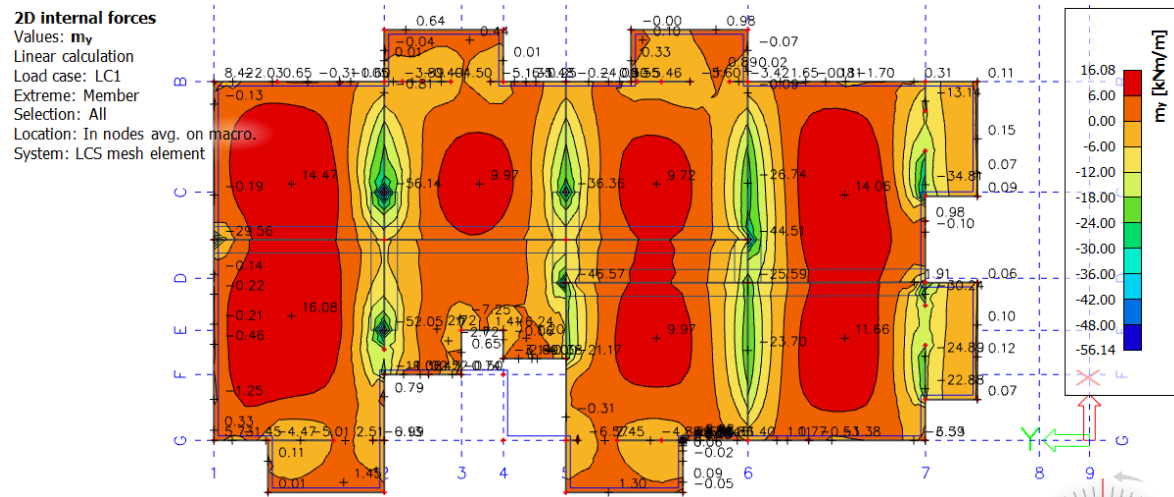
Slika 3.12. Pokretno opterećenje

### 3.2.2. Rezultati proračuna

#### 3.2.2.1. Vlastita težina

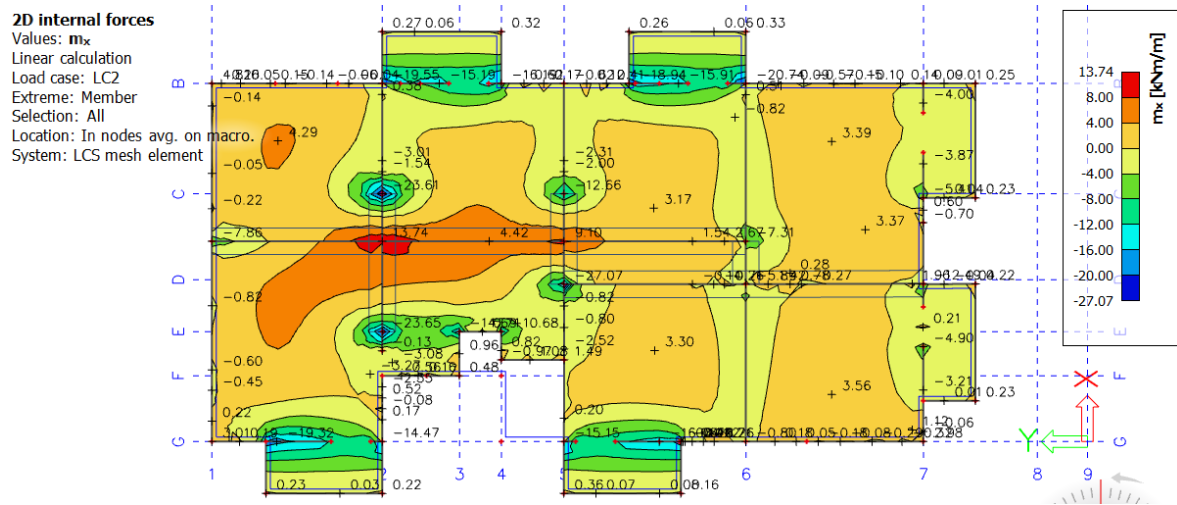


Slika 3.13. Moment savijanja  $M_x$

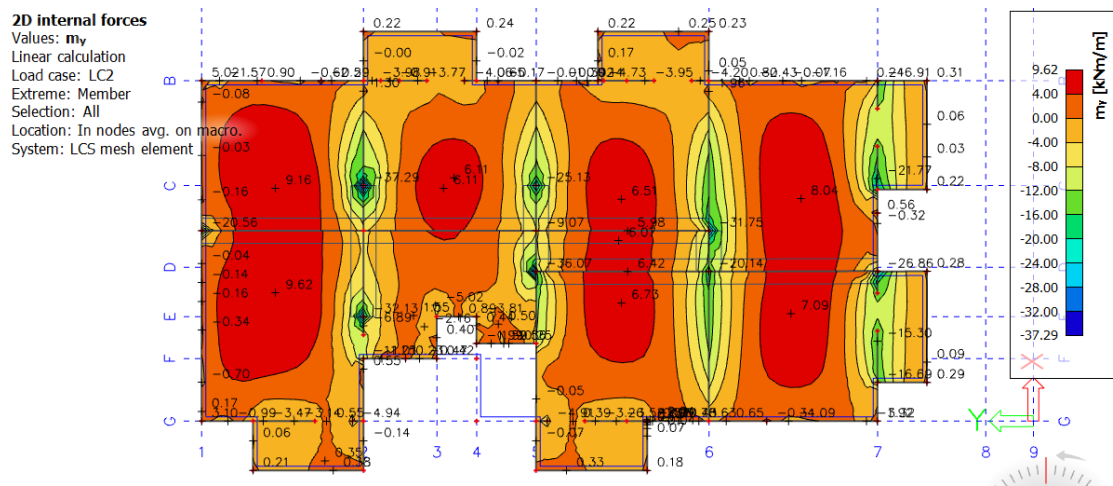


Slika 3.14. Moment savijanja  $M_y$

### 3.2.2.2. Dodatno stalno opterećenje

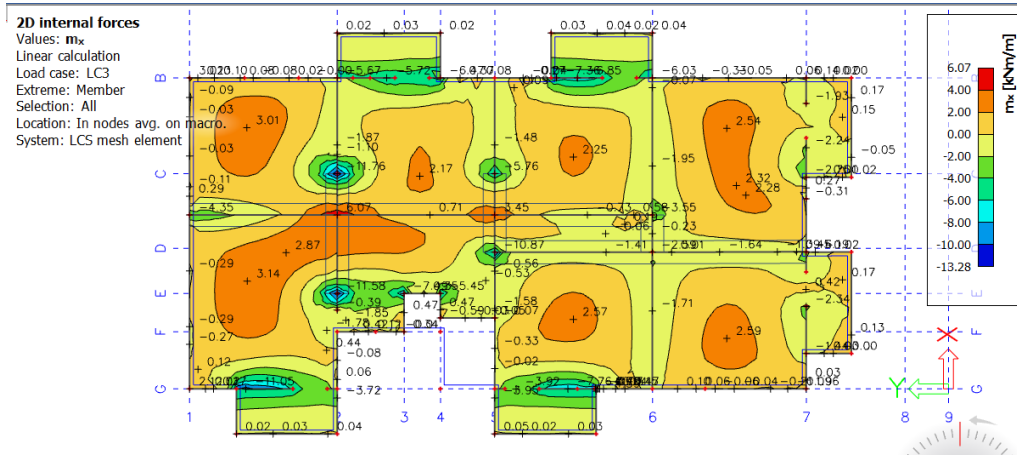


Slika 3.15. Moment savijanja  $M_x$

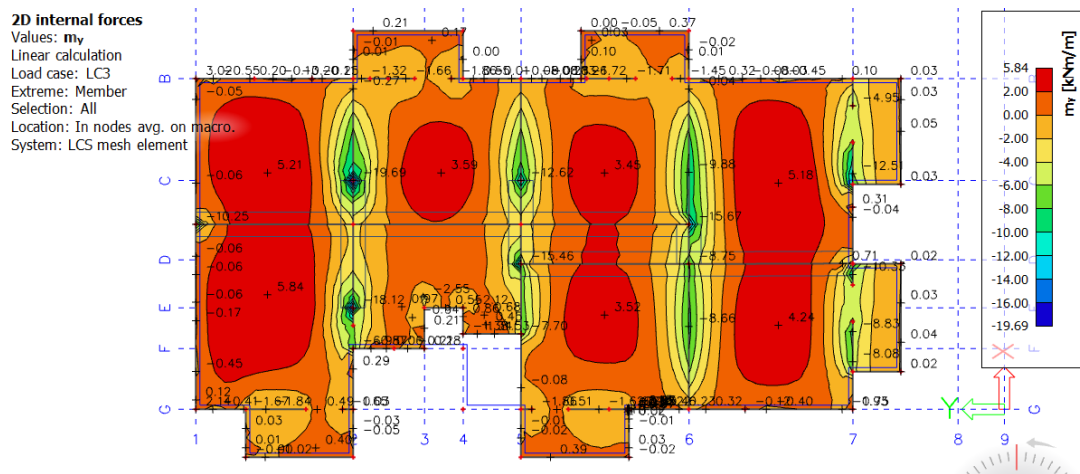


Slika 3.16. Moment savijanja  $M_y$

3.2.2.3. Pokretno opterećenje



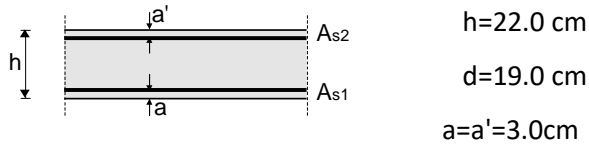
Slika 3.17. Moment savijanja  $M_x$



Slika 3.18. Moment savijanja  $M_y$

### 3.2.3. Dimenzioniranje

Poprečni presjek ploče:



$$h=22.0 \text{ cm}$$

$$d=19.0 \text{ cm}$$

$$a=a'=3.0 \text{ cm}$$

#### BETON:

C30/37

$$f_{ck}=30.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=30.0/1.5=20.00 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd}=2.00 \text{ kN/cm}^2$$

#### ARMATURA:

B500B

$$f_{yk}=500.0 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=500.0/1.15=434.78 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd}=43.48 \text{ kN/cm}^2$$

#### Proračun armature ploče u polju:

$$\text{GSN 1: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (16.08 + 9.62) + 1,5 \cdot 5.84 = 43.45 \text{ kNm/m'}$$

- Bezdimezionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{43.45 \cdot 100}{100 \cdot 19.0^2 \cdot 2.00} = 0.060$$

– Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.065$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.6 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.950$ ;  $\xi=0.138$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{43.45 \cdot 100}{0.950 \cdot 19.0 \cdot 43.48} = 5.53 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 100 \cdot \frac{19.0}{434.75} = 2.62 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 100 \cdot 19.0$$

$$= 2.47 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **Q-636 ( $A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2$ )**

**Proračun armature ploče u nad ležajem:**

$$\text{GSN 1: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (23.70 + 12.43) + 1,5 \cdot 9.8 = 63.48 \text{ kNm/m'}$$

- Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{63.48 \cdot 100}{100 \cdot 19.0^2 \cdot 2.00} = 0.087$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.089$ :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=2.0 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.938$ ;  $\xi=0.167$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{63.48 \cdot 100}{0.938 \cdot 19.0 \cdot 43.48} = 8.19 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

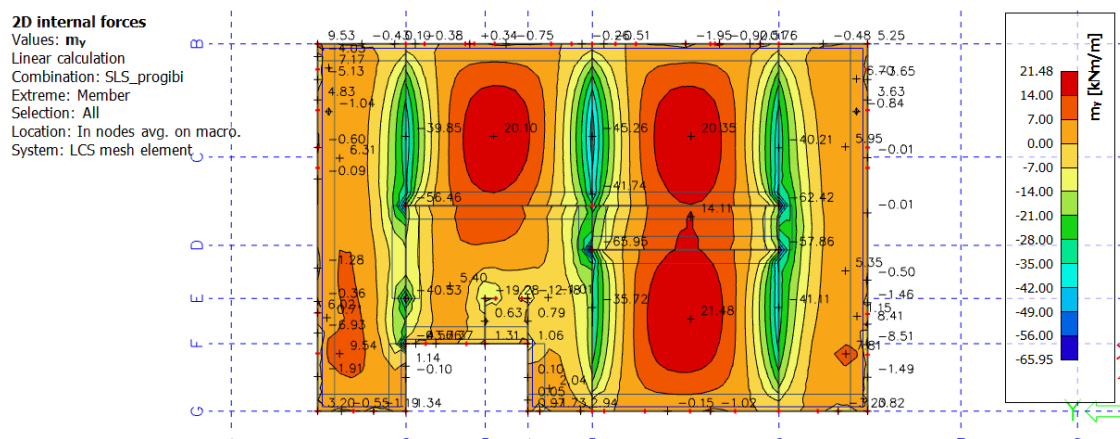
$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 100 \cdot \frac{19.0}{434.75} = 2.62 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 100 \cdot 19.0 \\ &= 2.47 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

**ODABRANA ARMATURA NA LEŽAJU: Q-283+ø 12/20 cm(8.48 cm<sup>2</sup>)**

### 3.3. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti

#### 3.3.1. Kontrola pukotina

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja (1,0·g + 1,0·Δg + 1,0·q).



Slika 3.19. Vrijednost momenta savijanja za GSU

- Očitana maksimalna vrijednost momenta savijanja na ploči iznosi  $M_{Ed}=65.95\text{kNm}$ .

- Prognoza širine pukotine:

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

- Proračun srednje deformacije armature:

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

$$k_t = 0.4 - \text{dugotrajno opterećenje}$$

$$E_s = 200.0 \text{ Gpa} - \text{modul elastičnosti armature}$$

$$E_{c,m} = 32,84 \text{ Gpa} - \text{modul elastičnosti betona}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32.84} = 6.09 - \text{odnos modula elastičnosti}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.24}{100 \cdot 3 \cdot 2.5} = 0.0056$$

- djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.09 \cdot 4.24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 19}{6.09 \cdot 4.24}} \right) = 2.88\text{cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{23.30 \cdot 100}{\left(19.0 - \frac{2.88}{3}\right) \cdot 4.24} = 30.46 \frac{kN}{cm^2} = 304.61 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{304.61 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.0056} \cdot (1 + 6.09 \cdot 0.0056)}{200000.0} \geq 0.6 \cdot \frac{304.61}{200000.0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0005 \leq 0.000914$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

$$c = 30 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0.8 - \text{rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0.5 - \text{savijanje}$$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{7}{0.0056} = 314.50 \text{ mm}$$

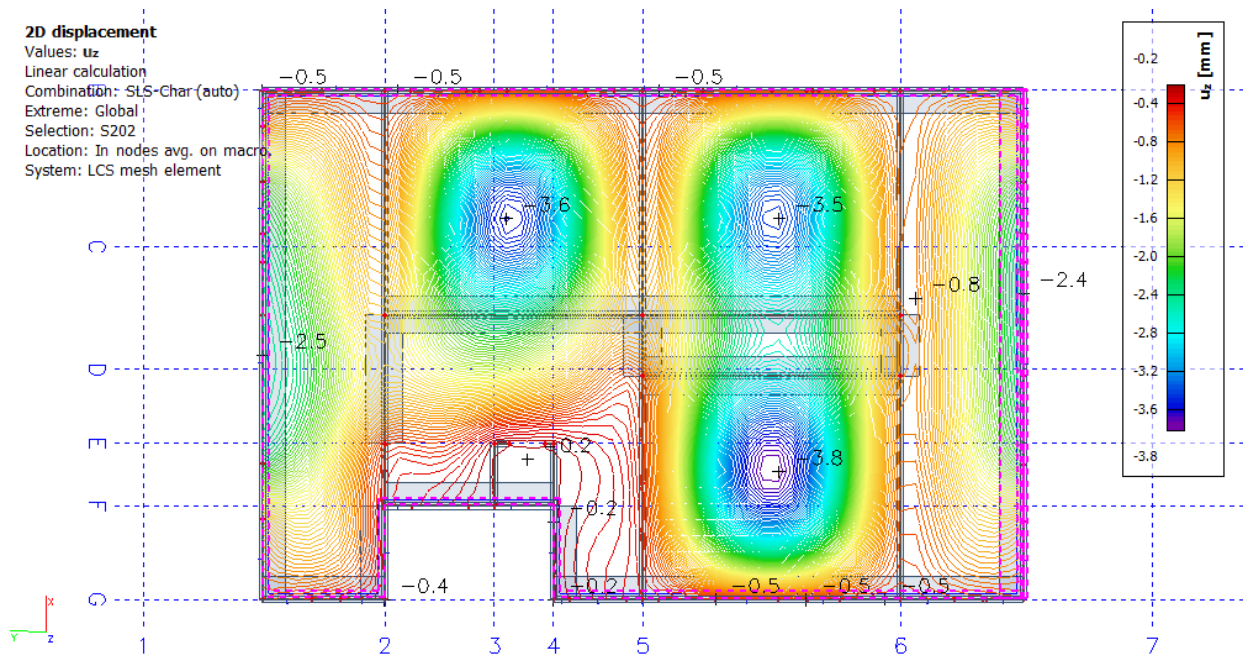
Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = 314.50 \cdot (0.000914) = 0.287 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

→ PUKOTINE ZADOVOLJAVAJU



### 3.3.2. Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba)



Slika 3.20. Vrijednost progiba na ploči

Granični progib:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{770}{250} = 3.08 \text{ cm}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 22 \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22 \left[ \frac{38}{10} \right]^{0.3} = 32.83 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32.83} = 6.09$$

$$\delta_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

Za sustav proste grede koeficijent  $k$  iznosi  $5/48$ .

$$A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 12.74 \text{ cm}^2$$

$$I_l = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 22^3}{12} + 6.09 \cdot \left[ 4.24 \cdot \left( \frac{22}{2} - 3 \right)^2 + 12.74 \cdot \left( \frac{22}{2} - 3 \right)^2 \right] = 95351.46 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{65.95 \cdot 100}{32830 \cdot 95351.46} = 2.23 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$$

Progib potpuno raspucalog elementa

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right) = 2.88 \text{ cm}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{100 \cdot 2.88^3}{12} + 100 \cdot 2.88 \cdot \left( \frac{2.88}{2} \right)^2 + 6.09 \cdot [4.24 \cdot (19 - 2.88)^2 + 12.74 \cdot (2.88 - 3)^2] \\ &= 7507.24 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{65.95 \cdot 100}{32830 \cdot 7507.24} = 2.83 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{65.95 \cdot 100}{\left( 19 - \frac{2.88}{3} \right) \cdot 4.24} = 91.424 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 914.24 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.38 \cdot \frac{100 \cdot 22^2}{6} = 3065.33 \text{ kNcm} = 30.65 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = \frac{30.65 \cdot 100}{\left( 19 - \frac{2.88}{3} \right) \cdot 4.24} = 40.07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 400.70 \text{ Mpa}$$

$$\zeta = 1 - \beta \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{s1}} \right)^2 = 1 - 0.5 \cdot \left( \frac{400.70}{914.24} \right)^2 = 0.9$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} = 0.9 \cdot 2.83 \cdot 10^{-5} + (1 - 0.9) \cdot 2.23 \cdot 10^{-6} = 2.57 \cdot 10^{-5}$$

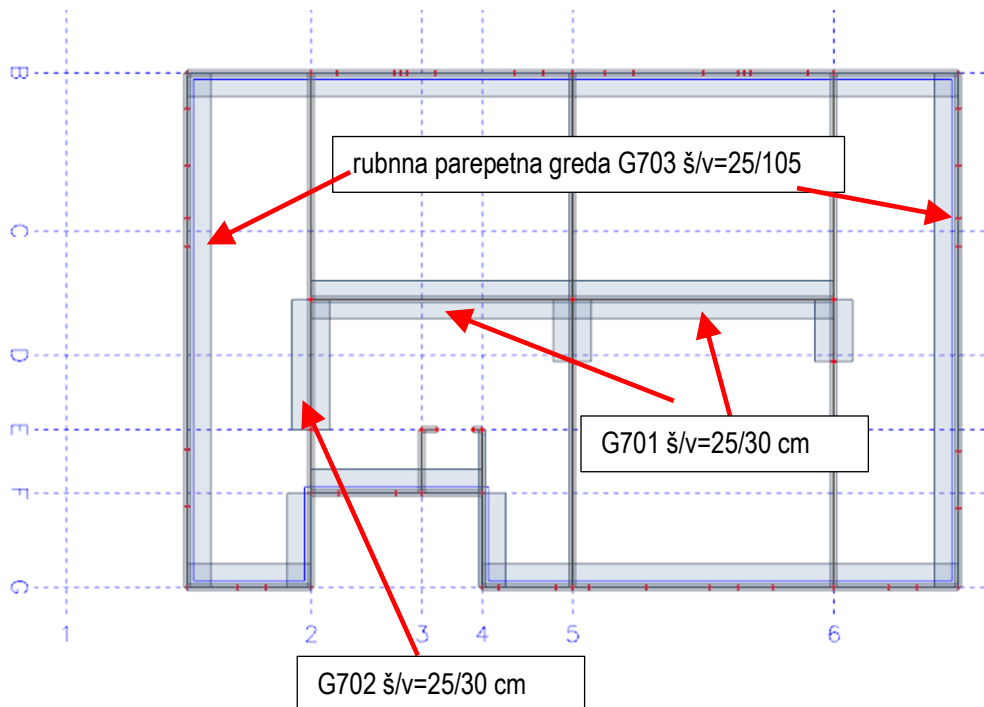
$$\delta_{\text{tot,t=0}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.091 \cdot 770^2 \cdot 2.57 \cdot 10^{-5} = 1.38 \text{ cm} < \delta_{\text{lim}}$$

→ PROGIBI ZADOVOLJAVAJU

## **4. PRORAČUN AB GREDA**

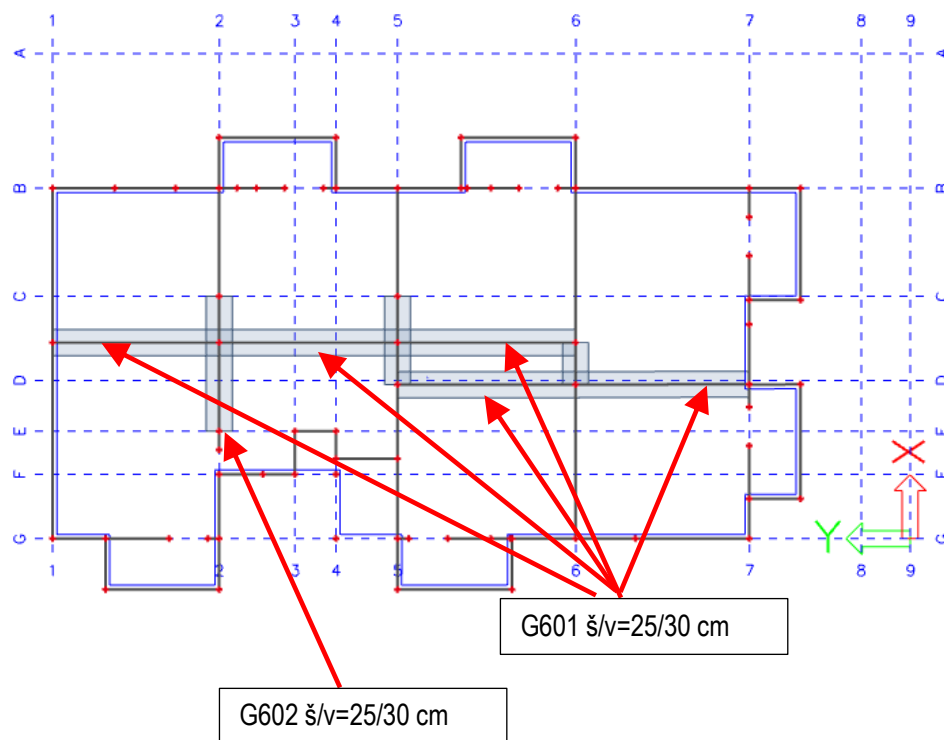
#### 4.1. Plan pozicija

##### POZ 700

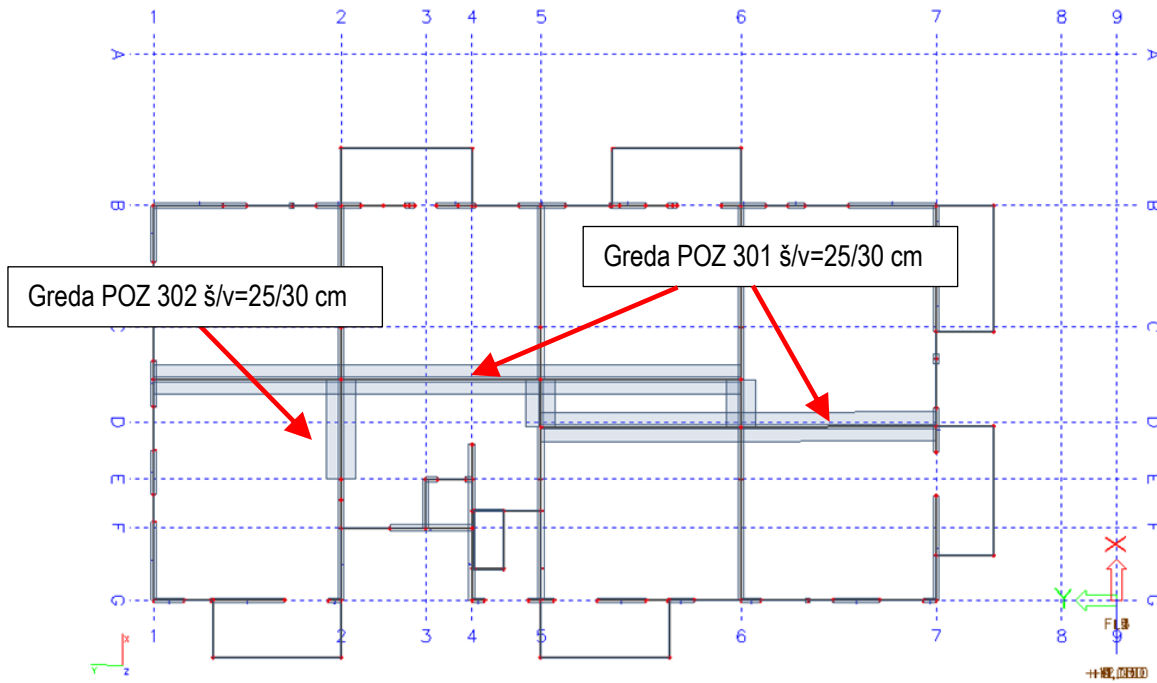


##### POZ 600,500,400

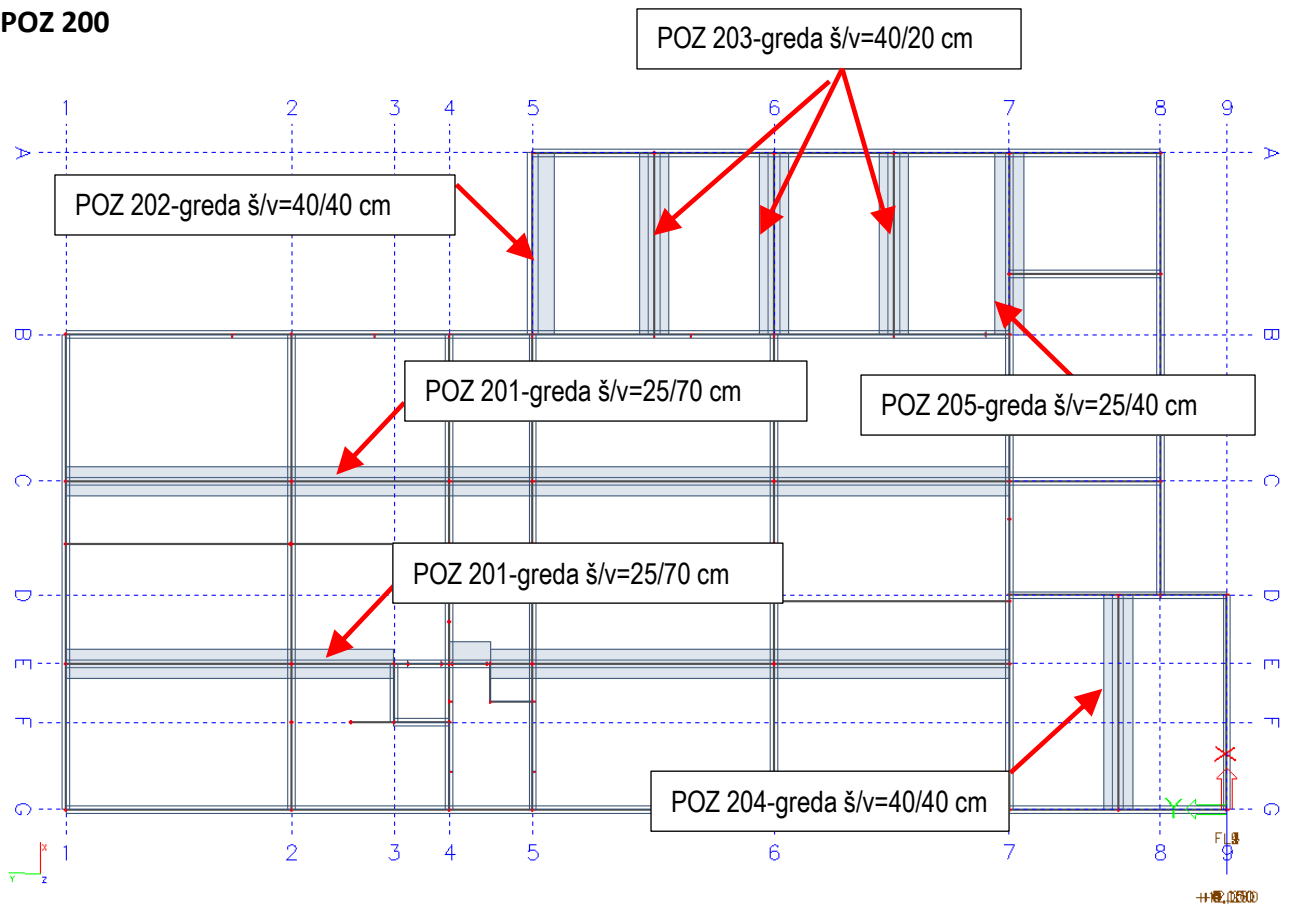
Grede pozicija 401,501,601 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu 601, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.



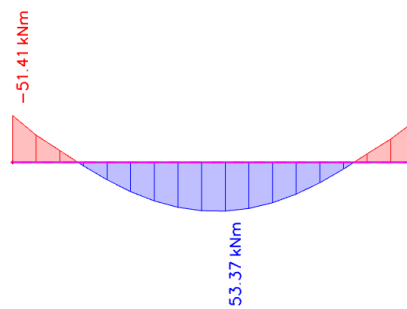
**POZ 300**



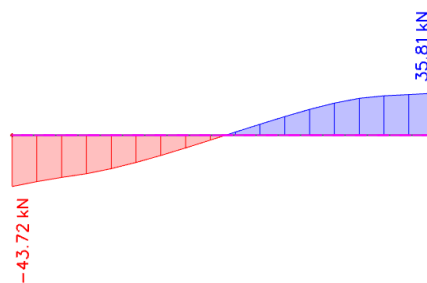
**POZ 200**



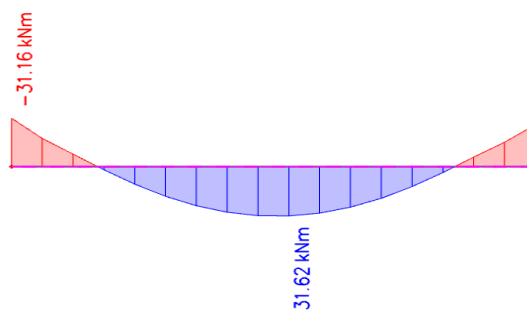
## 4.2. Dimenzioniranje grede G701



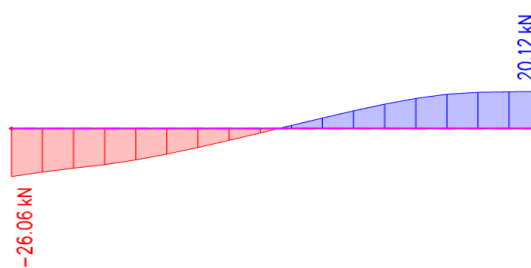
Slika 4.1. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 701



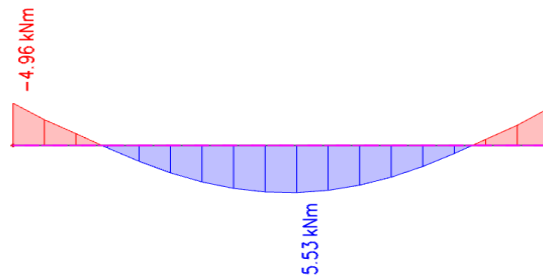
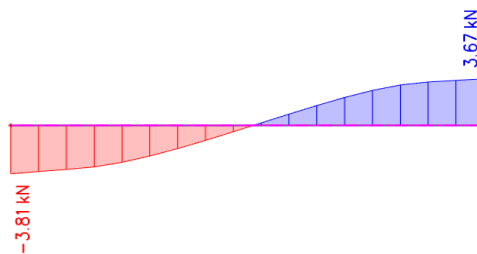
Slika 4.2. Poprečna sila  $V_z$  od vlastite težine za gredu G701



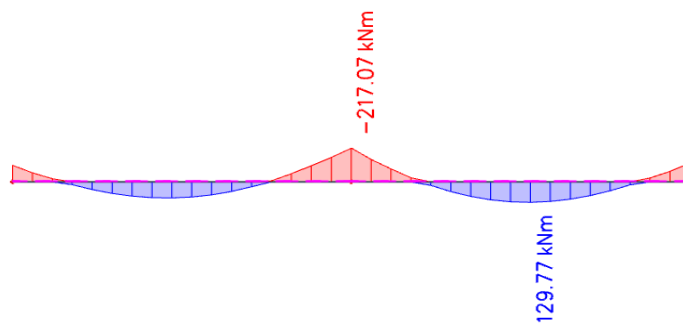
Slika 4.3. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 701



Slika 4.4. Prikaz poprečne sile Vz od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 701

Slika 4.5. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G701

Slika 4.6. Prikaz poprečne sile Vz od pokretnog opterećenja za gredu G 701

Slika 4.7. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  na gredi(GSN)

#### 4.2.1. Dimenzioniranje

##### Proračun armature grede u polju:

- Bezdimezionalna vrijednost momenta savijanja:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot (q)$$

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (38.74 + 23.67) + 1.5 \cdot (4.44) = 90.91 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{90.91 \cdot 100}{100 \cdot 27.0^2 \cdot 2.00} = 0.062$$

– Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.065$  :  $\epsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\epsilon_{c2}=1.6 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.950$  ;  $\xi=0.138$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{90.91 \cdot 100}{0.950 \cdot 27 \cdot 43.48} = 8.15 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 25 \cdot \frac{27}{434.75} = 0.93 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 25 \cdot 27 \\ &= 0.88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **5Φ16 (A<sub>s1</sub>=10.05 cm<sup>2</sup>)**



Proračun armature ploče u nad ležajem:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (83.80 + 48.73) + 1.5 \cdot (9.21) = 192.73 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{192.73 \cdot 100}{100 \cdot 27^2 \cdot 2.00} = 0.132$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.134$ :  $\epsilon_{s1}=10.0\%$ ;  $\epsilon_{c2}=2.9\%$ ;  $\zeta=0.910$ ;  $\xi=0.225$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{192.73 \cdot 100}{0.910 \cdot 27.0 \cdot 43.48} = \mathbf{18.04 \text{ cm}^2}$$

- Minimalna armatura:

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 20 \cdot \frac{27}{434.75} = 0.74 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 20 \cdot 27 \\ &= 0.702 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ODABRANA ARMATURA NAD LEŽAJEM:  $6\Phi 20$  ( $A_{s1}=18.85 \text{ cm}^2$ )

**Dimenzioniranje na poprečnu silu:**

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot (40.42 + 23.40) + 1.5 \cdot 4.65 = 93.13 \text{ kN}$$

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

$$\rho_I = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{28.9}{25 \cdot 30} = 0.0385$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{270}} = 1.86 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.86$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.86 \cdot (100 \cdot 0.0385 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 250 \cdot 270 = 73\,371.14 \text{ N} = 73.37 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.86^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.49$$

$$V_{Rd,c} \geq [0.49] \cdot 250 \cdot 270 = 33\,075\,N = 33.07\,kN \rightarrow \text{uvijet je zadovoljen}$$

Maksimalna poprečna sila koju ne smije prijeći:

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

$$v = 0.6 \cdot \left[1.0 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{30.0}{250}\right] = 0.53$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.53 \cdot 250 \cdot 270 \cdot 20.00 = 357\,750\,N = 357.75\,kN > V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{93.13}{357.75} = 0.26$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d; 30.0\,cm\} = \min\{20.25; 30\,cm\} \rightarrow 20.25\,cm$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.00076 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0.285\,cm^2$$

ODABRANE MINIMALNE SPONE:  $\Phi 8$  ( $A_{sw}=0.50\,cm^2$ )

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 27) \cdot 43.48 \cdot 2 = 35.21\,kN$$

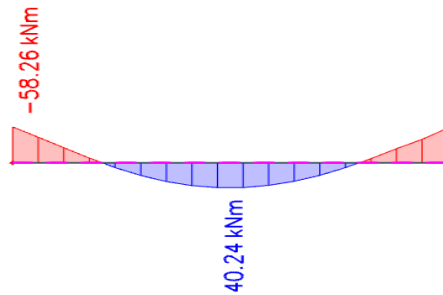
Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.50 \cdot 43.38 \cdot (0.9 \cdot 27)}{93.13} = 11.34\,cm$$

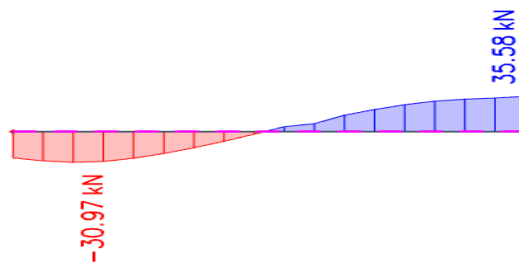
Odabrane spone:  **$\Phi 8/10\,cm$**  ( $A_{sw}=0.50\,cm^2$ )

### 4.3. Dimenzioniranje greda G 401,G 501,G 601

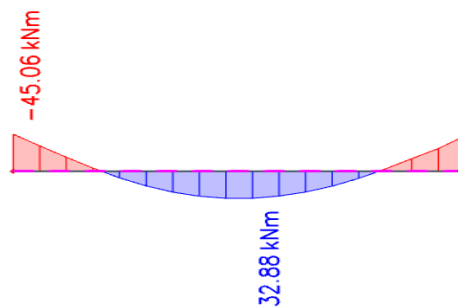
Grede pozicija 301,401,501,601 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima .U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu 601,a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.



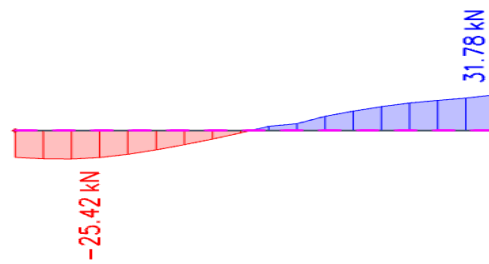
Slika 4.8. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G601



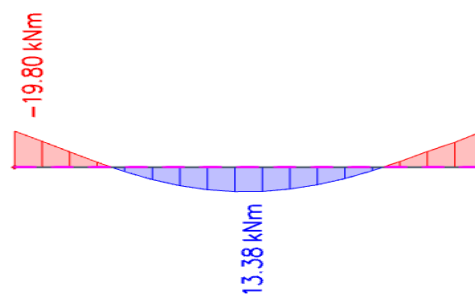
Slika 4.9. Poprečna sila  $V_z$  od vlastite težine za gredu G601



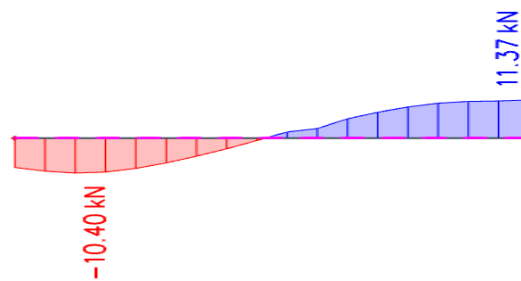
Slika 4.10. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 601



Slika 4.11.. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 601



Slika 4.12. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 601



Slika 4.13. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G 601

#### 4.3.1. Dimenzioniranje

##### Proračun armature grede u polju:

- Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot (q)$$

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (40.24 + 32.88) + 1.5 \cdot (13.38) = 118.78 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{118.78 \cdot 100}{100 \cdot 27.0^2 \cdot 2.00} = 0.081$$

– Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.083$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.9 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.941$  ;  $\xi=0.160$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{118.78 \cdot 100}{0.941 \cdot 27 \cdot 43.48} = \mathbf{10.05 \text{ cm}^2}$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 25 \cdot \frac{27}{434.75} = 0.93 \text{ m}^2 \geq 0.0013 \cdot 25 \cdot 27 \\ = 0.88 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **5Φ16 (A<sub>s1</sub>=10.05cm<sup>2</sup>)**

##### Proračun armature ploče u nadležajem:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (58.26 + 45.06) + 1.5 \cdot (19.8) = 169.18 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{169.18 \cdot 100}{100 \cdot 27^2 \cdot 2.00} = 0.116$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.120$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=2.6 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.919$  ;  $\xi=0.206$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{169.18 \cdot 100}{0.919 \cdot 27.0 \cdot 43.48} = \mathbf{15.68 \text{ cm}^2}$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 25 \cdot \frac{27}{434.75} = 0.93 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 25 \cdot 27 \\ = 0.88 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA NAD LEŽAJEM: **6Φ18 (A<sub>s1</sub>=15.27 cm<sup>2</sup>)**

**Dimenzioniranje na poprečnu silu:**

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

$$VEd = 1,35 \cdot (35,58 + 31,78) + 1,5 \cdot 11,37 = 107,99 \text{ kN}$$

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

$$\rho_I = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{15,27}{25 \cdot 30} = 0,0204$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{270}} = 1,86 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,86$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,86 \cdot (100 \cdot 0,0204 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 250 \cdot 270 = 59372,01 \text{ N} = 59,37 \text{ kN}$$

V<sub>Rd,c</sub> mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,86^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,49$$

$$V_{Rd,c} \geq [0,49] \cdot 250 \cdot 270 = 33075,0 \text{ N} = 33,07 \text{ kN} \rightarrow \text{uvijet je zadovoljen}$$

Maksimalna poprečna sila koju ne smije prijeći:

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

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30,0}{250} \right] = 0,53$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.53 \cdot 250 \cdot 270 \cdot 20.00 = 357\,750\,N = 357.75\,kN > V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{107.99}{357.75} = 0.30$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d; 30.0\,cm\} = \min\{20.25; 30\,cm\} \rightarrow 20\,cm$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.00076 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0.228\,cm^2$$

ODABRANE MINIMALNE SPONE:  $\Phi 8$  ( $A_{sw}=0.50\,cm^2$ )

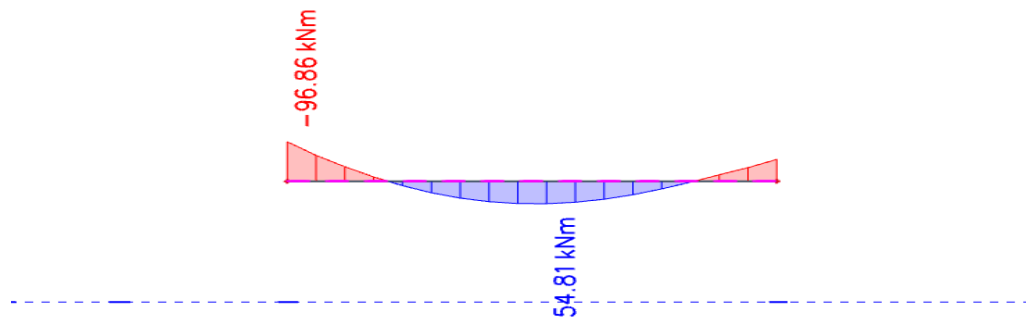
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\theta = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 27) \cdot 43.48 \cdot 2 = 35.22\,kN$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

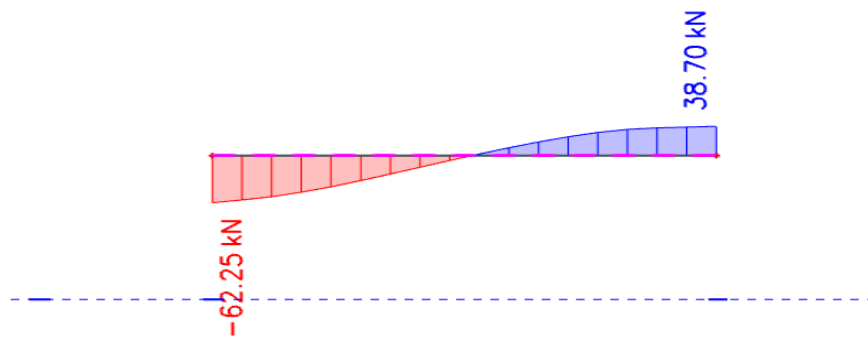
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.50 \cdot 43.38 \cdot (0.9 \cdot 27)}{107.99} = 10.78\,cm$$

Odabrane spone:  **$\Phi 8/10\,cm$**  ( $A_{sw}=0.50\,cm^2$ )

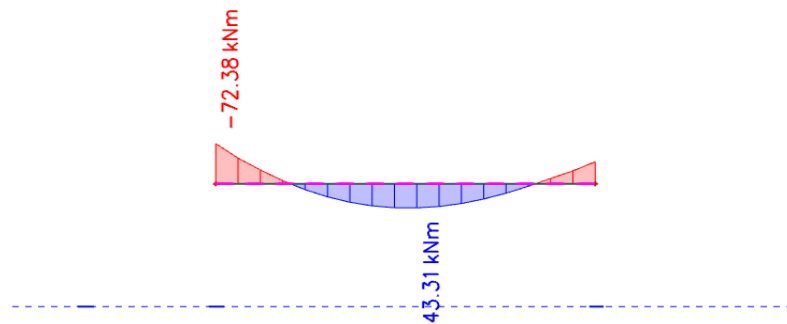
#### 4.4. Dimenzioniranje grede POZ 301:



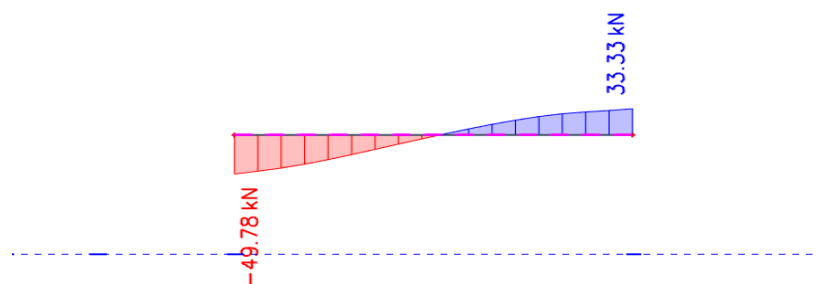
Slika 4.14. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 301



Slika 4.15. Poprečna sila  $V_z$  od vlastite težine za gredu G301

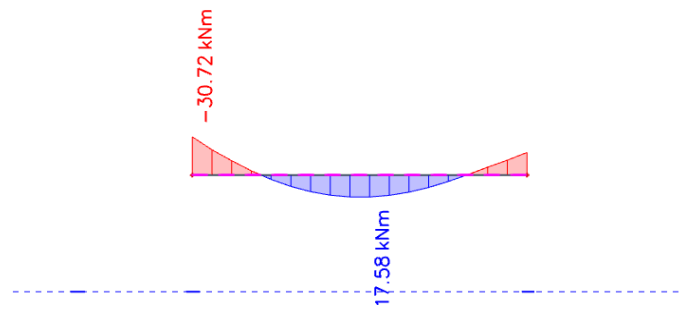


Slika 4.16. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 301

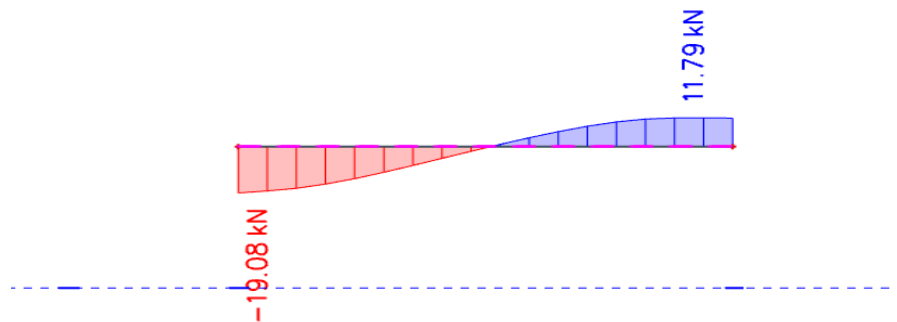


Slika 4.17. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 301





Slika 4.18. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 301



Slika 4.19. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G301

#### 4.4.1. Dimenzioniranje

##### Proračun armature grede u polju:

- Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot (q)$$

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (54.81 + 43.31) + 1.5 \cdot (17.85) = 159.24 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{159.24 \cdot 100}{100 \cdot 47.0^2 \cdot 2.00} = 0.036$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.037$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.1 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.965$  ;  $\xi=0.099$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{159.24 \cdot 100}{0.965 \cdot 47 \cdot 43.48} = \mathbf{8.07 \text{ cm}^2}$$

- Minimalna armatura:

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 20 \cdot \frac{47}{434.75} = 1.30 \text{ m}^2 \geq 0.0013 \cdot 20 \cdot 47 \\ &= 1.22 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **5Φ16 (A<sub>s1</sub>=10.05 cm<sup>2</sup>)**

##### Proračun armature ploče u nad ležajem:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (96.86 + 72.38) + 1.5 \cdot (30.72) = 274.55 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{274.55 \cdot 100}{100 \cdot 47^2 \cdot 2.00} = 0.062$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.065$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.6 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.950$  ;  $\xi=0.138$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{274.55 \cdot 100}{0.950 \cdot 47.0 \cdot 43.48} = \mathbf{14.14 \text{ cm}^2}$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 20 \cdot \frac{47}{434.75} = 1.30 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 20 \cdot 47 \\ = 1.22 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA NAD LEŽAJEM: **6Φ18 (A<sub>s1</sub>=15.27 cm<sup>2</sup>)**

**Dimenzioniranje na poprečnu silu:**

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

$$VEd = 1,35 \cdot (62.25 + 49.78) + 1,5 \cdot 19.08 = 179.86 \text{ kN}$$

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

$$\rho_I = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{15.27}{20 \cdot 50} = 0.015$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{470}} = 1.65 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.65$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.65 \cdot (100 \cdot 0.015 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 200 \cdot 470 = 66200.90 \text{ N} = 66.20 \text{ kN}$$

V<sub>Rd,c</sub> mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.65^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.41$$

$$V_{Rd,c} \geq [0.41] \cdot 200 \cdot 470 = 38\,540 \text{ N} = 38.54 \text{ kN} \rightarrow \text{uvijet je zadovoljen}$$

Maksimalna poprečna sila koju ne smije prijeći:

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

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{30.0}{250} \right] = 0.53$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.53 \cdot 200 \cdot 470 \cdot 20.00 = 498200 \text{ N} = 498.2 \text{ kN} > V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{179.86}{498.2} = 0.36$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d; 30.0 \text{ cm}\} = \min\{15; 30 \text{ cm}\} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.00076 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0.228 \text{ cm}^2$$

ODABRANE MINIMALNE SPONE:  $\Phi 8$  ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

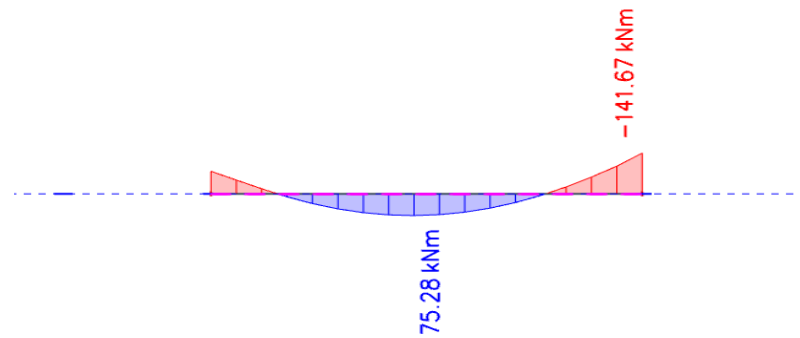
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot \text{ctg}\theta = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 47) \cdot 43.48 \cdot 2 = 61.3 \text{ kN}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

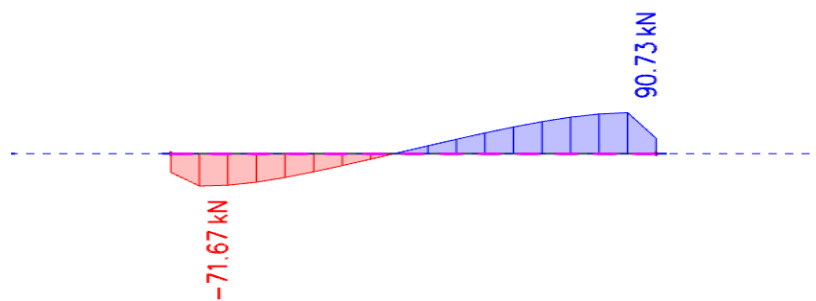
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.50 \cdot 43.38 \cdot (0.9 \cdot 47)}{179.86} = 10.22 \text{ cm}$$

Odabrane spone:  **$\Phi 8/10 \text{ cm}$**  ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

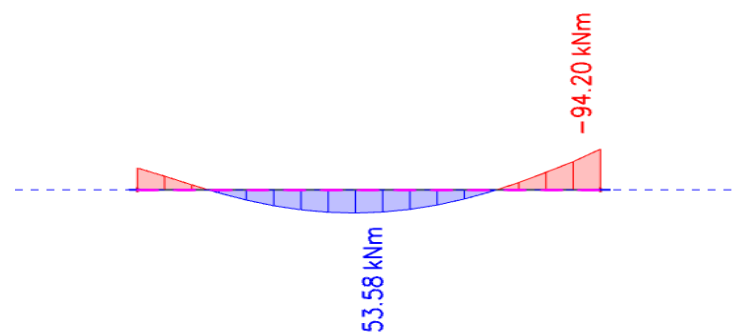
#### 4.5. Dimenzioniranje grede POZ 201:



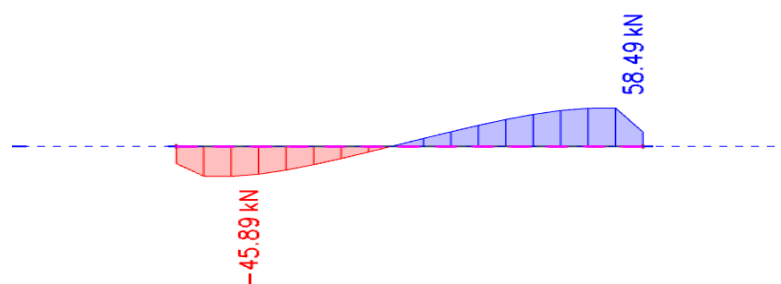
Slika 4.20. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 201



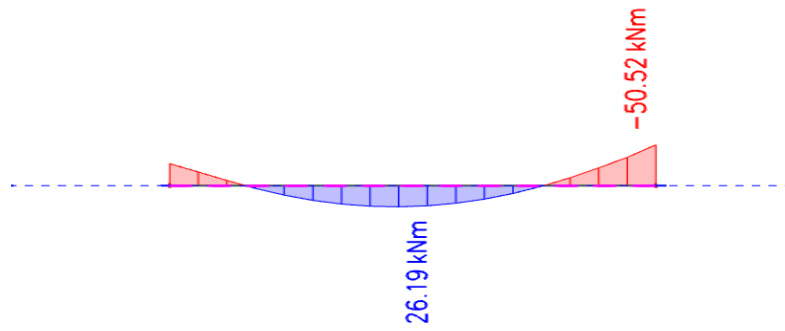
Slika 4.21. Poprečna sila  $V_z$  od vlastite težine za gredu G201



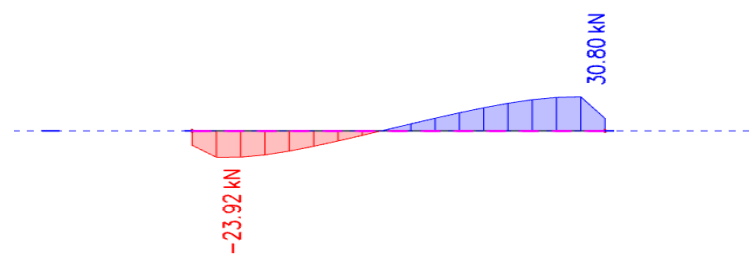
Slika 4.22. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 201



Slika 4.23. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 201



Slika 4.24. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 201



Slika 4.25. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G201

#### 4.5.1. Dimenzioniranje

##### Proračun armature grede u polju:

- Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (g + \Delta g) + 1.5 \cdot (q)$$

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (75.28 + 53.58) + 1.5 \cdot (26.19) = 213.25 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{213.25 \cdot 100}{100 \cdot 67.0^2 \cdot 2.00} = 0.023$$

– Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.026$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=0.9 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.971$  ;  $\xi=0.083$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{213.25 \cdot 100}{0.971 \cdot 67 \cdot 43.48} = 7.53 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 25 \cdot \frac{67}{434.75} = 2.31 \text{ m}^2 \geq 0.0013 \cdot 25 \cdot 67 \\ &= 2.17 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ODABRANA ARMATURA U POLJU: **5Φ14 (A<sub>s1</sub>=7.70 cm<sup>2</sup>)**

##### Proračun armature ploče u nad ležajem:

$$M_{sd} = 1.35 \cdot (141.67 + 94.20) + 1.5 \cdot (50.52) = 394.20 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{394.20 \cdot 100}{100 \cdot 67^2 \cdot 2.00} = 0.043$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.048$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.3 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.959$  ;  $\xi=0.115$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{394.20 \cdot 100}{0.959 \cdot 67.0 \cdot 43.48} = 14.11 \text{ cm}^2$$

- Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.6 \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d = 0.6 \cdot 25 \cdot \frac{67}{434.75} = 2.31 \text{ cm}^2 \geq 0.0013 \cdot 25 \cdot 67$$

$$= 2.17 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA NAD LEŽAJEM: **6Φ18 (A<sub>s1</sub>=15.27 cm<sup>2</sup>)**

**Dimenzioniranje na poprečnu silu:**

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

$$VEd = 1,35 \cdot (90.73 + 58.49) + 1,5 \cdot 30.8 = 247.64 \text{ kN}$$

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

$$\rho_I = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{15.27}{25 \cdot 70} = 0.0087$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{670}} = 1.55 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.54$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.54 \cdot (100 \cdot 0.0087 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 250 \cdot 670 = 91818.52 \text{ N} = 91.82 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.54^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.37$$

$$V_{Rd,c} \geq [0.37] \cdot 250 \cdot 670 = 61975 \text{ N} = 61.98 \text{ kN} \rightarrow \text{uvijet je zadovoljen}$$

Maksimalna poprečna sila koju ne smije prijeći:

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

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{30.0}{250} \right] = 0.53$$



$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.53 \cdot 250 \cdot 670 \cdot 20.00 = 887750 \text{ N} = 887.75 \text{ kN} > V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{247.64}{887.75} = 0.28$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d; 30.0 \text{ cm}\} = \min\{50.25; 30 \text{ cm}\} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.00076 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0.228 \text{ cm}^2$$

ODABRANE MINIMALNE SPONE:  $\Phi 8$  ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot \text{ctg}\theta = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 67) \cdot 43.48 \cdot 2 = 87.39 \text{ kN}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.50 \cdot 43.38 \cdot (0.9 \cdot 67)}{247.64} = 10.58 \text{ cm}$$

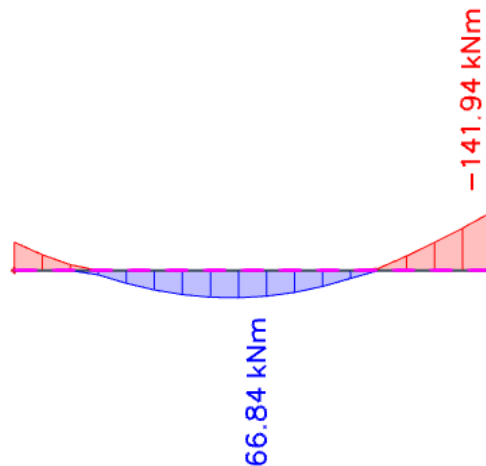
Odabrane spone:  **$\Phi 8/10 \text{ cm}$**  ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

## 4.6. Tablica dimenzioniranja greda

<b>DIMENZIONIRANJE GREDA</b>						
<b>POZICIJA</b>	<b>Msd(kNm)</b>		<b>Ved(Kn)</b>	<b>As1(cm<sup>2</sup>)</b>		<b>Spone(cm)</b>
	Polje	Ležaj		Polje	Ležaj	
<b>POZ 702</b>	58.68	55.04	83.09	5ø12(5.65)	5ø12(5.65)	ø8/10 cm
<b>POZ 703</b>	104.77	107.09	266.83	4ø12(4.62)	4ø12(4.62)	ø8/10 cm
<b>POZ 402,502,602</b>	104.77	107.09	265.94	4ø12(4.62)	4ø12(4.62)	ø8/10 cm
<b>POZ 302</b>	96.53	64.05	127.75	4ø14(6.16)	4ø12(4.62)	ø8/10 cm
<b>POZ 202</b>	176.18	124.01	172.26	6ø16(12.06)	4ø16(8.04)	ø8/10 cm
<b>POZ 203</b>	107.49	98.27	192.39	4ø16(8.04)	4ø16(8.04)	ø8/7 cm
<b>POZ 204</b>	332.73	221.29	296.8	6ø22(22.81)	5ø20(15.71)	ø10/7 cm
<b>POZ 205</b>	85.87	116.53	180.46	4ø14(6.16)	4ø16(8.04)	ø10/10 cm

## 4.7. KONTROLA GRANIČNOG STANJA UPORABLJIVOSTI

### 4.7.1. Kontrola pukotina



Slika 4.26. Vrijednost momenata savijanja za GSU

- Očitana maksimalna vrijednost momenta savijanja na ploči iznosi  $M_{Ed}=141.94$  kNm.

- Prognoza širine pukotine:

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

- Proračun srednje deformacije armature:

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

$k_t = 0.4$  – dugotrajno opterećenje

$E_s = 200.0$  Gpa – modul elastičnosti armature

$E_{c,m} = 32,84$  Gpa – modul elastičnosti betona

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32.84} = 6.09 \text{ – odnos modula elastičnosti}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{18.85}{25 \cdot 3 \cdot 5}$$

= 0.0502 – djelotvorni koeficijent armiranja glavnim vlačnom armaturom

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.09 \cdot 18.85}{25} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 27}{6.09 \cdot 18.85}} \right) = 11.68 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{141.94 \cdot 100}{\left(27.0 - \frac{11.68}{3}\right) \cdot 18.85} = 32.58 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 325.87 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{325.87 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.0502} \cdot (1 + 6.09 \cdot 0.0502)}{200000.0} \geq 0.6 \cdot \frac{325.87}{200000.0}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00012 \leq 0.00097$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\Phi = 20 \text{ mm}$$

$$c = 25 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0.8 - \text{rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0.5 - \text{savijanje}$$

$$k_3 = 3.4$$

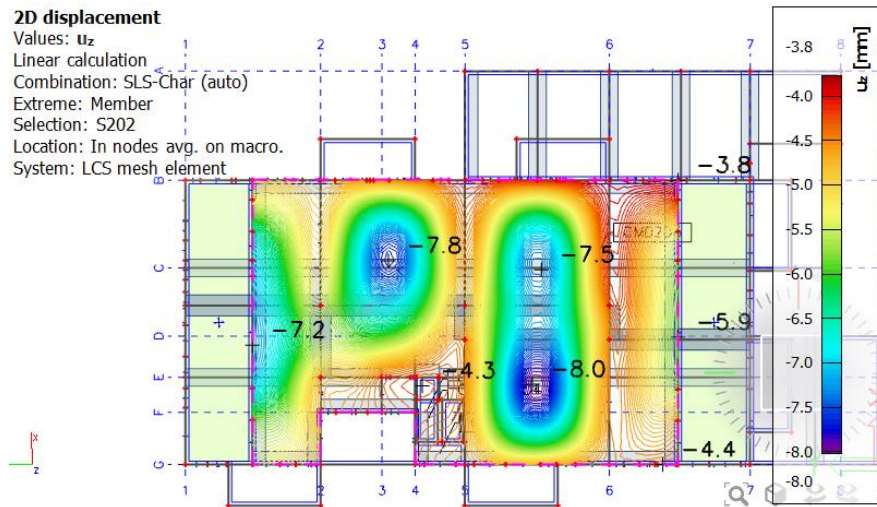
$$k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 25 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{20}{0.0502} = 152.73 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = 152.73 \cdot (0.000914) = 0.137 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm} \rightarrow \text{PUKOTINE ZADOVOLJAVAJU}$$

#### 4.7.2. Kontrola progiba



Slika 4.27 Vrijednost progiba na ploči

Grafični progib:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{770}{250} = 3.08 \text{ cm}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 22 \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22 \left[ \frac{38}{10} \right]^{0.3} = 32.83 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ Mpa}$$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32.83} = 6.09$$

$$\delta_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

Za sustav proste grede koeficijent  $k$  iznosi  $5/48$ .

$$A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 12.74 \text{ cm}^2$$

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_I = \frac{100 \cdot 22^3}{12} + 6.09 \cdot \left[ 4.24 \cdot \left( \frac{22}{2} - 3 \right)^2 + 12.74 \cdot \left( \frac{22}{2} - 3 \right)^2 \right] = 95351.46 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{69.93 \cdot 100}{32830 \cdot 95351.46} = 2.23 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$$

Progib potpuno raspucalog elementa

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right) = 2.88 \text{ cm}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{100 \cdot 2.88^3}{12} + 100 \cdot 2.88 \cdot \left( \frac{2.88}{2} \right)^2 + 6.09 \cdot [4.24 \cdot (19 - 2.88)^2 + 12.74 \cdot (2.88 - 3)^2] \\ &= 7507.24 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{69.93 \cdot 100}{32830 \cdot 7507.24} = 2.83 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{69.93 \cdot 100}{\left( 19 - \frac{2.88}{3} \right) \cdot 4.24} = 91.424 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 914.24 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.38 \cdot \frac{100 \cdot 22^2}{6} = 3065.33 \text{ kNcm} = 30.65 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = \frac{30.65 \cdot 100}{\left( 19 - \frac{2.88}{3} \right) \cdot 4.24} = 40.07 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 400.70 \text{ Mpa}$$

$$\zeta = 1 - \beta \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{s1}} \right)^2 = 1 - 0.5 \cdot \left( \frac{400.70}{914.24} \right)^2 = 0.9$$

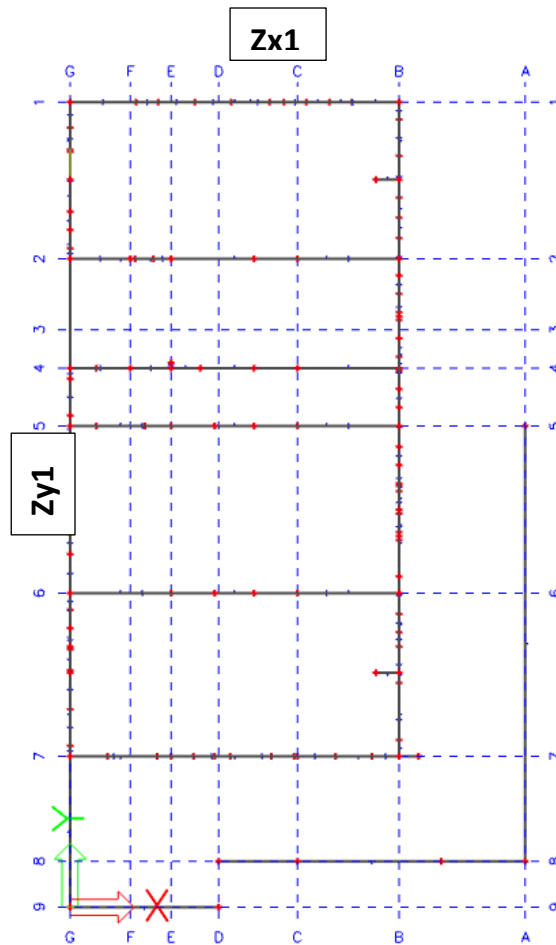
$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} = 0.9 \cdot 2.83 \cdot 10^{-5} + (1 - 0.9) \cdot 2.23 \cdot 10^{-6} = 2.57 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.091 \cdot 770^2 \cdot 2.57 \cdot 10^{-5} = 1.38 \text{ cm} < \delta_{\text{lim}}$$

→ PROGIBI ZADOVOLJAVAJU

## **5. PRORAČUN AB ZIDOVA**

### 5.1. Plan pozicija



Slika 5.1. Plan pozicija



## 5.2. Dimenzioniranje AB zidovi

Zidovi su predviđeni kao armirano betonski elementi. Debljina zidova je 20 cm. Zidovi se izvode 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 iznose minimalno 2,5 cm.

Rezne sile na zidovima očitane su iz numeričkog modela "Scia Engineer 20.1".

### 5.2.1. Zid Zx1 u osi 1

Proračun je proveden za kombinaciju GSN  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3q + 1,0S_x$

Gdje su :

g-vlastita težina

g1- dodatno stalno opterećenje

q-korisno opterećenje

Sx-potresno opterećenje u smjeru x

#### 5.2.1.1. Rezultati proračuna

##### 1D internal forces

Values:  $M_z$

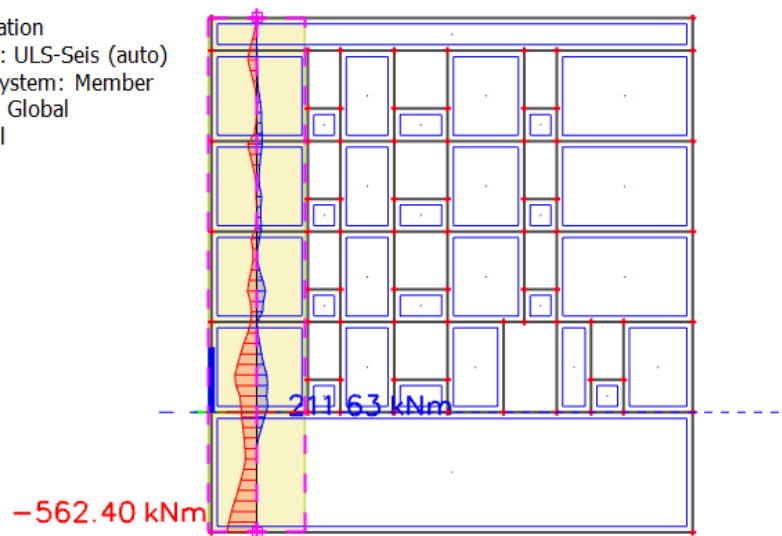
Linear calculation

Combination: ULS-Seis (auto)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 5.2. Moment savijanja u zidu Zx1

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

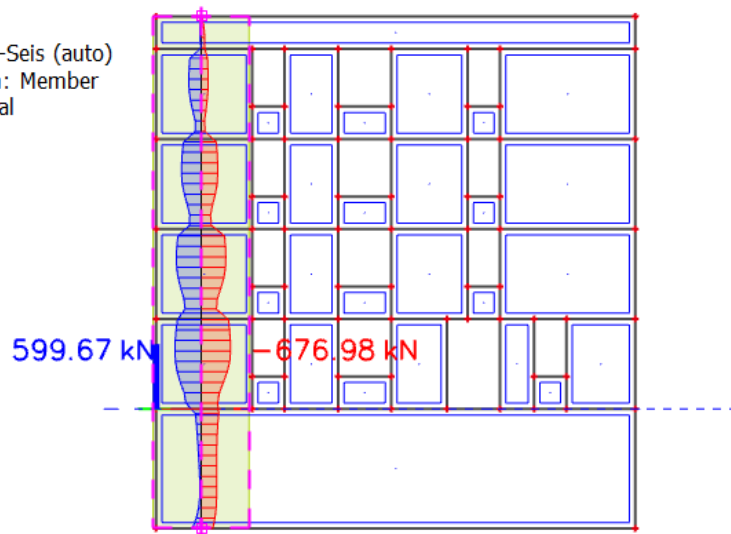
Linear calculation

Combination: ULS-Seis (auto)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 5.3 . Poprečne sile u zidu Zx1

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

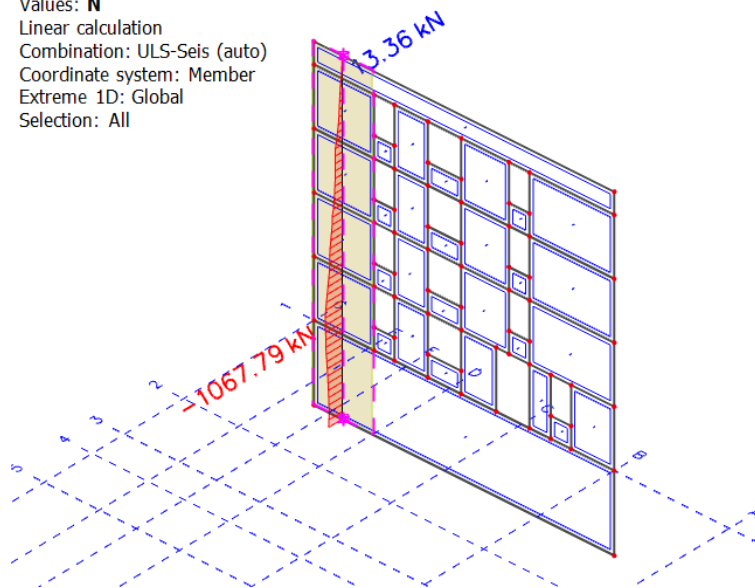
Linear calculation

Combination: ULS-Seis (auto)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 5.4. Uzdužne sile u zidu Zx1

Dimenzije elementa:

$$b = 20,0 \text{ cm}$$

$$L_w = 325,0 \text{ cm}$$

$$H_w = 17,35 \text{ m}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta_c = 2,5 \text{ cm}$$

$$d_z = c_{\text{nom}} + \varnothing_{\text{sh}} + \frac{\varnothing_{\text{sv}}}{2} \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing}{2} + 15 \approx 20,0 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 305,0 \text{ cm}$$

Vitkost zidova:

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{17,35}{3,25} = 5,33 > \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{\text{cr}} = \max(L_w; H_w/6) = \max(325,0 \text{ cm}; 289,16 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (650,0 \text{ cm}; 694,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} = 325,0 \text{ cm}$$

Proračunske kombinacije:

$$\text{GSN6} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija:

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

Rezne sile:

$$M_{\text{Ed}} = 562,40 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{Ed}} = -1067,79 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Ed}} = -676,98 \text{ kN}$$

Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja:

Računski moment savijanja:

$$M_{\text{Eds}} = M_{\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 562,40 + 1067,79 \cdot \left(3,05 - \frac{3,25}{2}\right) = 2084,00 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{sd}} = \frac{M_{\text{Eds}}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{2084,00 \cdot 100}{20 \cdot 305^2 \cdot 2,00} = 0,056$$

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{ed}}{f_{yd}} = \frac{2084,00 \cdot 100}{0,953 \cdot 305 \cdot 43,48} - \frac{1067,79}{43,48} = 8,07 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1, \min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 305 = 7,93 \text{ cm}^2$$

Odabrano : 4 $\emptyset$ 16 ( $A_s=8,04 \text{ cm}^2$ )

Dokaz nosivosti na poprečnu silu:

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$  – računski poprečna sila

$V_{Ed,y}'$  – korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  – korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$  faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon = 676,98 \cdot 3,0 = 2030,94 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 305,0 = 21472,00 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 305,0 = 26840,00 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala hrpta

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{562,40 \cdot 100}{676,98 \cdot 325,0} = 0,25$$

Ako je  $\alpha_s \leq 1,3$  koristi se izraz ( i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usvojena obostrana armatura: Q-257 ( $A_{s1}=2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$  ;  $A_s=5,14 \text{ cm}^2/\text{m}$  )

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0025 \cdot 50,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 305,0 = 610,0 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

-Za tlačnu  $N_{Ed}$  vrijedi izraz:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 305 = 215,70 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 215,70 + 610,0 = 825,70 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 825,70 \text{ kN} > V_{Ed} = 676,98 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

### 5.2.2. Zid Zy1 u osi G

Proračun je proveden za kombinaciju GSN  $1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3q + 1,0S_y$

Gdje su :

g-vlastita težina

g1- dodatno stalno opterećenje

q-korisno opterećenje

Sy-potresno opterećenje u smjeru y

#### 5.2.2.1. Rezultati proračuna

##### 1D internal forces

Values:  $M_z$

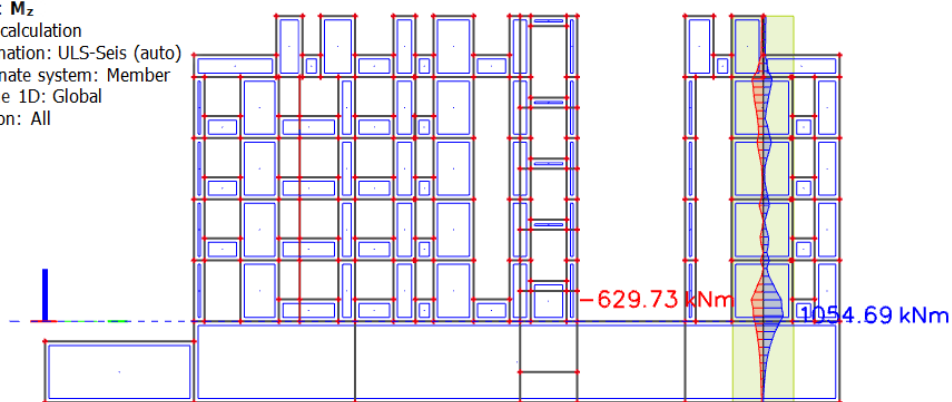
Linear calculation

Combination: ULS-Seis (auto)

Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 5.5 . Moment savijanja u zidu Zy1

##### 1D internal forces

Values:  $V_y$

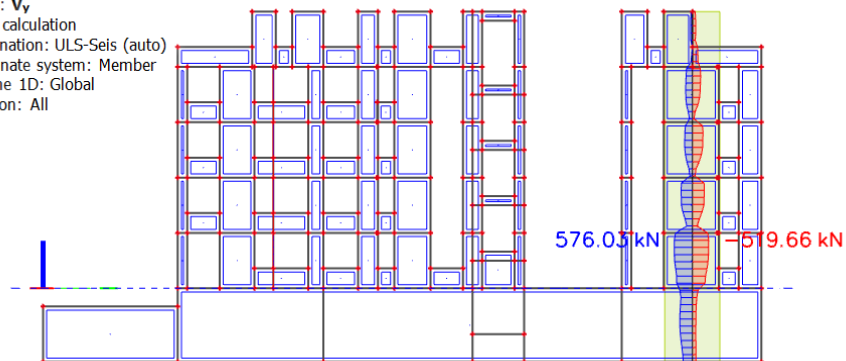
Linear calculation

Combination: ULS-Seis (auto)

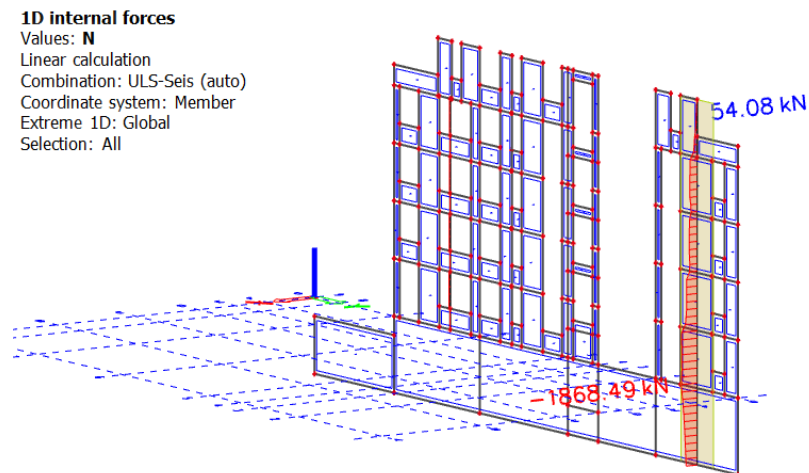
Coordinate system: Member

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 5.6 . Poprečne sile u zidu Zy1



Slika 5.7. Uzdužne sile u zidu Zy1

Dimenzije elementa:

$b = 20,0 \text{ cm}$

$L_w = 305,0 \text{ cm}$

$H_w = 19,30 \text{ m}$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta_c = 2,5 \text{ cm}$$

$$d_z = c_{\text{nom}} + \phi_{\text{sh}} + \frac{\phi_{\text{sv}}}{2} \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = c_{\text{nom}} + \phi_v + \frac{\phi}{2} + 15 \approx 20,0 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 285,0 \text{ cm}$$

Vitkost zidova:

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{19,30}{3,05} = 6,32 > \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone:

$$h_{\text{cr}} = \max(L_w; H_w/6) = \max(305,0 \text{ cm}; 321,66 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (610,0 \text{ cm}; 643,0 \text{ cm})$$

$$h_{\text{cr}} = 322,0 \text{ cm}$$

Proračunske kombinacije:

$$\text{GSN6} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija:

$$\text{GSN7} = 1,0 \cdot g + 1,0 \cdot g_1 + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

Rezne sile:

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= 1054,69 \text{ kNm} \\ N_{Ed} &= -1868,49 \text{ kN} \\ V_{Ed} &= 576,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja:

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right) = 1054,69 + 1868,49 \cdot \left( 2,85 - \frac{3,22}{2} \right) = 3371,62 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3371,62 \cdot 100}{20 \cdot 285^2 \cdot 2,00} = 0,104$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$   $\varepsilon_{c2} = 1,3\text{‰}$   $\zeta = 0,928$   $\xi = 0,187$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{ed}}{f_{yd}} = \frac{3371,62 \cdot 100}{0,928 \cdot 285 \cdot 43,48} - \frac{1868,49}{43,48} = 13,65 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1, \min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 20 \cdot 285 = 7,41 \text{ cm}^2$$

Oabrano : 6Ø18 ( $A_s = 15,27 \text{ cm}^2$ )

Dokaz nosivosti na poprečnu silu:

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$  – računski poprečna sila

$V_{Ed,y}'$  – korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  – korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$  faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon = 576,03 \cdot 3,0 = 1728,09 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left( 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$



$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 285,0 = 20064,00 \text{ kN}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 285,0 = 25080,00 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala hrpta

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Postupak ovisi o koeficijentu smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1054,69 \cdot 100}{576,03 \cdot 305,0} = 0,60$$

Ako je  $\alpha_s \leq 1,3$  koristi se izraz ( $i$  za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{yw,d} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_{w0} \cdot z \cdot V_{cd}$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Usvojena obostrana armatura: Q-257 ( $A_{s1} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$  ;  $A_s = 5,14 \text{ cm}^2/\text{m}$  )

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0025 \cdot 50,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 285,0 = 570,00 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

-Za tlačnu  $N_{Ed}$  vrijedi izraz:

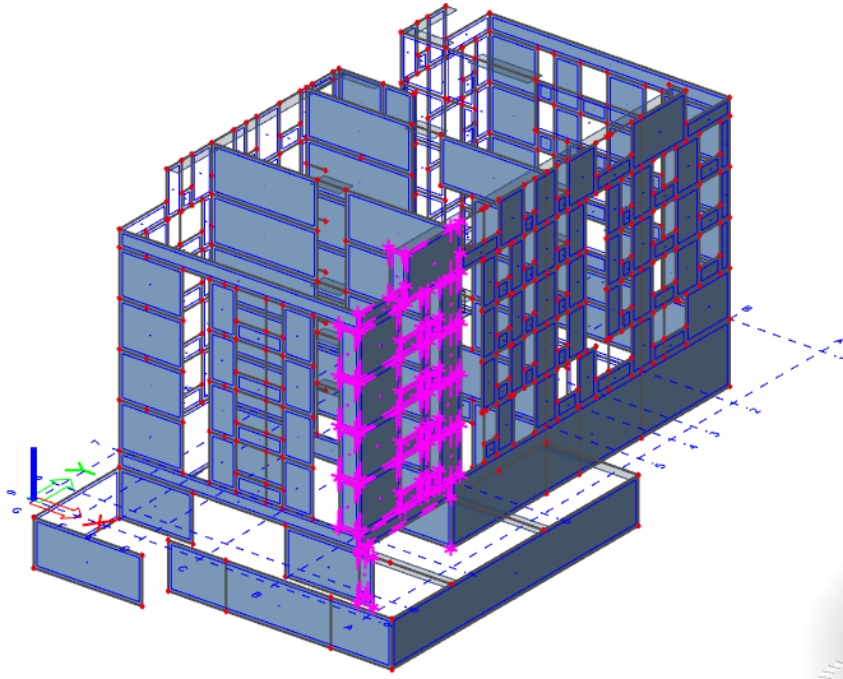
$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,0025) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 285 = 201,55 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

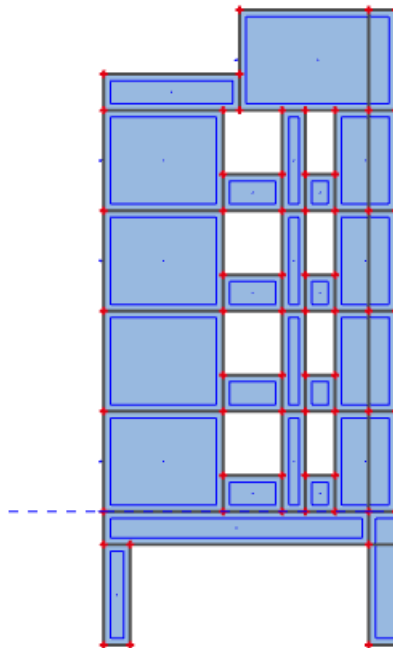
$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 201,55 + 570,0 = 771,55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} = 771,55 \text{ kN} > V_{Ed} = 576,03 \text{ kN} \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

## **6. DIMENZIONIRANJE VISOKOSTIJENOG NOSAČA**



slika 6.1. Prikaz visokostjenog nosača u osi 6-7/B



slika 6.2. Izgled visokostjenog nosača

## 6.1. Opterećenja

Podaci:

$L=8,05$  m

$h= 15.25$  m

$b=20$  cm

$f_{cd}=20,0$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{yd}= 434,8$  N/mm<sup>2</sup>

stalna opterećenja	pokretna opterećenja
$g_0$ – vlastita težina ploče $0,22 \cdot 25 = 5,50$ kN/m <sup>2</sup> $g_1$ – slojevi $3,00$ kN/m <sup>2</sup> $g_2$ – zidovi $0,20 \cdot 25 \cdot 3 = 15$ kN/m  $g = g_0 + g_1 = 5,50 + 3,00 = 8,50$ kN/m <sup>2</sup> $G = 8,50$ kN/m <sup>2</sup> * $5,00$ m = $42,5$ kN/m + $15 = 57,5$ kN/m	$q_1$ – pokretno opterećenje $2,00$ kN/m <sup>2</sup>  $q = 2,00$ kN/m <sup>2</sup> $Q = 2,00$ kN/m <sup>2</sup> * $5,00$ m = $10,0$ kN/m

## 6.2. Dimenzioniranje



$$M_g = \frac{57,5 \cdot 8,05^2}{8} = 465,77 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{10,0 \cdot 8,05^2}{8} = 81,00 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_q = 1,35 \cdot 465,77 + 1,5 \cdot 81,00 = 750,29 \text{ kNm}$$

Za  $h/L > 1,0$  slijedi:

$$z = \frac{(L + 2h)}{5} = \frac{(8,05 + 2 \cdot 3,05)}{5} = 2,83 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{750,29 \cdot 100,00}{283,0 \cdot 43,48} = 6,10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,15 \cdot \frac{b \cdot h \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,15 \cdot \frac{20 \cdot 305 \cdot 2,9}{500} = 5,31 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 6 $\emptyset$ 14 ( $A_s = 9,24 \text{ cm}^2$ )

Armatura po obrazima visokostijenog nosača:

$$A_{s,db,min} = 0,15 \cdot b = 0,15 \cdot 20 = 3 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,db,min} \geq 1,50 \text{ cm}^2/m$$

Odabrano: Q 335 ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/m$ )

Horizontalna armatura:

$$\max es \leq 2 \cdot b \leq 2 \cdot 20 \leq 40 \text{ cm}$$

$$\max es \leq 30 \text{ cm}$$

Odabrana konstruktivna armatura:  $\emptyset 8/30 \text{ cm}$  ( $A_s = 1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Ograničenje poprečne sile zidnog nosača kada se poprečna sila prenosi po čitavoj visini  $h$  na poprečni zid (posredno oslanjanje):

$$V_{sd,max} = 0,1 \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_{ctm} = 0,1 \cdot 20 \cdot 305 \cdot 0,85 \cdot 0,29 = 1503,65 \text{ kN}$$

Armatura u blizini ležaja na  $0,2L$ :

$$\text{Za } V_{sd} \geq \left(\frac{1}{3}\right) \cdot V_{sd,max} = 0,1 \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{3} = 0,1 \cdot 20 \cdot 305 \cdot 0,85 \cdot \frac{2,0}{3} = 345,67 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 1,35 \cdot 231,44 + 1,5 \cdot 40,25 = 372,82 \text{ kN}$$

Vertikalna armatura:

$$A_{sv} = \frac{V_{sd}}{f_{yd}} = \frac{372,82}{43,48} = 8,57 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $6\emptyset 14$  ( $A_s = 9,24 \text{ cm}^2$ )

Horizontalna armatura:

$$A_{sh} = 0,8 \cdot \frac{V_{sd}}{f_{yd}} = 0,8 \cdot \frac{372,82}{43,48} = 6,86 \text{ cm}^2$$

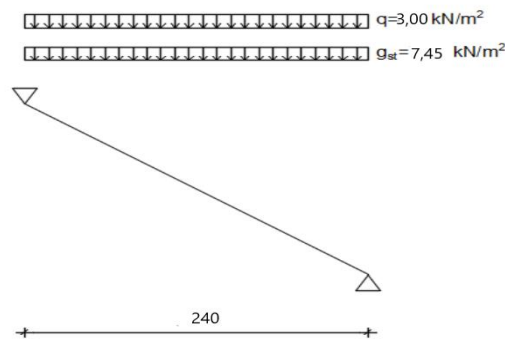
Odabrano:  $6\emptyset 14$  ( $A_s = 9,24 \text{ cm}^2$ )

Dodatna vertikalna armatura:

$$A_{sw} = \frac{\gamma_g \cdot G + \gamma_Q \cdot Q}{f_{yd}} = \frac{1,35 \cdot 57,5 + 1,50 \cdot 10,0}{43,48} = 2,13 \text{ cm}^2$$

## **7. PRORAČUN STUBIŠTA**

## 7.1. Dimenzioniranje stubišta



Slika 7.1. Prikaz statičkog sustava stubišnog kraka

### 7.1.1. Rezultati proračuna

$$q_{st} = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q = 1,35 \cdot 7,45 + 1,5 \cdot 3,0 = 14,56 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_{st} \cdot l^2}{8} = \frac{14,56 \cdot 2,40^2}{8} = 10,48 \text{ kNm}$$

### 7.1.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

$$M_{Ed} = 10,48 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10,48 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,023$$

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10,48 \cdot 100}{0,971 \cdot 15 \cdot 43,48} = 1,65 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,001 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 15 = 2,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left( \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \left( \frac{2,9}{500} \right) \cdot 100 \cdot 15 = 2,26 \text{ cm}^2$$

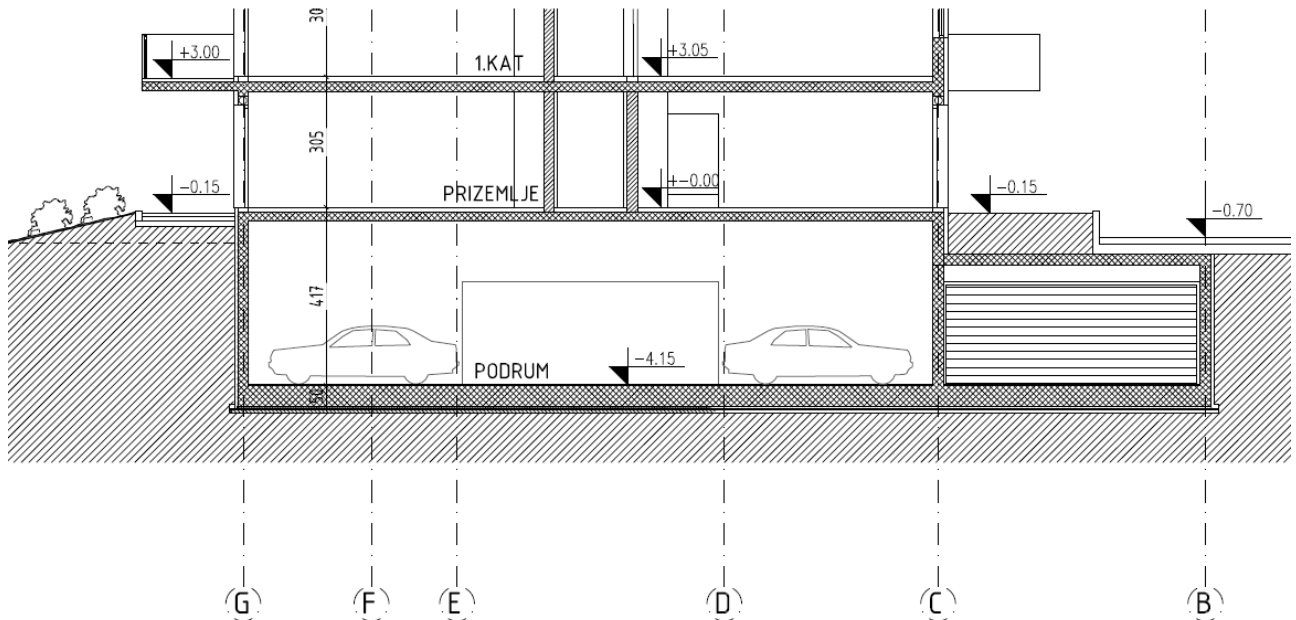
Odabrano: Q-226 ( $A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$ )



## **8. PRORAČUN TEMELJA**

### 8.1. Uvod

Temeljenje građevine izvodi se na temeljnoj ploči debljine 50 cm iz betona C30/37. Zaštitni sloj temeljne ploče za XC2 u iznosu  $c=35$  mm. Temeljna ploča se izvodi na adekvatno pripremljenom tlu uz minimalnu stišljivost  $M_s=80$ MPa. Projektna vrijednost nosivosti temeljnog tla se može koristiti do vrijednosti  $\sigma_{dop}=240$  kPa prema geomehničkom elaboratu dok se slijeganje predviđa u iznosu do cca 3,0 cm.

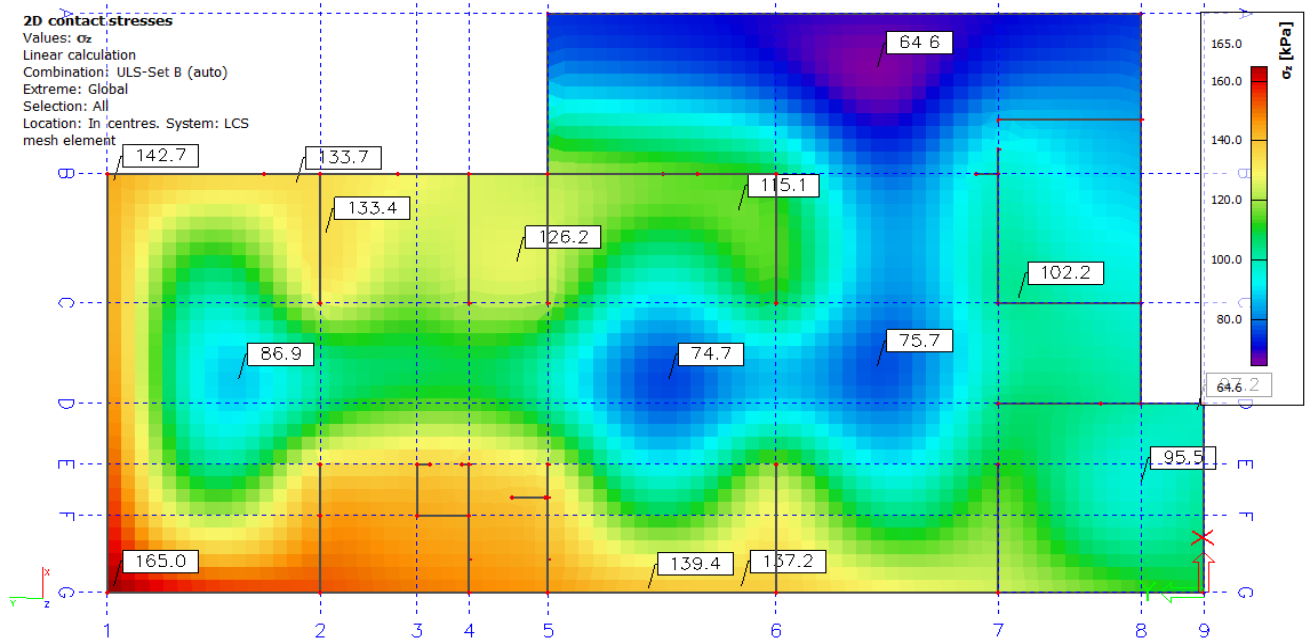


Slika 8.1. Presjek kroz građevinu

U proračunskom modelu se krutost podloge uzima u iznosu  $C_{1z}=8$  MN/m<sup>3</sup>

Name	C1x [MN/m <sup>3</sup> ]	C1y [MN/m <sup>3</sup> ]	Stiffness [MN/m <sup>3</sup> ]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Sub1	5,0000e+01	5,0000e+01	8,0000e+00	5,0000e+01	5,0000e+01

### 8.2. Provjera kontaktnih napreznaja

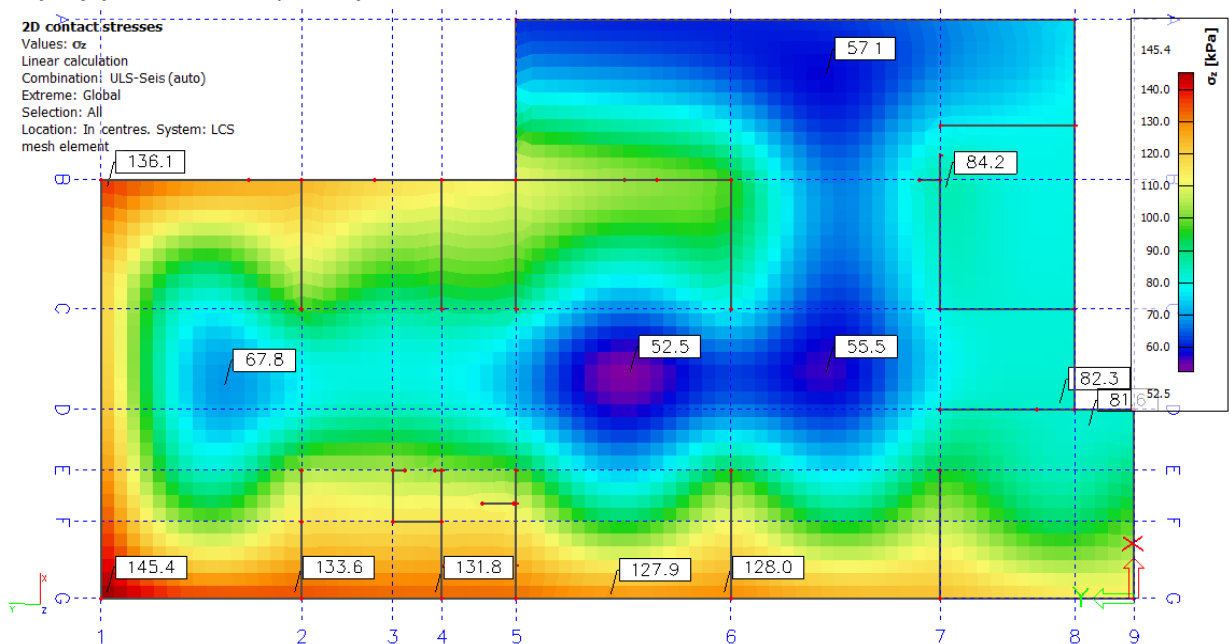


slika 8.2. Kontaktna napreznaja za kombinaciju GSN

Kontaktna napreznaja su manja od dozvoljenih

$$\sigma < \sigma_{dop} = 240 \text{ kPa}$$

Ne javljaju se vlačna napreznaja.



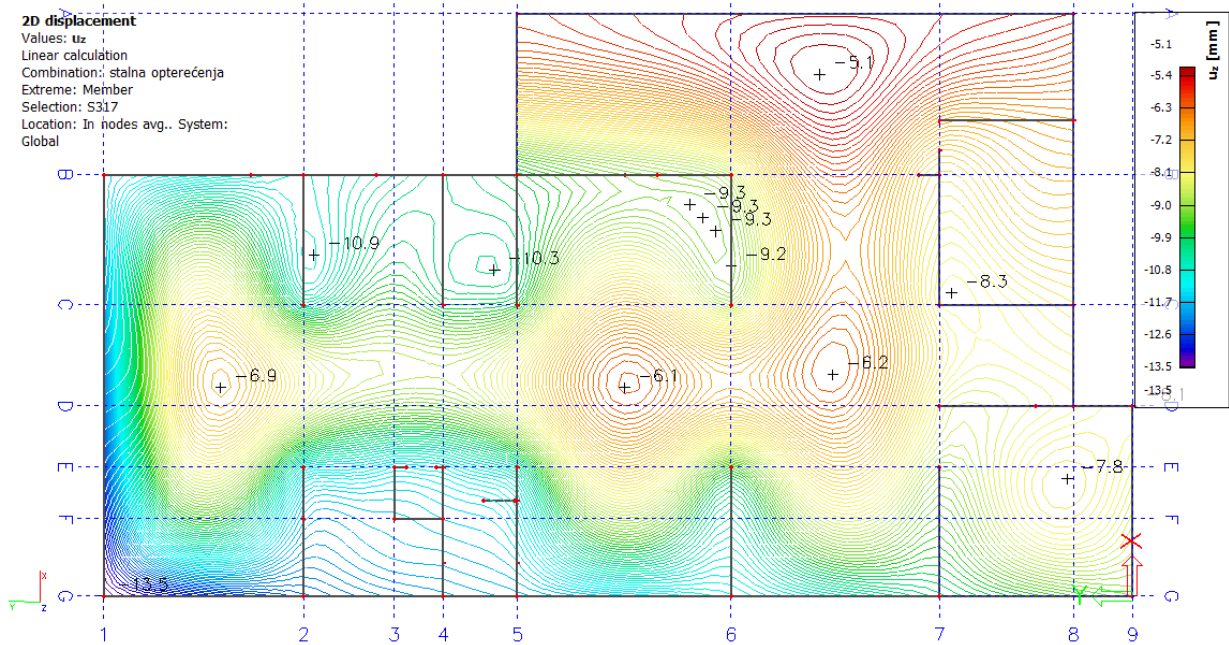
slika 8.3. Kontaktna napreznaja za kombinaciju potres

Kontaktna napreznaja su manja od dozvoljenih

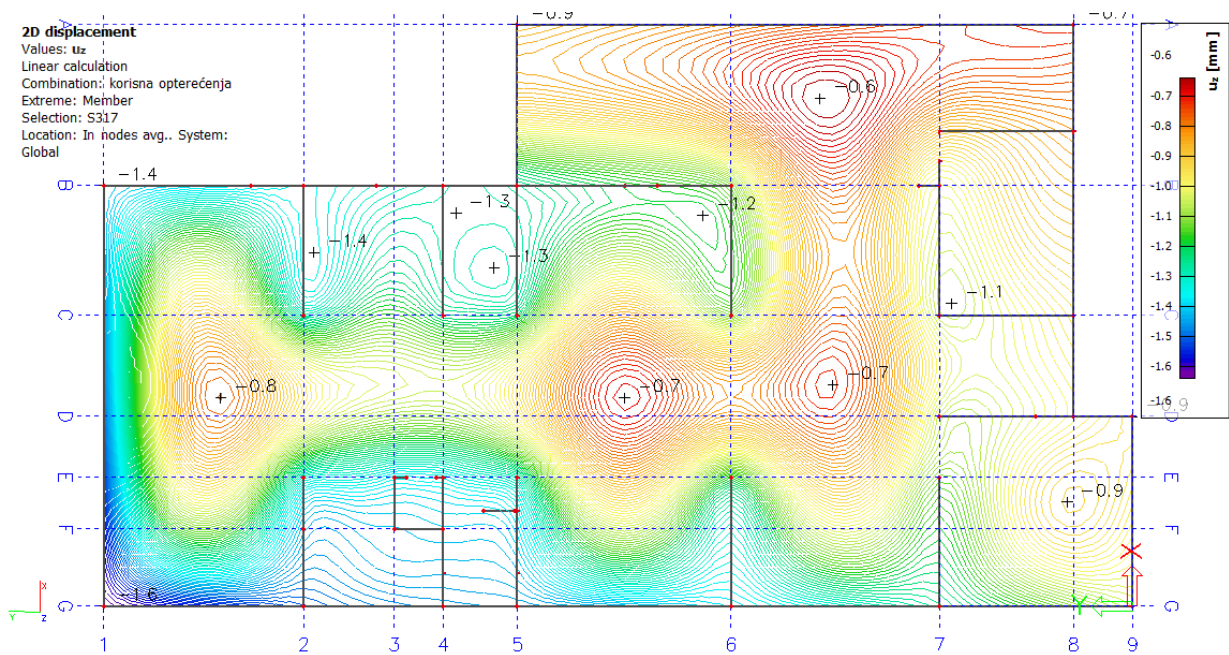
$$\sigma < \sigma_{dop} = 240 \text{ kPa}$$

Ne javljaju se vlačna napreznaja.

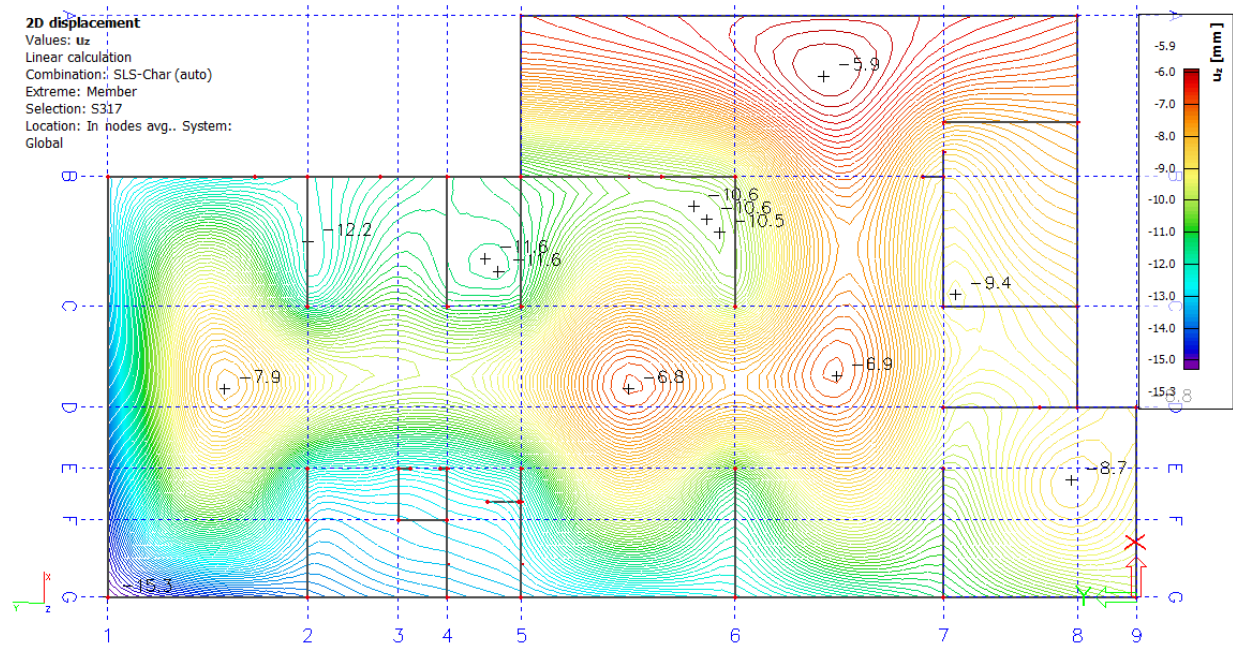
### 8.3. Provjera pomaka



Slika 8.4. Vlastita težina i slojevi



Slika 8.5. Korisno opterećenje

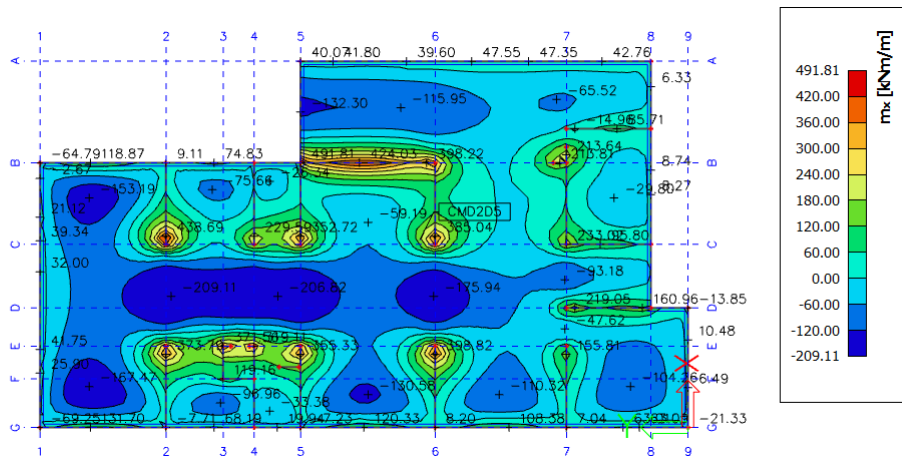


Slika 8.6. Kombinacija opterećenja CO-GSU

## 8.4. Dimenzioniranje temeljne ploče

### 2D internal forces

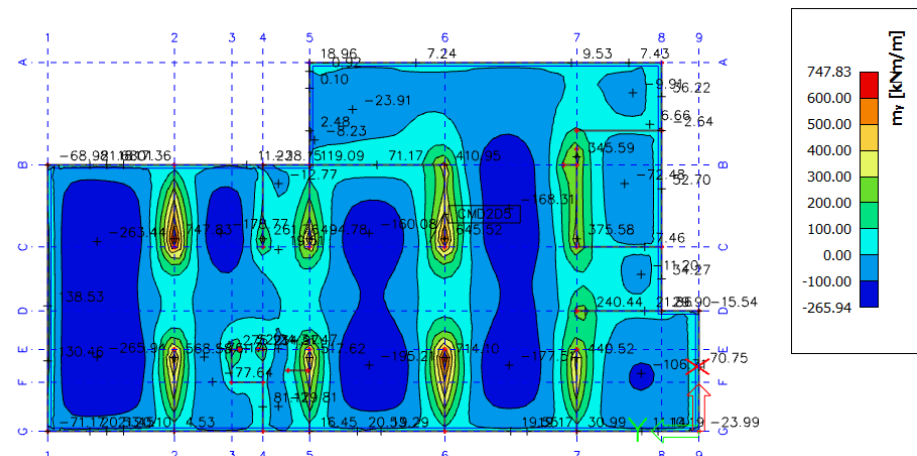
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: ULS-Set B (auto)  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.7. 2D dijagram momenata savijanja  $M_x$

### 2D internal forces

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: ULS-Set B (auto)  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.8. 2D dijagram momenata savijanja  $M_y$

### Proračun armature temeljne ploče(POLJE):

$$M_{ed} = \frac{747.84}{3} = 249.28 \text{ kNm/m}$$

Napomena: Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavno zbog toga što računalni program numerički daje rezultate beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/3 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz slika ploče.

- Bezdimezionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{249.28 \cdot 100}{100 \cdot 45^2 \cdot 2.00} = 0.061$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.065$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0$  ‰;  $\varepsilon_{c2}=1.6$  ‰;  $\zeta=0.950$  ;  $\xi=0.138$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{249.28 \cdot 100}{0.950 \cdot 45 \cdot 43.48} = 13.41 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: **Q-785+Ø14/20 cm ( $A_{s1} = 15.55 \text{ cm}^2$ )**

#### Proračun armature temeljne ploče(LEŽAJ):

- Bezdimezionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{265.94 \cdot 100}{100 \cdot 45^2 \cdot 2.00} = 0.065$$

- Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.065$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0$  ‰;  $\varepsilon_{c2}=1.6$  ‰;  $\zeta=0.950$  ;  $\xi=0.138$

- Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{265.94 \cdot 100}{0.950 \cdot 45 \cdot 43.48} = 14.31 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: **Q-785+Ø14/20 cm ( $A_{s1} = 15.55 \text{ cm}^2$ )**

## **9. RAMPA**



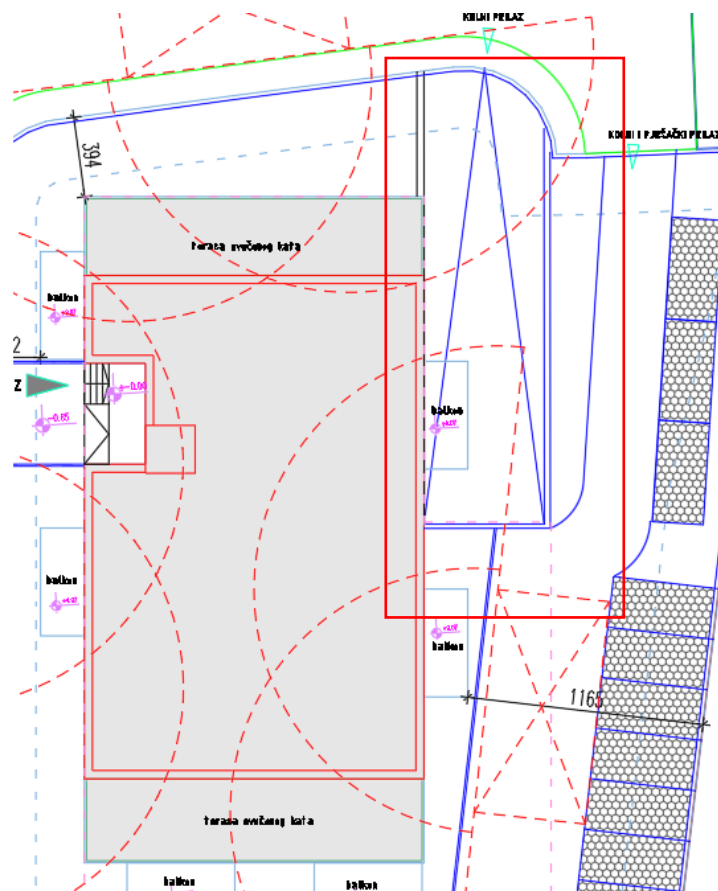
## 9.1. Uvod

Na istočnom pročelju izvodi se rampa za ulaz u podrumsku etazu koja služi kao garaža. Konstrukcija rampe sastoji se od temeljne ploče i ab bočnog potpornog zida. Rampa je odvojena od ostatka AB konstrukcije građevine.

Temeljna ploča izvodi se u debljini 20 cm te lokalno kod bočnog potpornog zida u debljini 40 cm. Nagib rampe iznosi 14 %. Beton C30/37. Zaštitni sloj temeljne ploče za XC2 u iznosu  $c=35$  mm. Temeljna ploča se izvodi na adekvatno pripremljenom tlu uz minimalnu stišljivost  $M_s=60$ MPa. Projektna vrijednost nosivosti temeljnog tla se može koristiti do vrijednosti  $f_{dop}=240$  kPa prema geomehaničkom elaboratu.

AB potporni zidovi izvode se u debljini 40 cm iz betona C 30/37 te zastitnog sloja XC2 u iznosu  $c=35$  mm te prate nagib rampe. Visina ukopanog dijela potpornih zidova obzirom na nagib varira od 0-400 cm.

Iza potpornog zida je omogućen pristup ljudima i odlaganje materijala, usvaja se pokretno opterećenje  $5,0$  kN/m<sup>2</sup>, te pokretno opterećenje od kretanja vatrogasnog vozila (kategorija G) gdje usvajamo  $33,3$  kN/m<sup>2</sup>.



Slika 9.1. Karakteristični tlocrt i situacija



Slika 9.2. Karakteristični pogled

U proračunskom modelu se krutost podloge uzima u iznosu  $C1z=5 \text{ MN/m}^3$

Name	C1x [MN/m <sup>2</sup> ]	C1y [MN/m <sup>2</sup> ]	Stiffness [MN/m <sup>3</sup> ]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
Sub1	5,0000e+01	5,0000e+01	8,0000e+00	5,0000e+01	5,0000e+01

## 9.2. Analiza opterećenja

**LC1** - vlastita težina konstrukcije

Uzima se iz materijalnih i geometrijskih karakteristika proračunskog modela

**LC2** - dodatno stalno djelovanje; tlo iza konstrukcije (pritisak tla u mirovanju)

$$p_i = \gamma * h_i * K_0 \text{ (ovisno o visini tla tj. zasipanja)}$$

**Karakteristične vrijednosti**

$$\varphi_{\text{soil}} = 38^\circ$$

$$c_{\text{soil}} = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{\text{soil}} = 21 \text{ kN/m}^3$$

**Projektne vrijednosti**

$$\text{tg} \varphi_d = \frac{\text{tg} \varphi_k}{\gamma_{\text{tg} \varphi}}; \quad \varphi_d = \arctg \left( \frac{\text{tg} \varphi_k}{\gamma_{\text{tg} \varphi}} \right)$$

$$\gamma_{\text{tg} \varphi} = 1,0$$

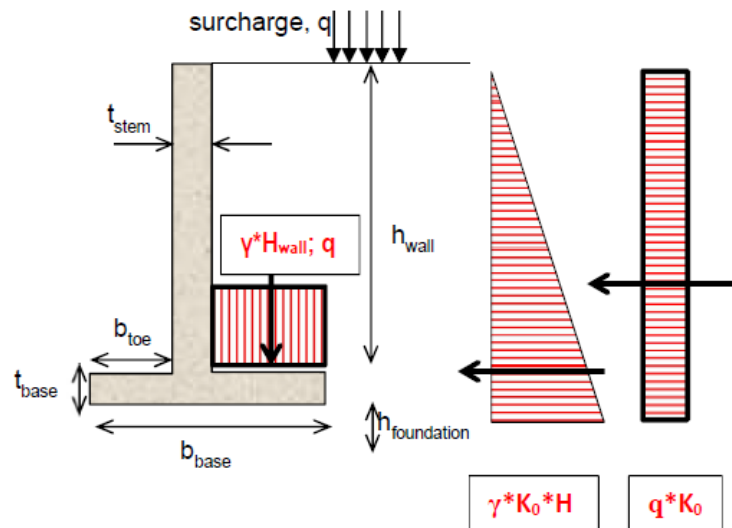
$$\varphi_d = \arctg \left( \frac{\text{tg} \varphi_k}{\gamma_{\text{tg} \varphi}} \right) = 30^\circ$$

**Koeficijent tlaka mirovanja (Jaky)**

$$K_0 = 1 - \sin \varphi_d = 1 - \sin(30^\circ) = 0,50$$

**Opterećenje tlom**

$$E_d = K_0 * \gamma * H = 0,50 * 21,0 * 4,0 = 42 \text{ kPa}$$



**LC3** - pokretno, korisno djelovanje:

- mogućnosti pristupa ili gomilanja materijala; usvaja se opterećenje u iznosu **5,00 kN/m<sup>2</sup>** te opterećenja vatrogasnog vozila **33,3 kN/m<sup>2</sup>** i po cijeloj površini.

$$q_z = q * K_0 = 5 * 0,5 = 2,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (mogućnost pristupa ili gomilanja materijala)}$$

$$q_z = q * K_0 = 33,3 * 0,5 = 16,65 \text{ kN/m}^2 \text{ (vatrogasno vozilo)}$$

## 9.3. Kombinacije djelovanja

Za provjeru graničnog stanja nosivosti koriste se sljedeće kombinacije:

- Za linearnu **statičku provjeru graničnog stanja nosivosti** koristi se kombinacija **CO1-GSN**:

$$\sum_i (\gamma_G * G_{k,i}) + \gamma_Q * Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\gamma_Q * \psi_{0,i} * Q_{k,i})$$

- Za linearnu **dinamičku provjeru graničnog stanja nosivosti** koristi se kombinacija **CO3-POTRES**:

$$\sum_i (G_i) + \sum_i (\psi_{2,i} * Q_{k,i}) + \gamma_i * A_{Ed}$$

$\gamma_i$  – koeficijent važnosti, uobičajene građevine 1,0

$A_{Ed}$  – potresna sila

$$\psi_{2,i} = 0,6$$

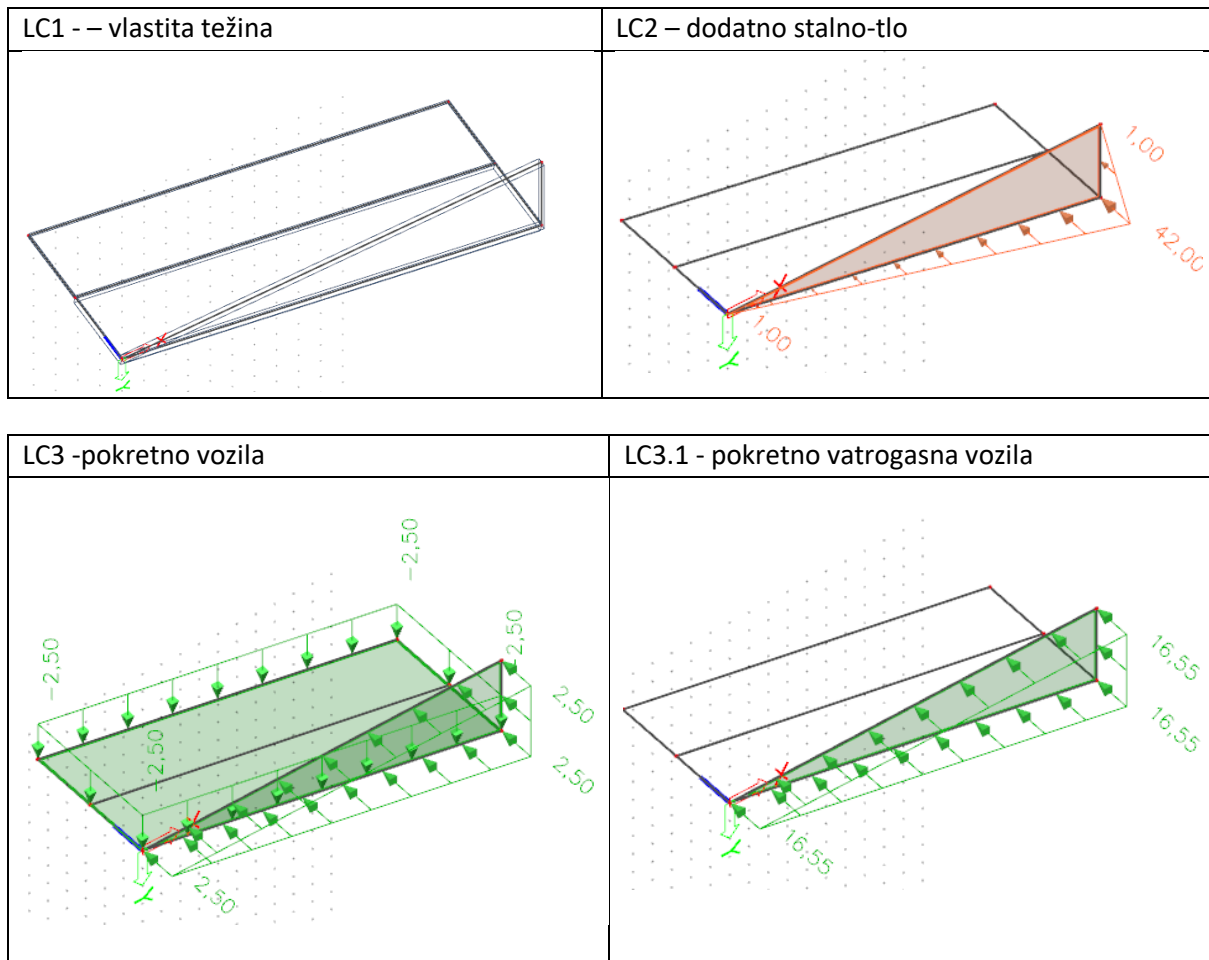
Za provjeru graničnog stanja naprezanja se koristi sljedeća kombinacija

- Za provjeru širina pukotina i progiba koristi se karakteristična (rijetka) kombinacija **CO2-GSU**:

$$\sum_i (G_{k,i}) + Q_{k,i} + \sum_{i>1} (\psi_{0,i} * Q_{k,i})$$

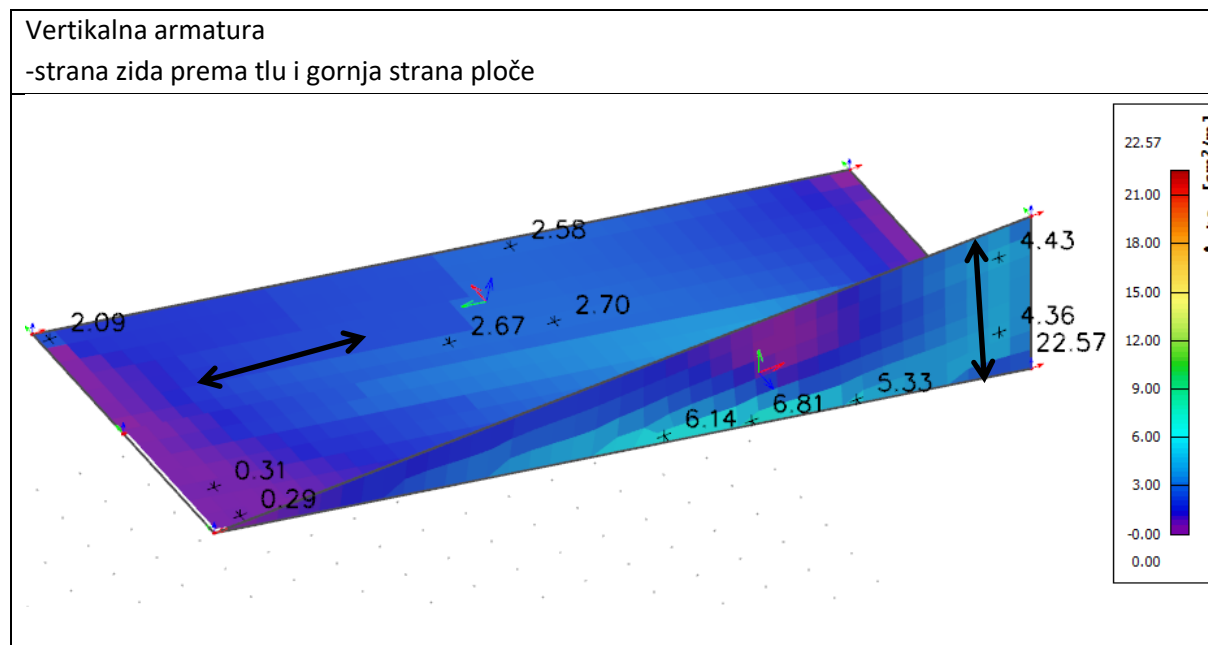
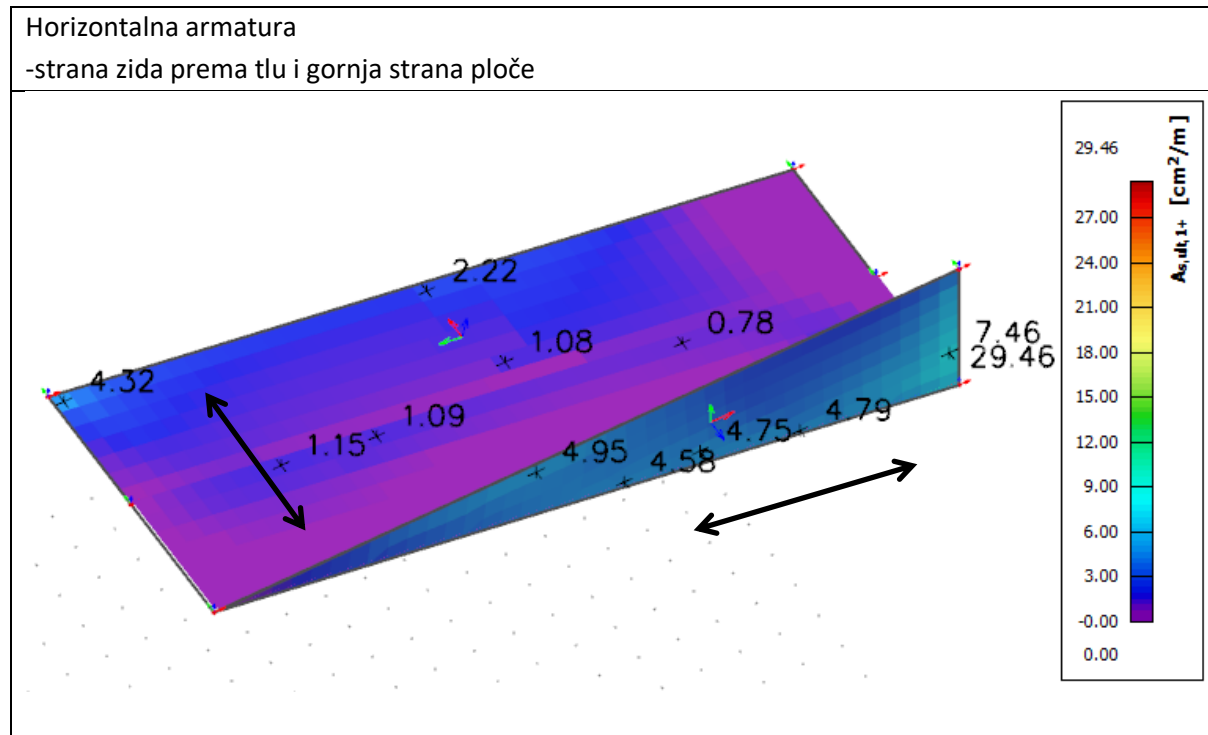
## 9.4. Dimenzioniranje

Prikaz opterećenja na potporni zid

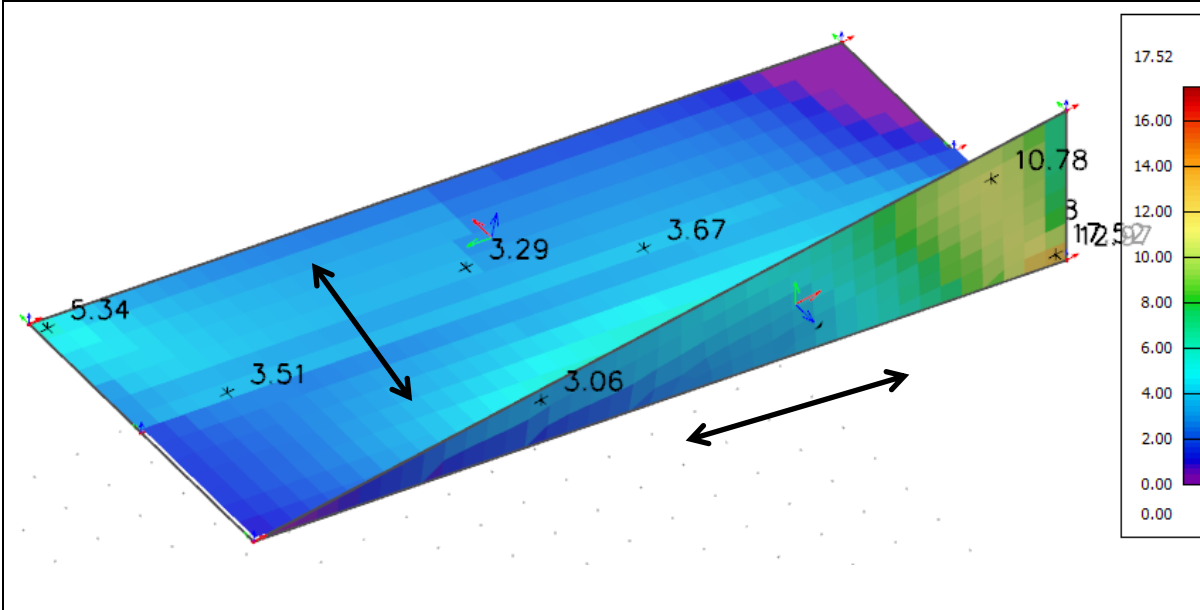


Armatura potpornog zida za kombinaciju opterećenja CO1-GSN

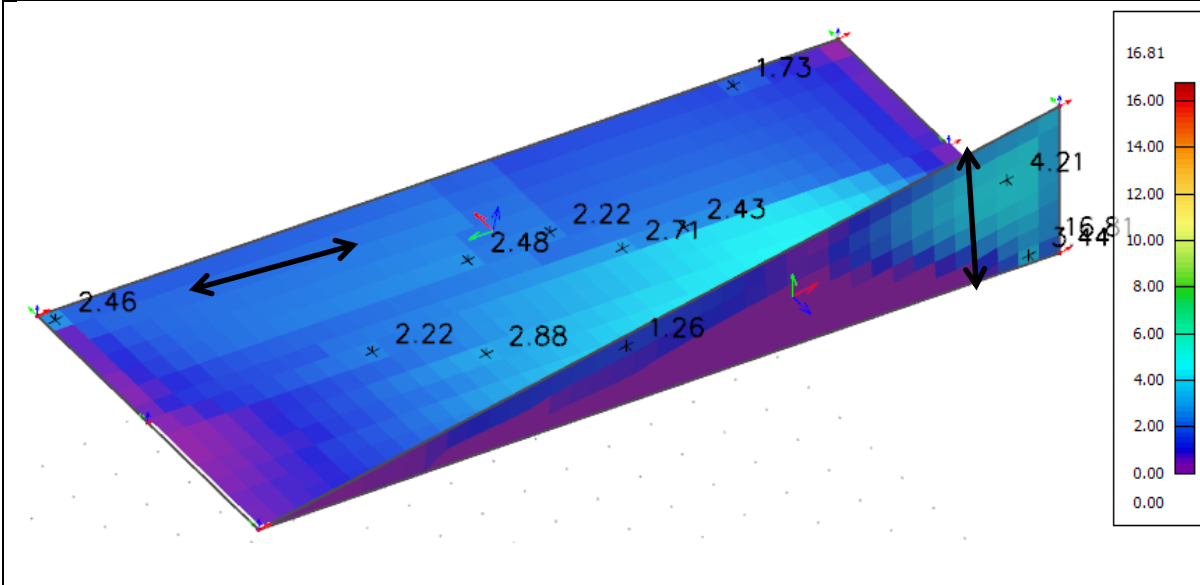
Prikazana je proračunska armatura, nije prikazana minimalna armatura. Ukoliko je proračunska armatura manja od minimalne ugrađuje se minimalna armatura.



Horizontalna armatura  
-strana zida prema unutra i donja strana ploče



Vertikalna armatura  
-strana zida prema unutra i donja strana ploče



**Usvojena armatura****Dimenzioniranje konstruktivnih elemenata**

Karakteristike materijala

**Beton C 30/37**

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2; f_{CD} = \frac{f_{CK}}{\gamma_C} = \frac{30}{1.5} = 20,00 \text{ MPa} = 2,00 \text{ kN/cm}^2$$

**Armatura B 500 B**

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2; f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434,78 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

**Minimalna armatura b=20 cm**

$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 100 \cdot 20,0 = 3,0 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1, \min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 20 = 2,6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

**Minimalna armatura b=40 cm**

$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot 2,9 / 500 \cdot 100 \cdot 40,0 = 6,0 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1, \min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 40 = 5,2 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Usvojena minimalna armatura debljine 20 cm;  $A_{s\min}=3,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$ .Usvojena minimalna armatura debljine 40 cm;  $A_{s\min}=6,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$ .**Zid**Zida armirati mrežama Q785 (obostrano). Na spoju zida sa temeljnom pločom postaviti L ankere (upeti spoj) sa  $\emptyset 12/15$ **Temeljna ploča**

Temeljnu ploču armirati mrežama Q283 u gornjoj i Q503 u donjoj zoni.

## **10. GRAFIČKI PRILOZI**

- 10.1. Plan pozicija-Tlocrt temelja
- 10.2. Plan pozicija-Tlocrt podruma
- 10.3. Plan pozicija-Tlocrt prizemlja
- 10.4. Plan pozicija- Tlocrt 1. kata
- 10.5. Plan pozicija-Tlocrt 2. kata
- 10.6. Plan pozicija-Tlocrt 3. kata
- 10.7. Plan pozicija-Tlocrt uvučene etaže
- 10.8. Poprečni presjek 2-2
- 10.9. Pogled sjever
- 10.10. Pogled jug
- 10.11. Pogled istok
- 10.12. Pogled zapad

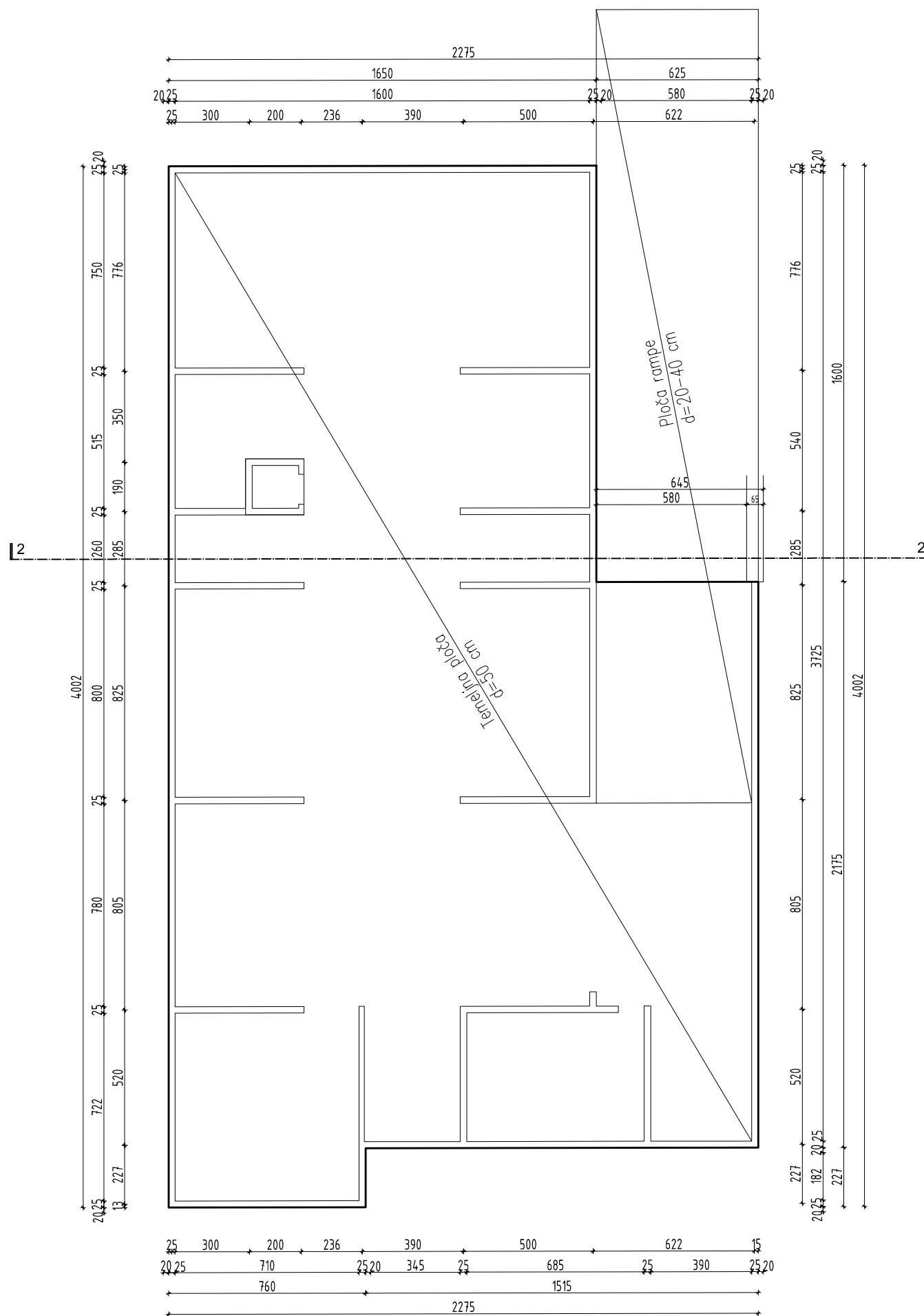


## **11. ARMATURNI NACRTI**

- 11.1. Armaturni nacrt međukatne ploče pozicija 700, donja zona
- 11.2. Armaturni nacrt međukatne ploče pozicija 700, gornja zona
- 11.3. Armaturni nacrt krovne ploče pozicija 600, donja zona
- 11.4. Armaturni nacrt krovne ploče pozicija 600, gornja zona
- 11.5. Armaturni nacrt grede G701
- 11.6. Armaturni nacrt zida u osi 1
- 11.7. Armaturni nacrt visokostijenog nosača(tip 2)
- 11.8. Armaturni nacrt temeljne ploče pozicija 100-donja zona
- 11.9. Armaturni nacrt temeljne ploče pozicija 100-gornja zona

## 12. LITERATURA

- [1] A.Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija ,interna skripta
- [2] EUROCODE: Osnove projektiranja konstrukcija, djelovanja na konstrukciju, projektiranje betonskih konstrukcija
- [3] FGAG repozitorij;Repozitorij Fakulteta građevinarstva,arhitekture i geodezije
- [4] Računalni program:
  - Autocad 2021
  - Microsoft Office:Word
  - Scia Engineer 19.1.
  - Excel 2016



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,**  
**ARHITEKTURE I GEODEZIJE**  
**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR:** dr.sc. Domagoj Matešan

Ivan Matas

**PREDMET:** Diplomski rad

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

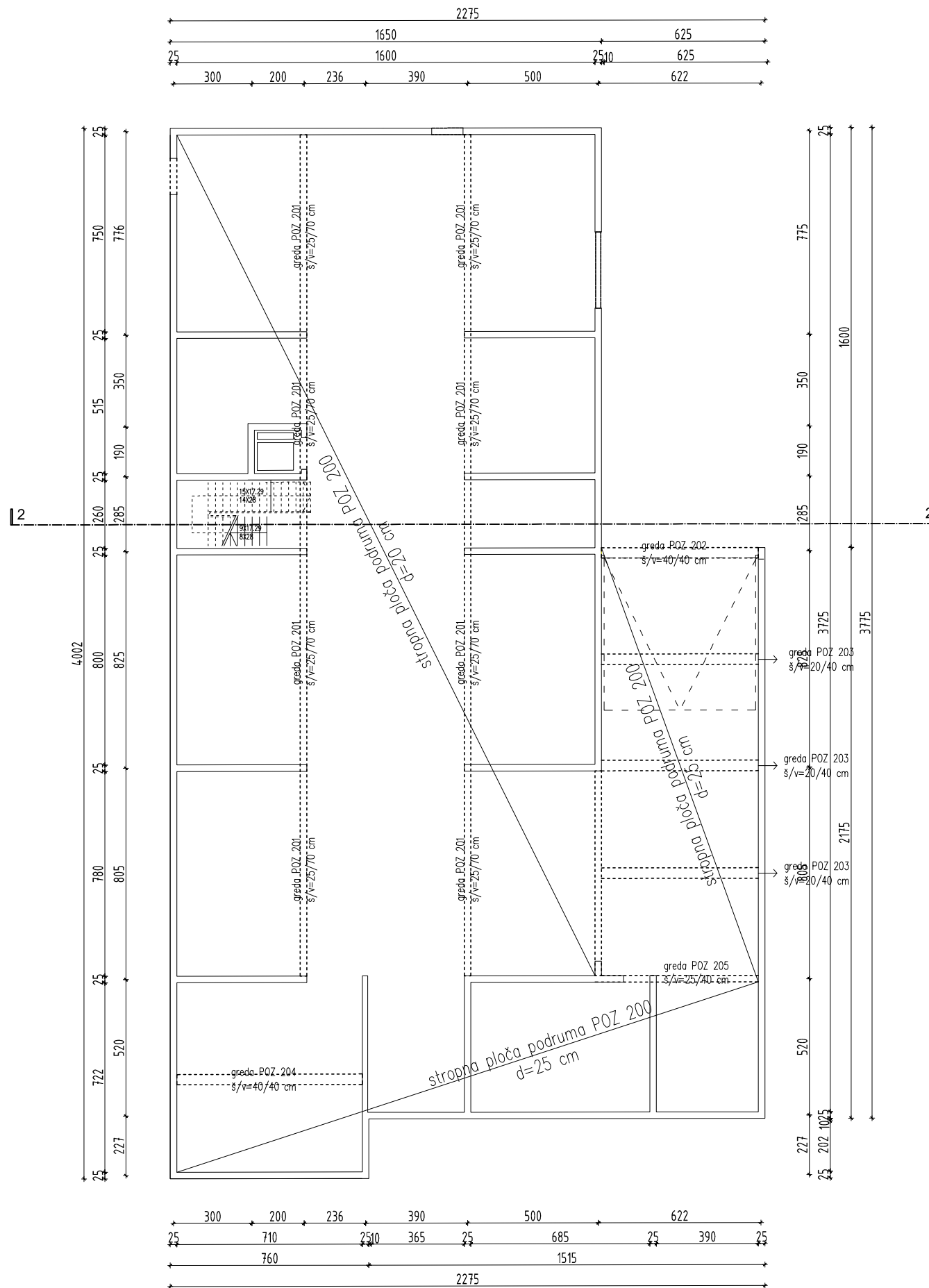
**VRSTA PROJEKTA:** Glavni projekt stambene zgrade

**SADRŽAJ:** PLAN POZICIJA-tlocrt temeljne ploče i rampe- POZ 100

**MJERILO:** 1:200

**BROJ PRILOGA:** 10.1.

**DATUM:** srpanj, 2021.



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,**  
**ARHITEKTURE I GEODEZIJE**  
**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR:** dr.sc. Domagoj Matešan

Ivan Matas

**PREDMET:** Diplomski rad

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

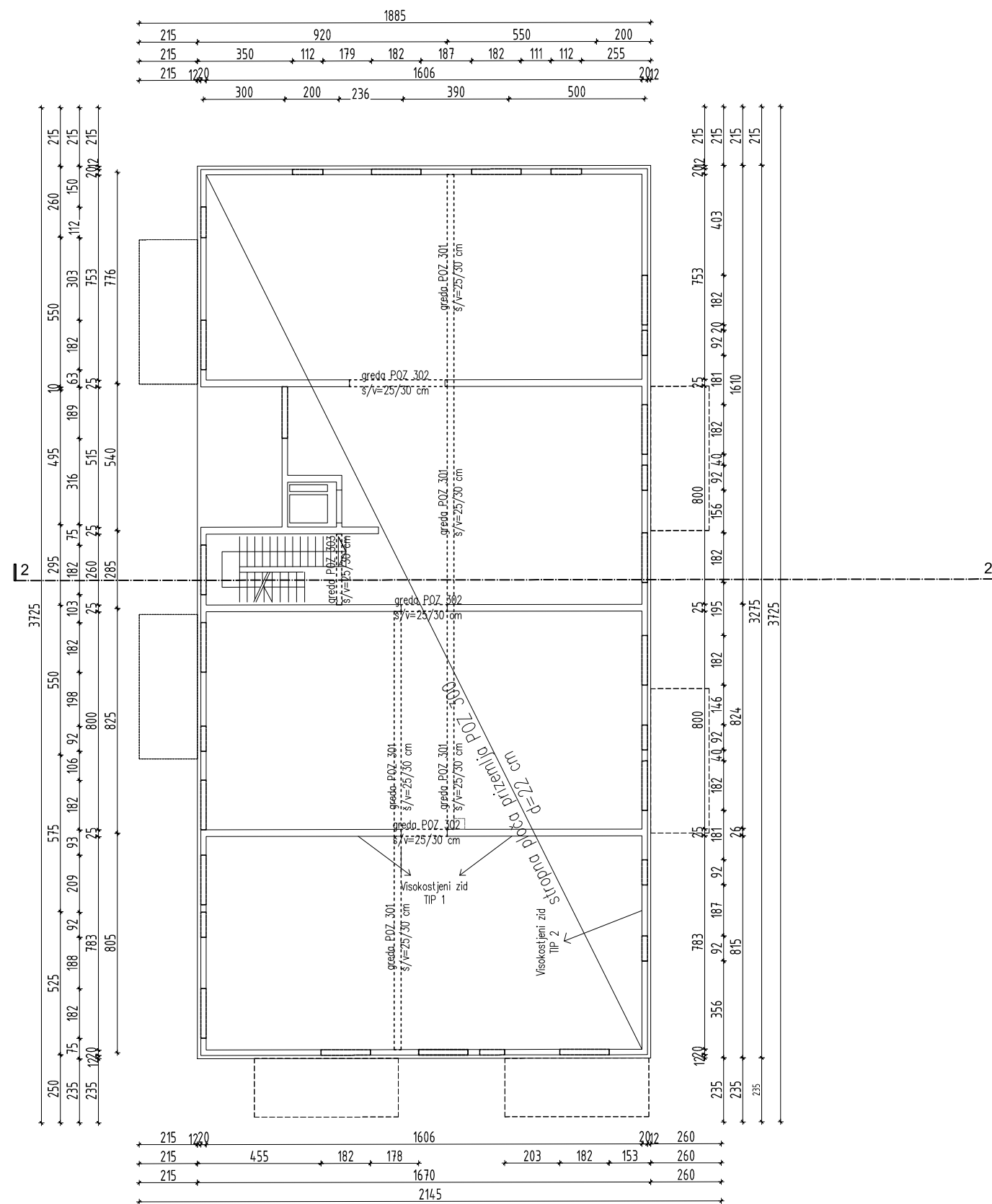
**VRSTA PROJEKTA:** Glavni projekt stambenog zgrade

**SADRŽAJ:** PLAN POZICIJA-tlocrt podruma-POZ 200

**MJERILO:** 1:200

**BROJ PRILOGA:** 10.2.

**DATUM:** srpanj, 2021.



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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR: dr.sc. Domagoj**  
**Matešan**

Ivan Matas

**PREDMET: Diplomski rad**

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

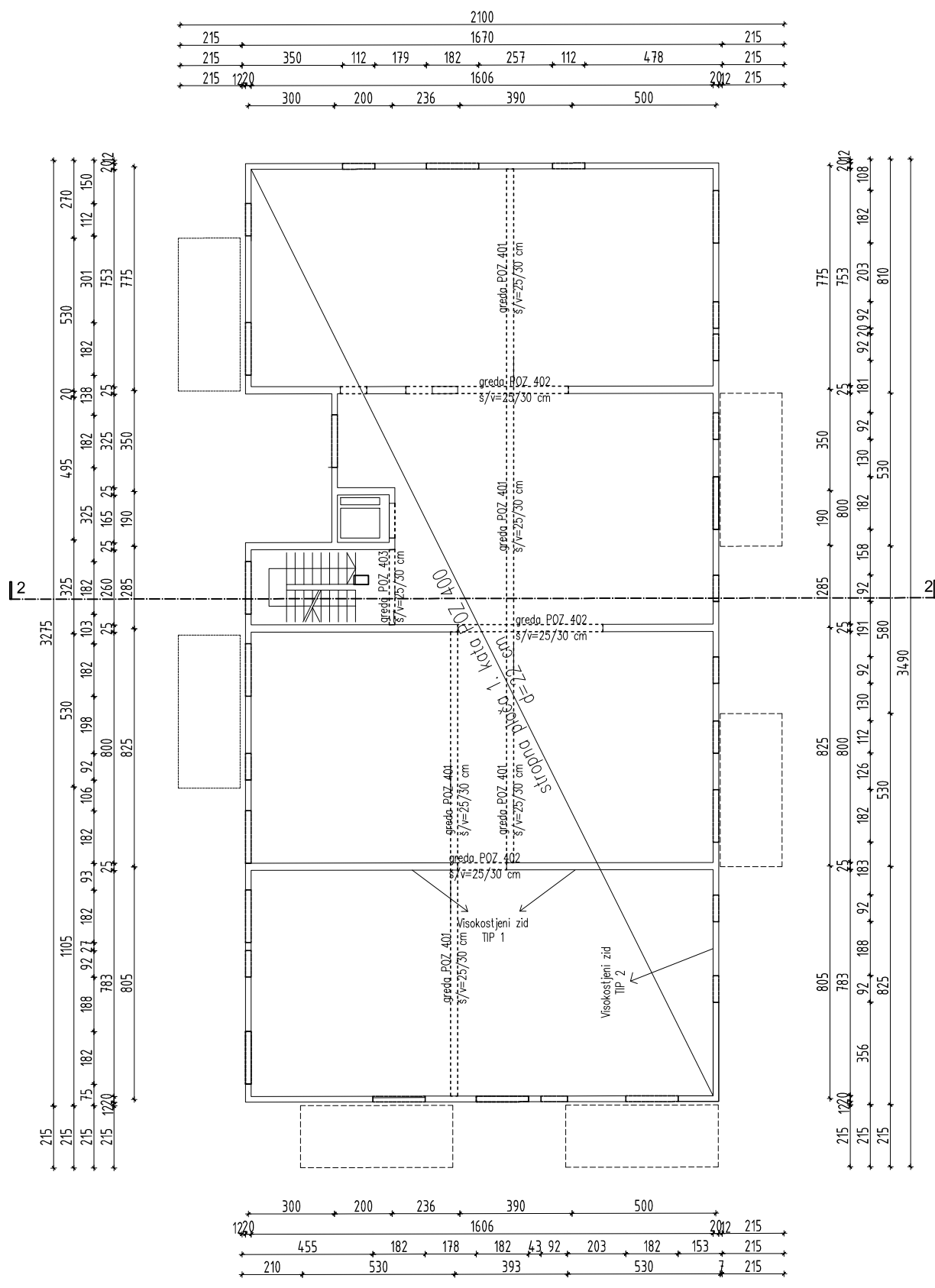
**VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambenog zgrade**

**SADRŽAJ: PLAN POZICIJA-tlocrt**  
**prizemlja-POZ 300**

**MJERILO: 1:200**

**BROJ PRILOGA: 10.3..**

**DATUM: srpanj, 2021.**



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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR: dr.sc. Domagoj**  
**Matešan**

Ivan Matas

**PREDMET: Diplomski rad**

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

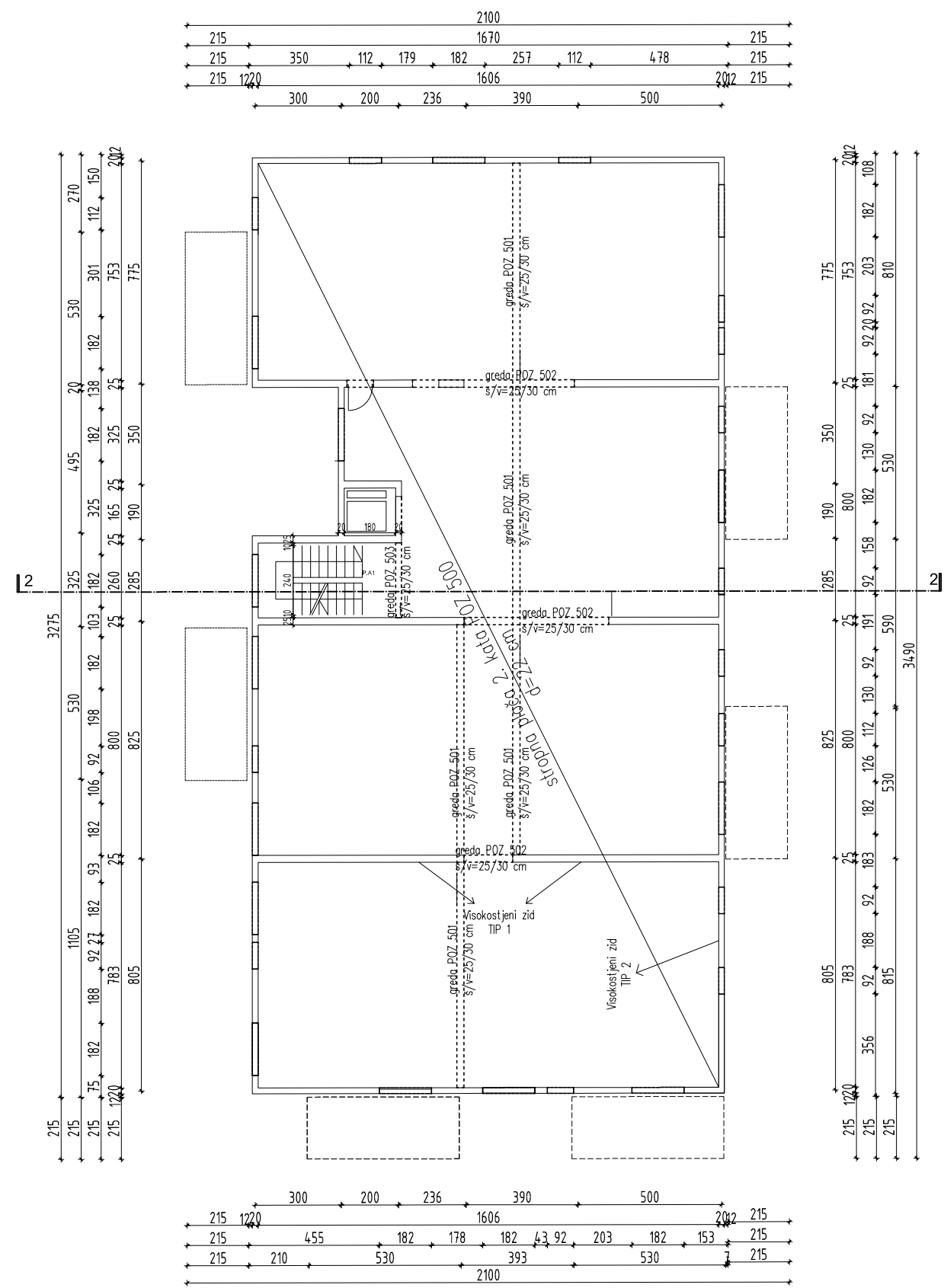
**VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambenog zgrade**

**SADRŽAJ: PLAN POZICIJA-tlocrt**  
**1.kata-POZ 400**

**MJERILO: 1:200**

**BROJ PRILOGA: 10.4..**

**DATUM: srpanj, 2021.**



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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR: dr.sc. Domagoj**  
**Matešan**

Ivan Matas

**PREDMET: Diplomski rad**

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

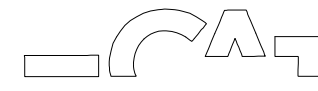
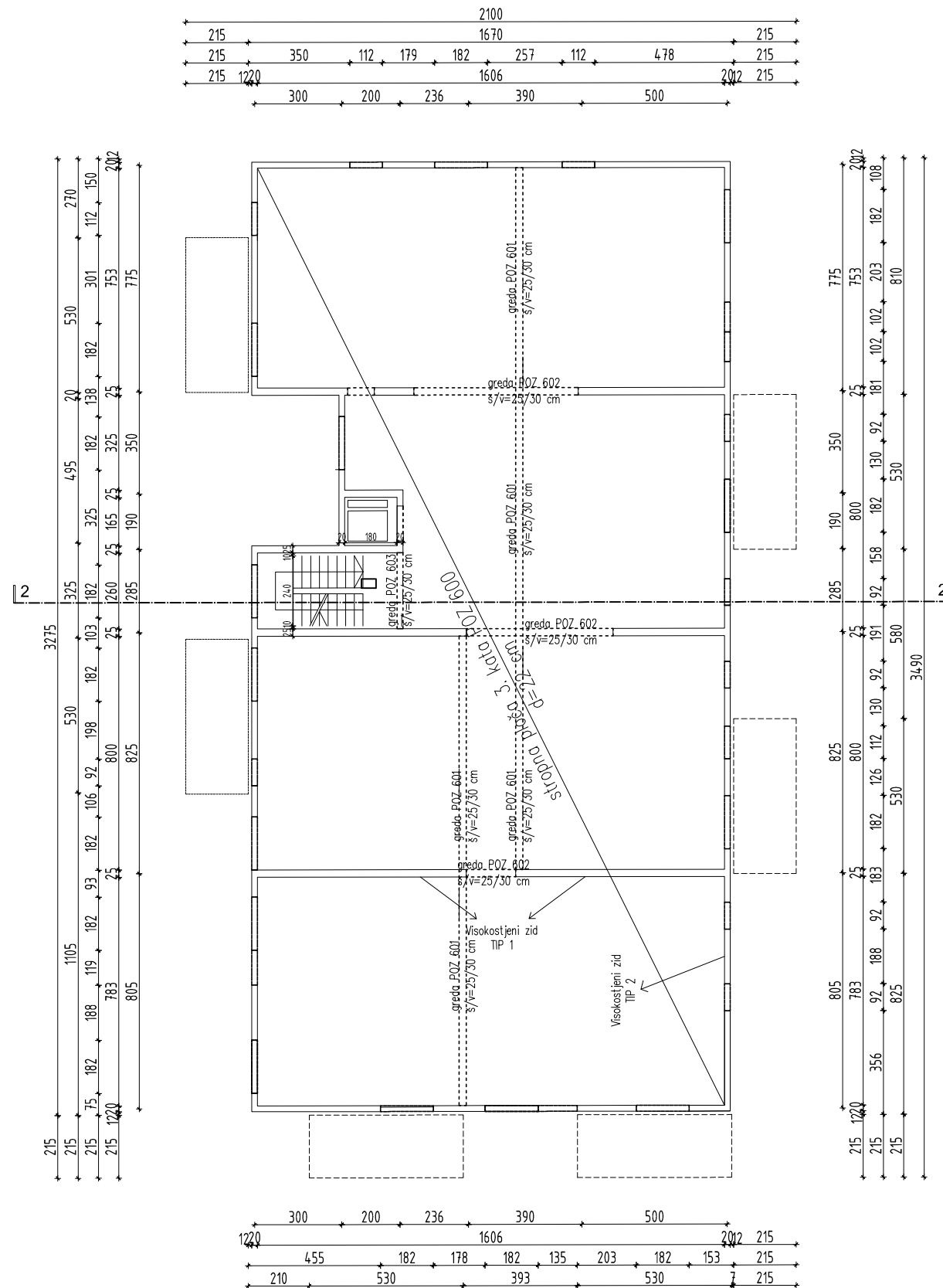
**VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambenog zgrade**

**SADRŽAJ: PLAN POZICIJA-tlocrt**  
**2. kata-POZ 500**

**MJERILO: 1:200**

**BROJ PRILOGA: 10.5.**

**DATUM: srpanj, 2021.**



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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR:** dr.sc. Domagoj Matešan

Ivan Matas

**PREDMET:** Diplomski rad

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

**VRSTA PROJEKTA:** Glavni projekt stambenog zgrade

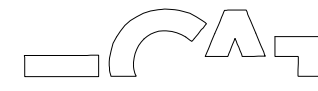
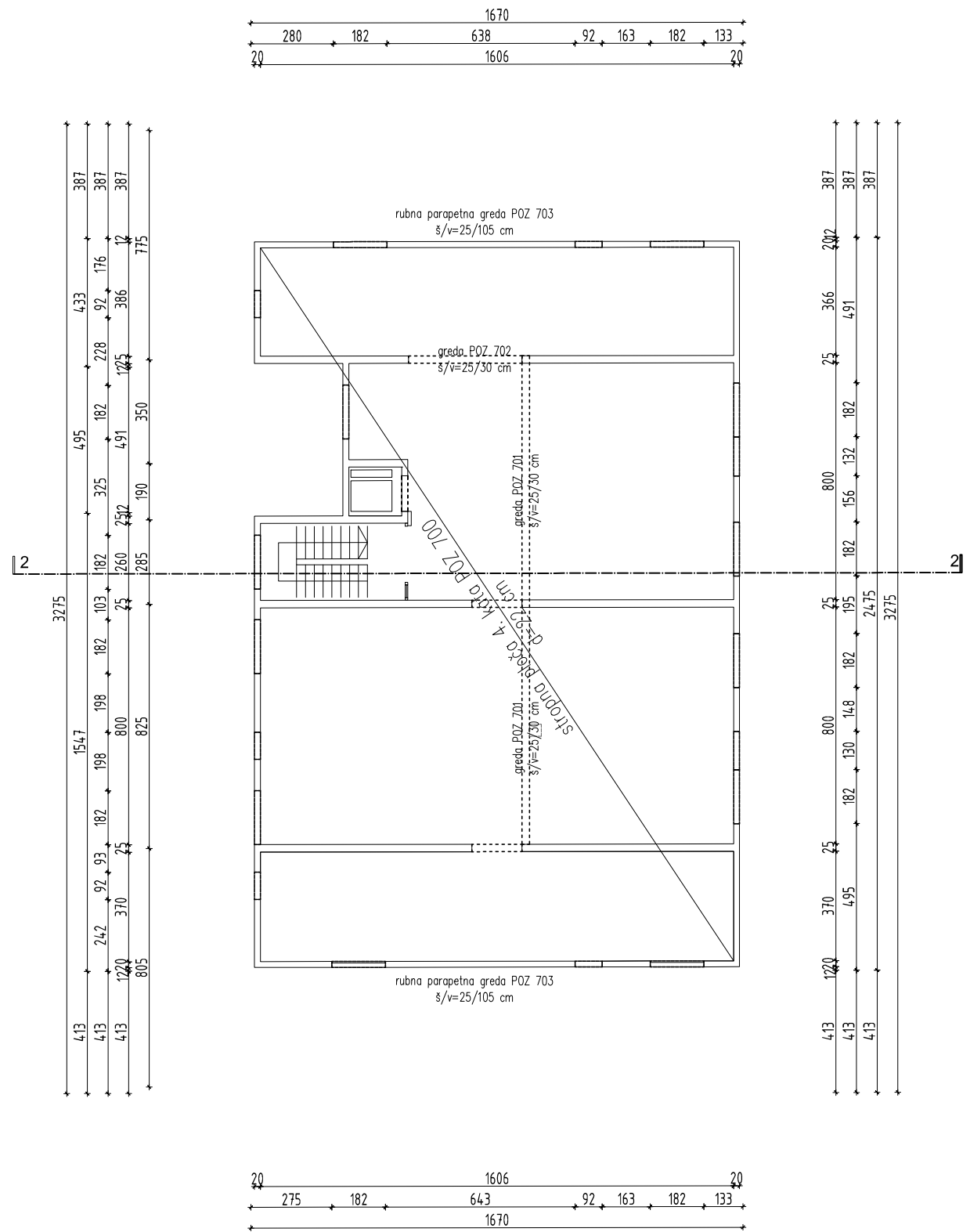
**SADRŽAJ:** PLAN POZICIJA-tlocrt 3. kata-POZ 600

**MJERILO:** 1:200

**BROJ PRILOGA:** 10.6..

**DATUM:** srpanj, 2021.





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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

**MENTOR:** dr.sc. Domagoj Matešan

Ivan Matas

**PREDMET:** Diplomski rad

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

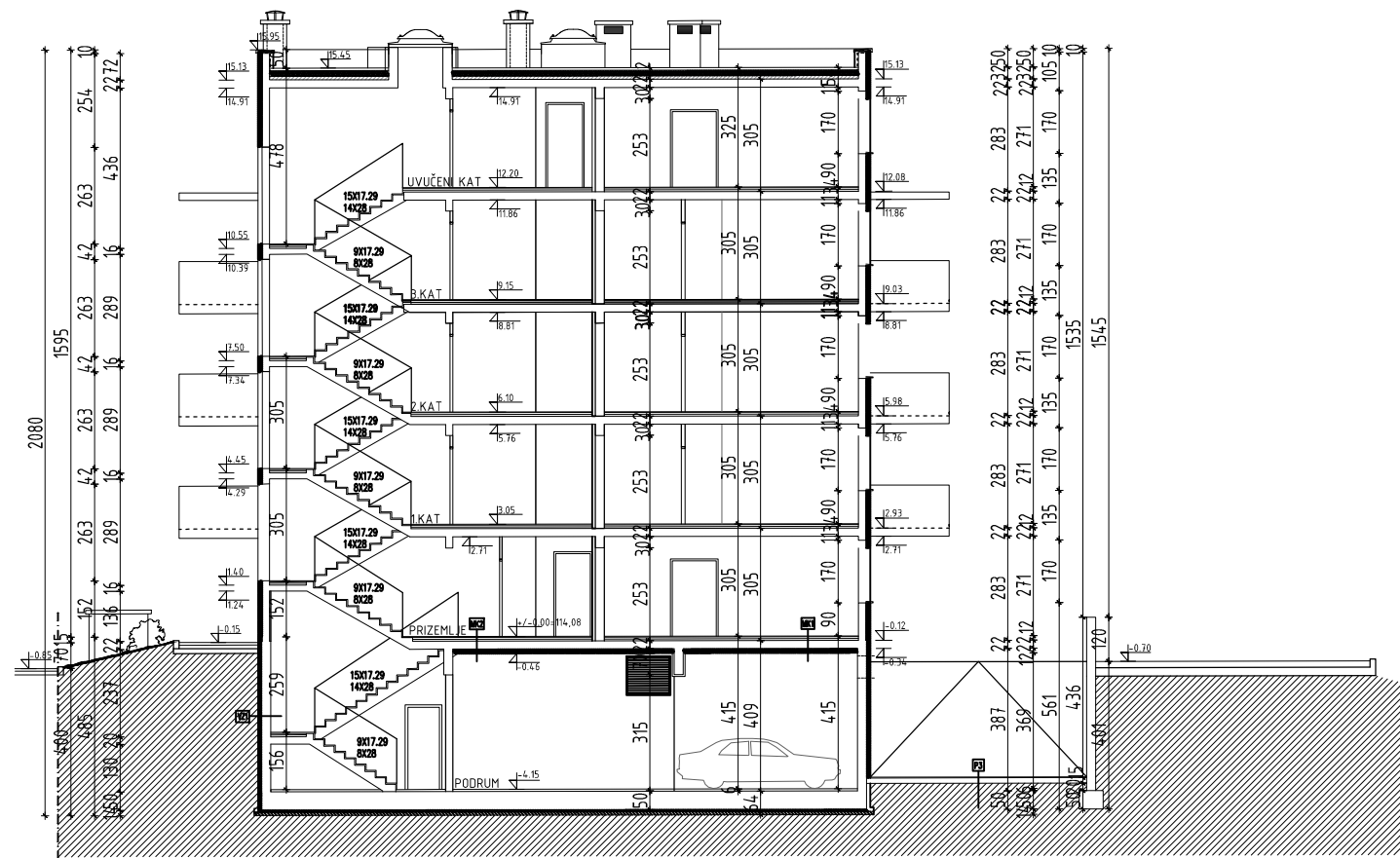
**VRSTA PROJEKTA:** Glavni projekt stambenog zgrade

**SADRŽAJ:** PLAN POZICIJA-tlocrt  
 4. kata-POZ 700


**MJERILO:** 1:200

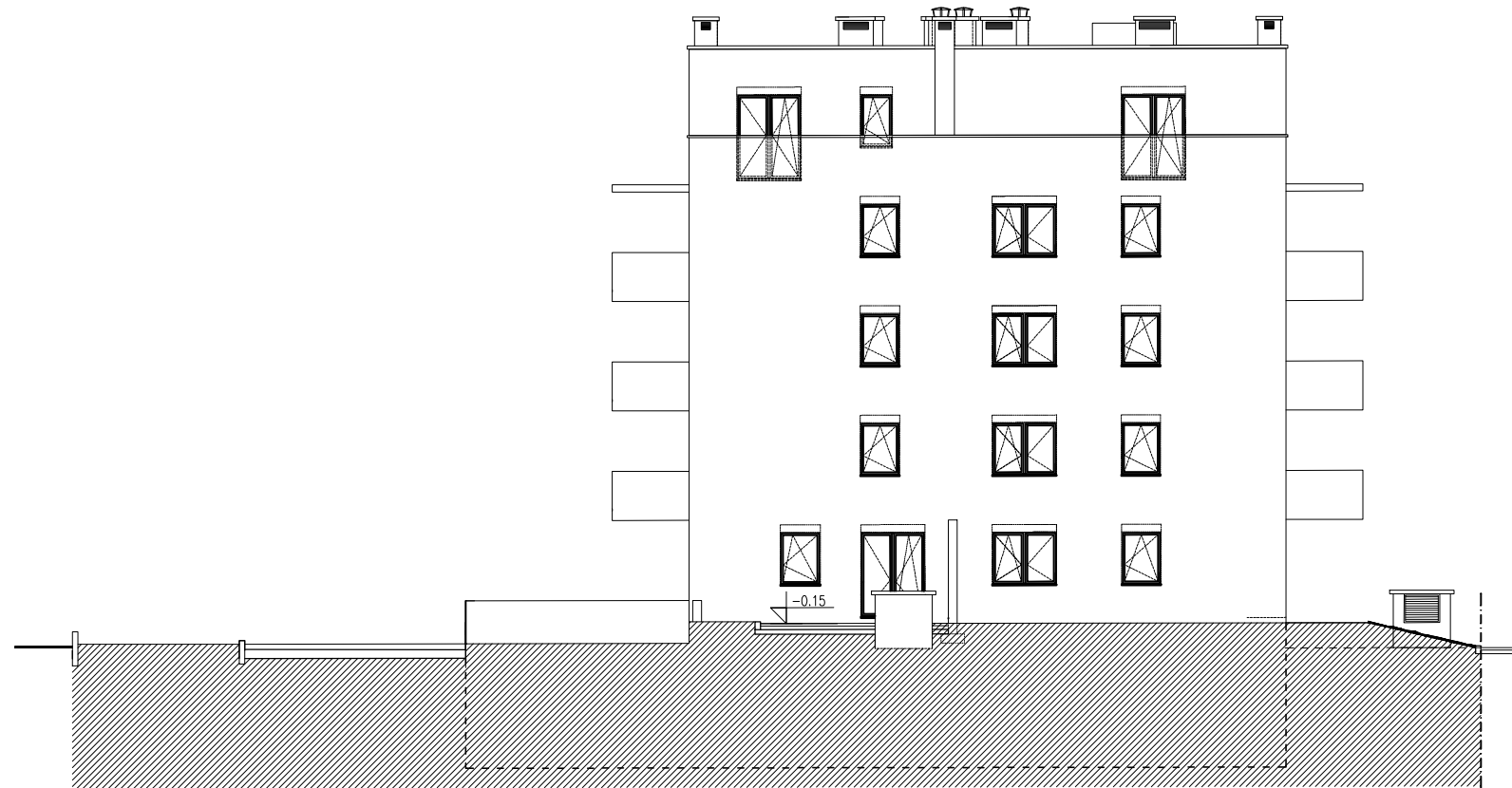
**BROJ PRILOGA:** 10.7.

**DATUM:** srpanj, 2021.



PRESJEK 2-2

 <p><b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b>  <b>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,</b>  <b>ARHITEKTURE I GEODEZIJE</b></p> <p><b>UNIVERSITY OF SPLIT</b>  <b>FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,</b>  <b>ARCHITECTURE AND GEODESY</b></p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambenog zgrade
	SADRŽAJ: Presjek 2-2
MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:200
Ivan Matas	BROJ PRILOGA: 10.8.
	DATUM: srpanj, 2021.



PROČELJE SJEVER



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Domagoj  
Matešan

Ivan Matas

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za  
betonske konstrukcije i  
mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene  
zgrade

SADRŽAJ: pogled -Sjever

MJERILO: 1:200

BROJ PRILOGA 10.9.

DATUM: srpanj, 2021.



PROČELJE JUG



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

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

MENTOR: dr.sc. Domagoj  
 Matešan

Ivan Matas

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za  
 betonske konstrukcije i  
 mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene  
 zgrade

SADRŽAJ: pogled -Jug

MJERILO: 1:200

BROJ PRILOGA: 10.10.

DATUM: srpanj, 2021.



PROČELJE ISTOK



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Domagoj  
Matešan

Ivan Matas

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za  
betonske konstrukcije i  
mostove

VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene  
zgrade

SADRŽAJ: pogled -Istok

MJERILO: 1:200

BROJ PRILOGA: 10.11.

DATUM: srpanj, 2021.



PROČELJE ZAPAD



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

MENTOR: dr.sc. Domagoj  
Matešan

Ivan Matas

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za  
betonske konstrukcije i  
mostove

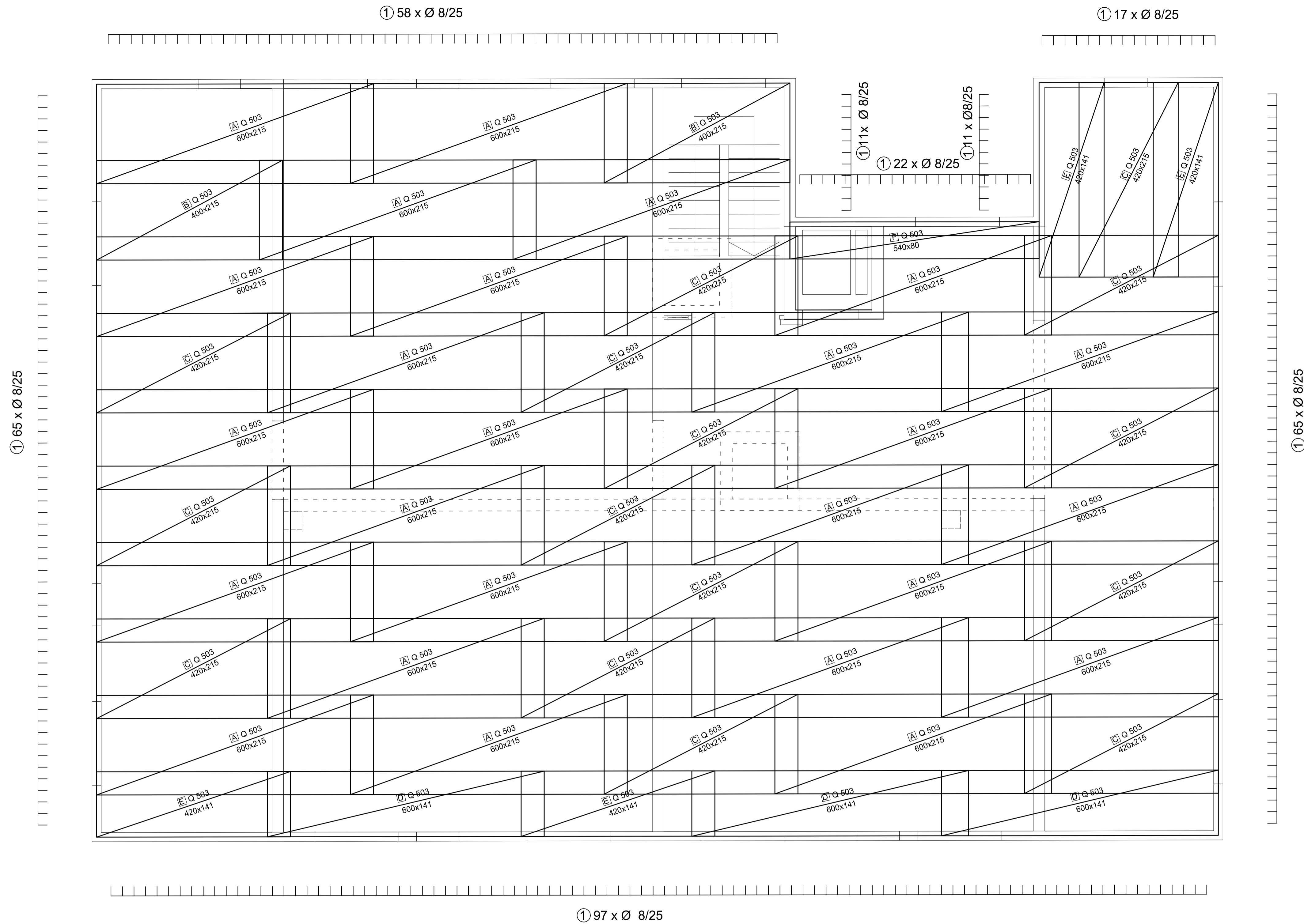
VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene  
zgrade

SADRŽAJ: pogled -Zapad

MJERILO: 1:200

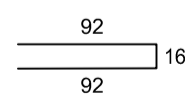
BROJ PRILOGA: 10.12.

DATUM: srpanj, 2021.

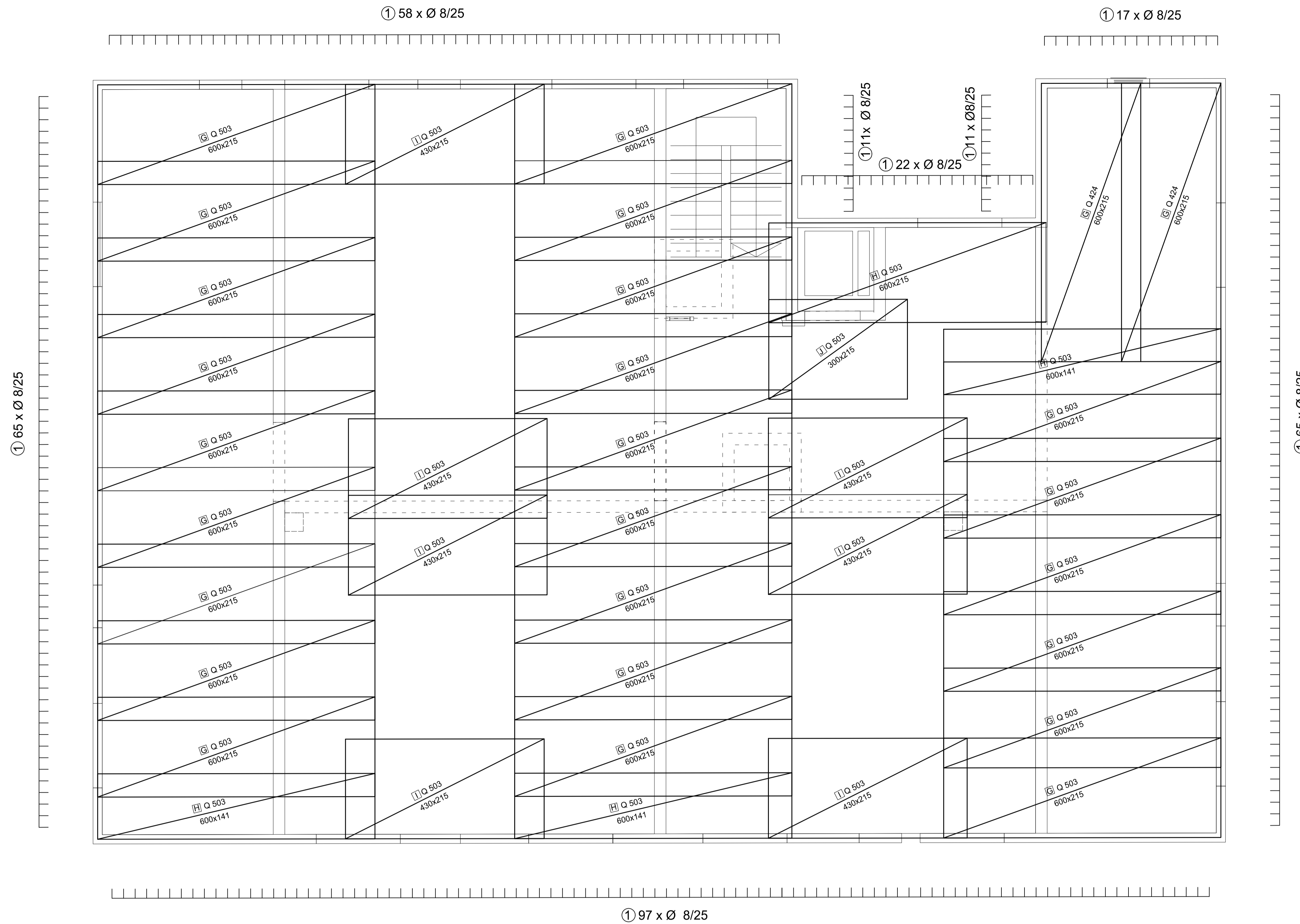


Preklap armaturnih mreža u oba smjera  $\geq$  50 cm

① 346 x Ø 8/25 (l = 200)

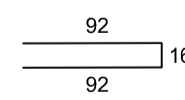


 <p><b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p> <p><b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p> <p>MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešan</p> <p>Ivan Matas</p>	<p>PREDMET: Diplomski rad</p>
	<p>KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove</p>
	<p>VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade</p>
	<p>SADRŽAJ: Armatura krovne ploče POZ700-donja zona</p>
	<p>MJERILO: 1:50</p>
	<p>BROJ PRILOGA: 11.1.</p>
	<p>DATUM: srpanj, 2021.</p>



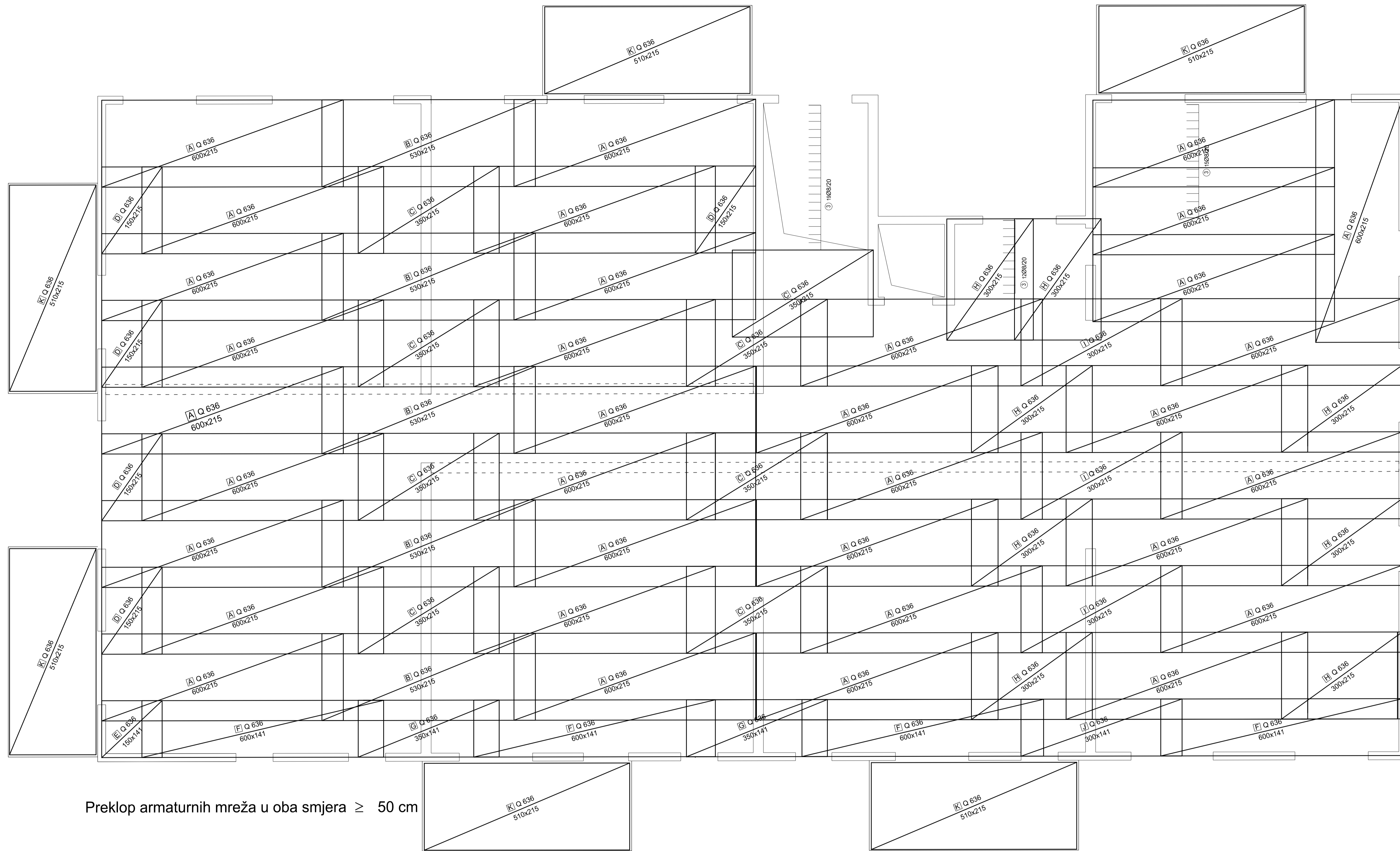
Preklop armaturnih mreža u oba smjera  $\geq 50$  cm

① 346 x Ø 8/25 (I = 200)



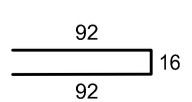
 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> <small>UNIVERSITY OF SPLIT</small> <small>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</small> <small>UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</small>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade
	SADRŽAJ: Armatura krovne ploče POZ700-gornja zona
	MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešić
Ivan Matas	MJERILO: 1:50 BROJ PRILOGA: 11.2. DATUM: srpanj, 2021.



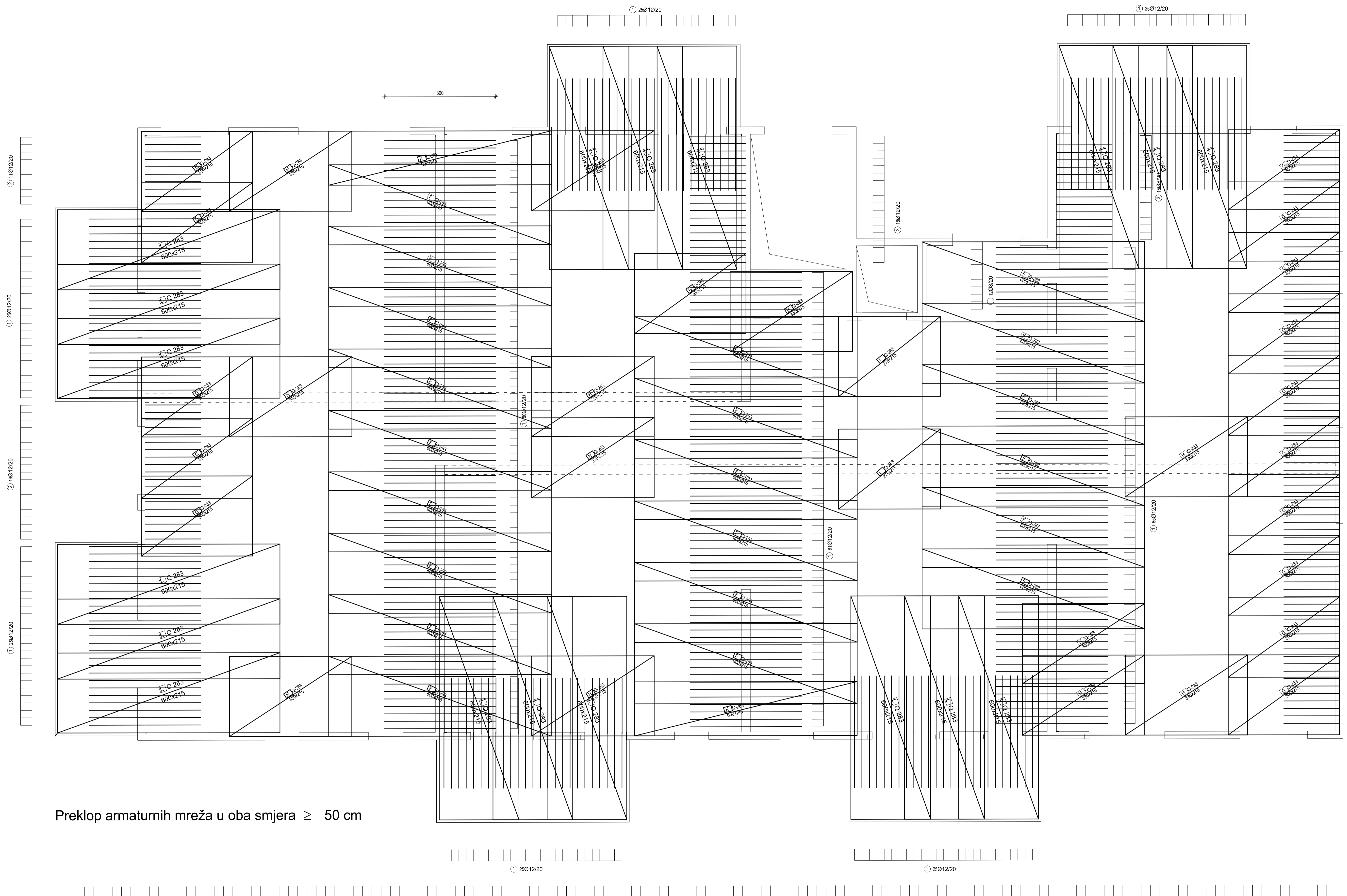


Preklap armaturnih mreža u oba smjera  $\geq$  50 cm

3 558 x Ø 8/25 (I = 200)

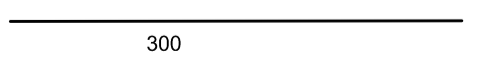


 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FAKULTET INŽINERSTVA ARHITEKTURE I GRADNJE <b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade
	SADRŽAJ: Armatura međukatne ploče POZ600-donja zona
	MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešanić
Ivan Matas	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.3.
	DATUM: srpanj, 2021.

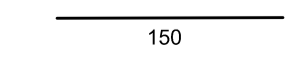


Preklap armaturnih mreža u oba smjera ≥ 50 cm

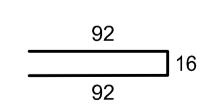
① 356 x Ø 12/20 (l=300)




② 128 x Ø 12/20 (l=150)

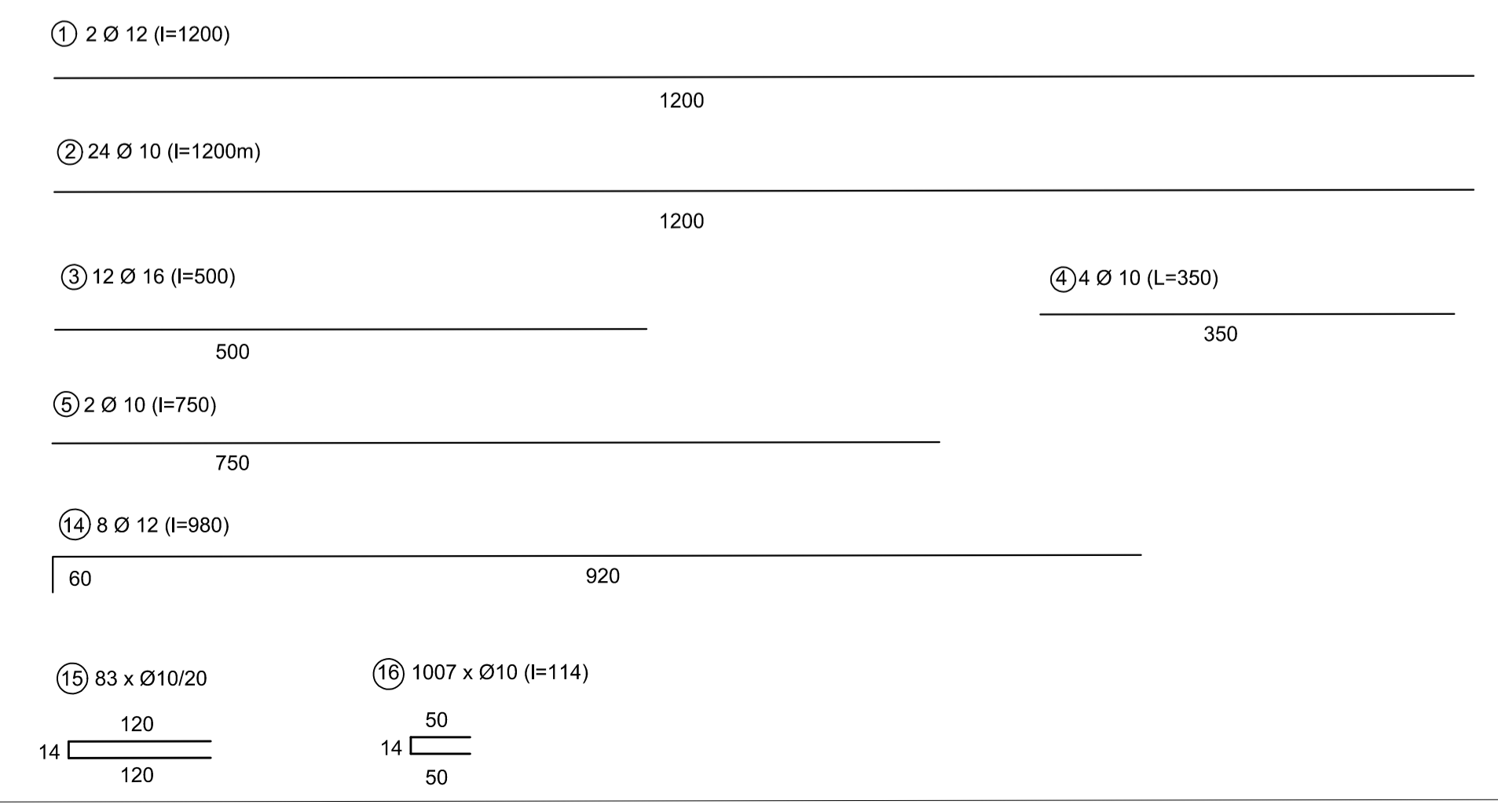
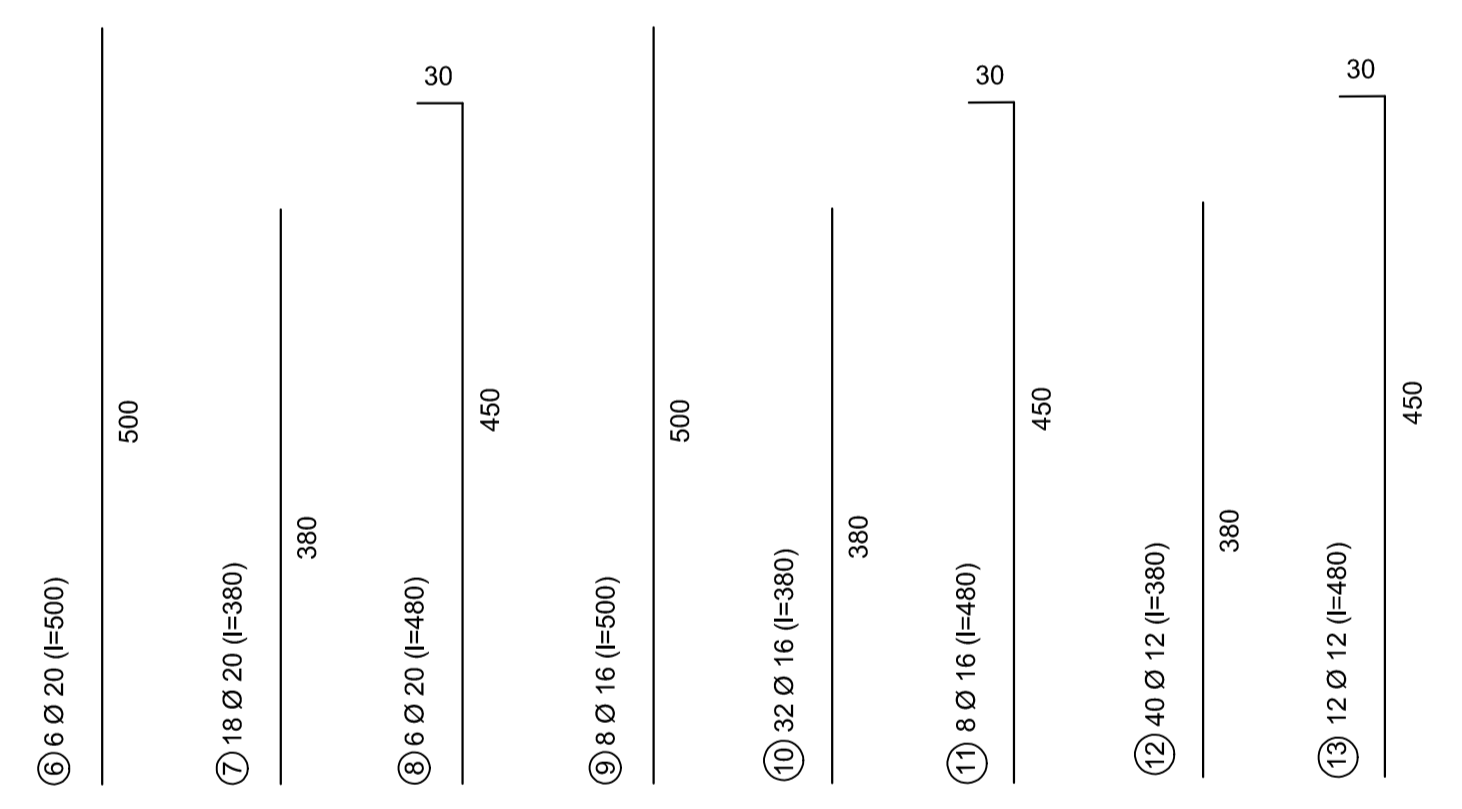
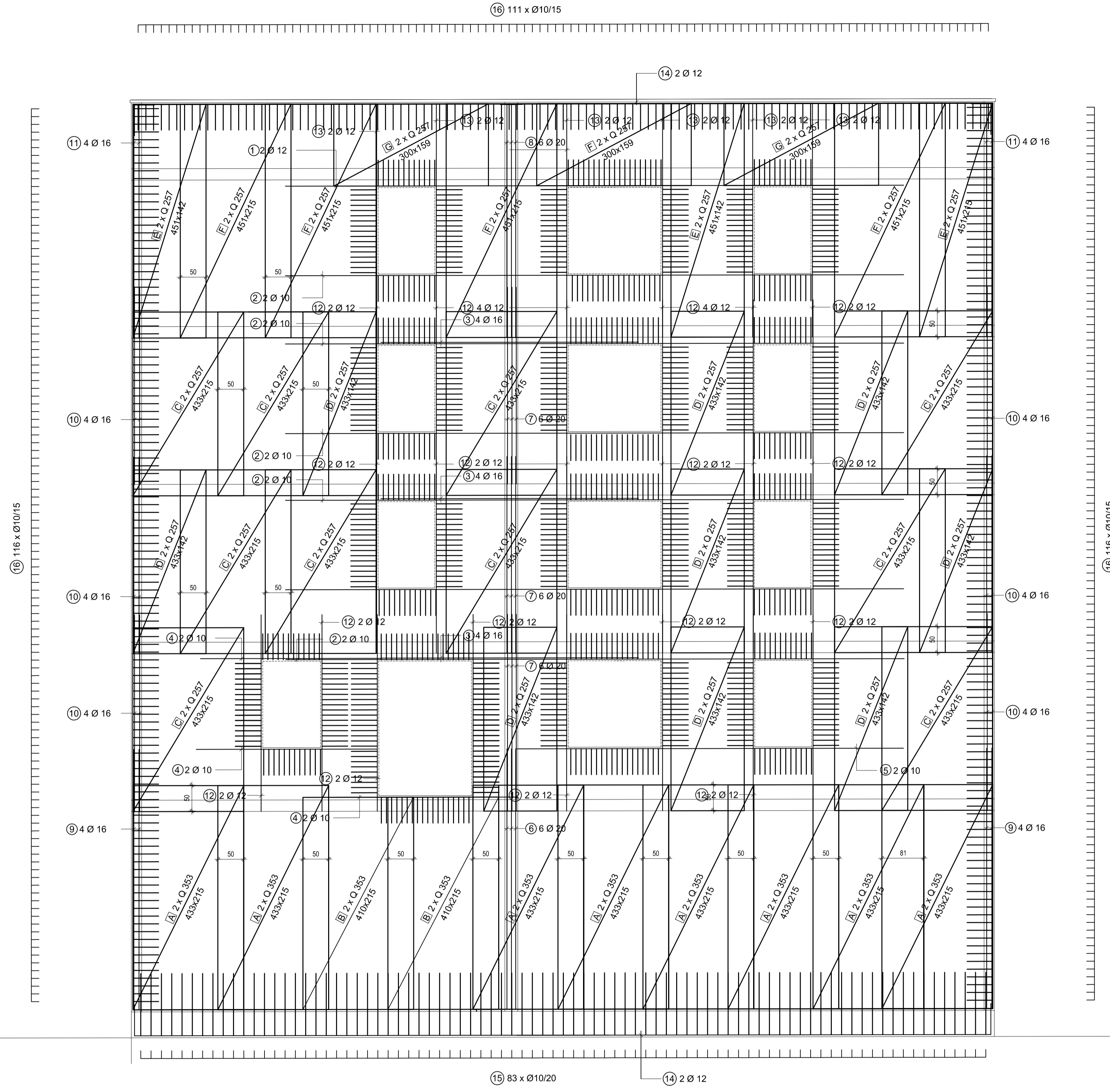



③ 558 x Ø 8/25 (l = 200)

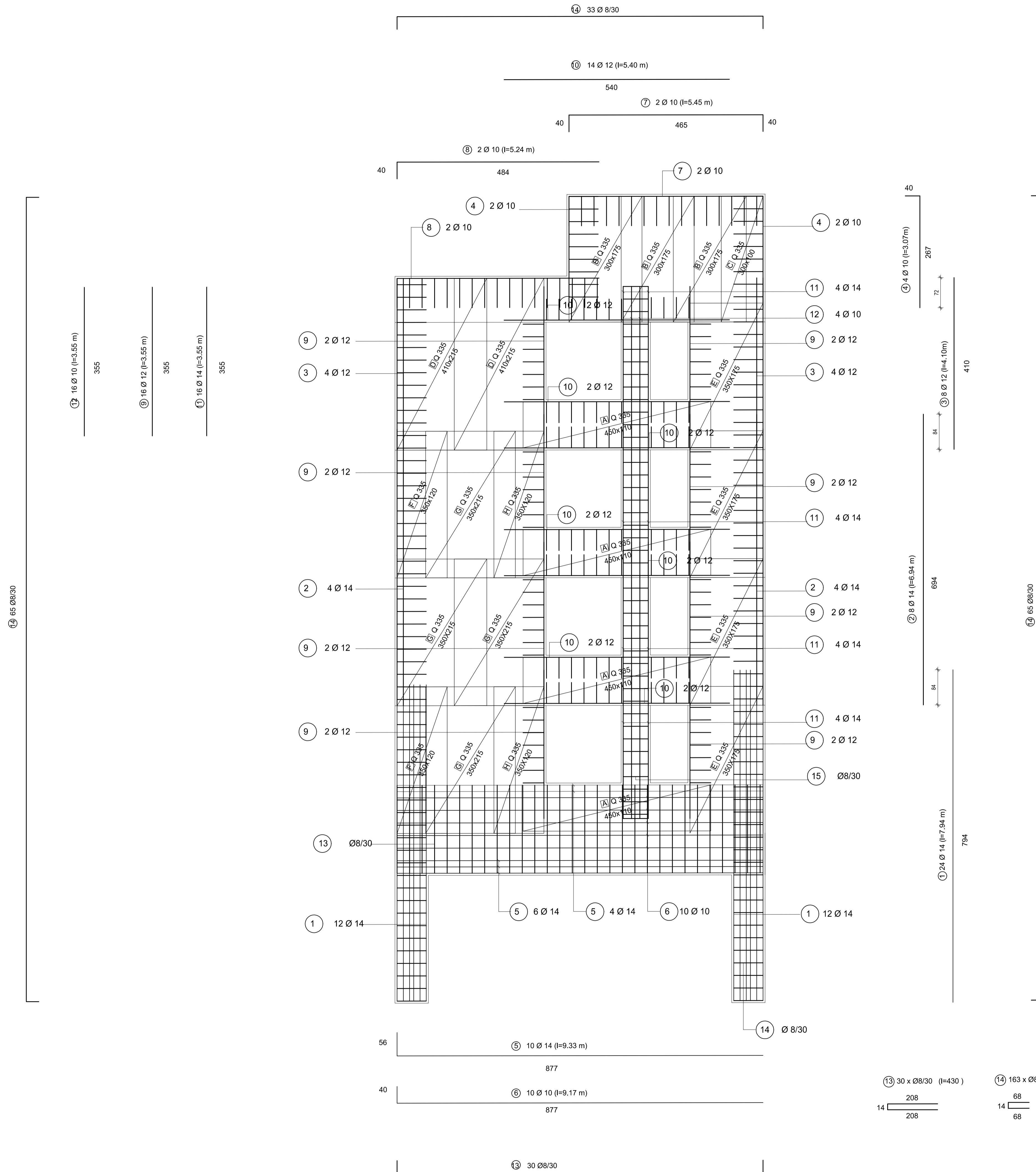


 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> <small>UNIVERSITY OF SPLIT</small> <small>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I INŽINJERINJE</small> <small>UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND SURVEYING</small> <small>MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešan</small> <small>Ivan Matas</small>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade
	SADRŽAJ: Armatura međukatne ploče POZ600-gornja zona
	MJERILO: 1:50
BROJ PRILOGA: 11.4.	
DATUM: srpanj, 2021.	





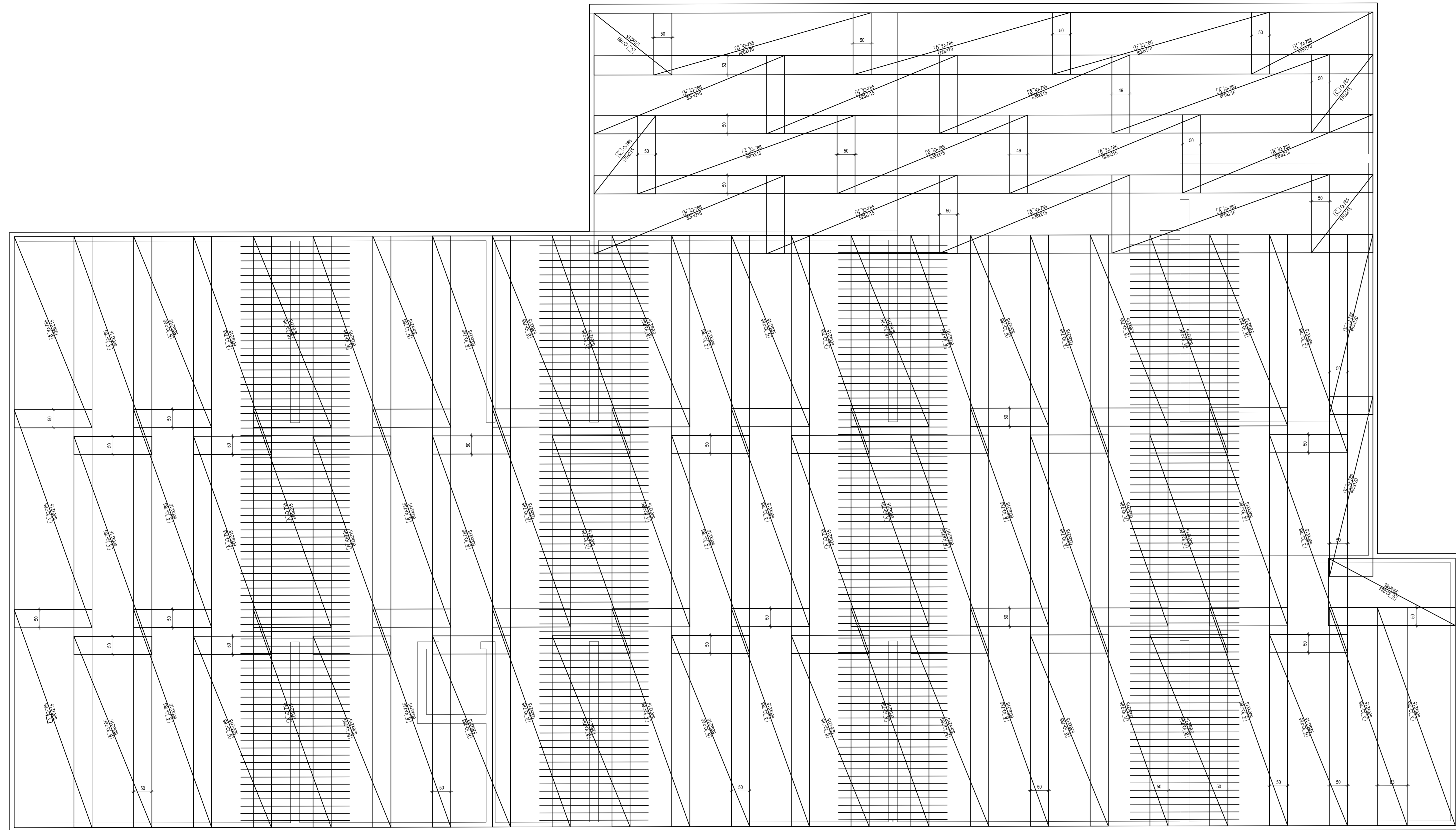
 <p><b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURA I GEODEZIJE</p> <p><b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p> <p>MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešan</p> <p>Ivan Matas</p>	<p>PREDMET: Diplomski rad</p>
	<p>KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove</p>
	<p>VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade</p>
	<p>SADRŽAJ: Armatura zida u osi 1</p>
	<p>MJERILO: 1:50</p>
<p>BROJ PRILOGA: 11.6.</p>	
<p>DATUM: srpanj, 2021.</p>	



<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FACULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> <p>UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY</p>	PREDMET: Diplomski rad
	KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove
<p>MENTOR: dr.sc. Domagoj Matešan</p> <p>Ivan Matas</p>	VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade
	SADRŽAJ: Armatura visokostjenog nosača
	MJERILO: 1:50
	BROJ PRILOGA: 11.7.
	DATUM: srpanj, 2021.

19180/25

19180/25



19180/25

19180/25

① 320 x Ø 14 (l=300)

300

② 493 x Ø 8/25 (l = 200)

200

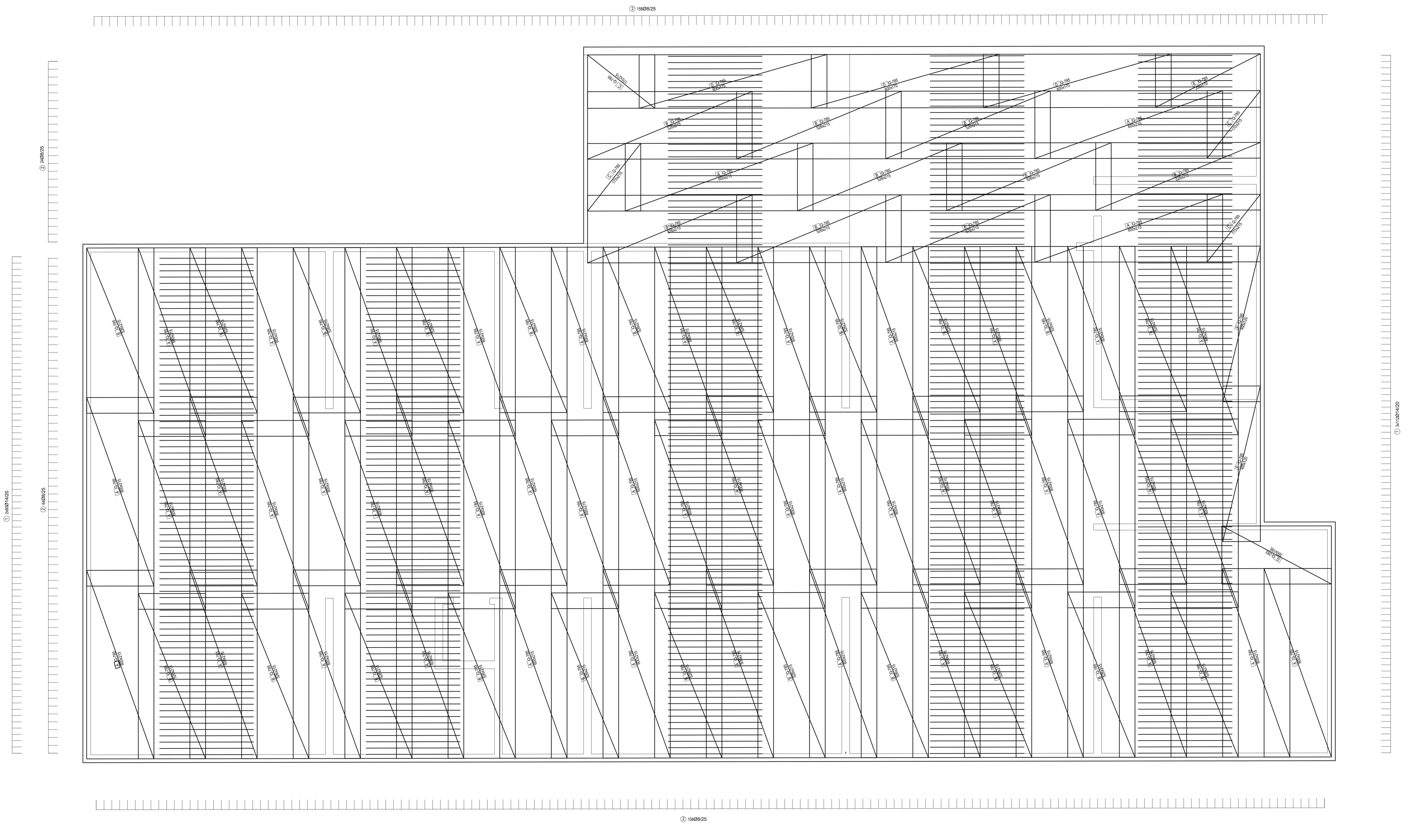
200



SVUČIŠTE U SPLITU  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
 UNIVERSITY OF SPLIT  
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
 ARCHITECTURE AND SURVEYING

MENTOR: dr. sc. Domagoj Matijan  
 Ivan Matas

PREDMET: Diplomski rad  
 KATEGORIJA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove  
 VRSTA PROJEKTA: Glavni projekt stambene zgrade  
 SADRŽAJ: Armatura temeljne ploče POZ100-donja zona  
 MIERILO: 1:50  
 BROJ PRILOGA: 11.8  
 DATUM: srpanj, 2021.



① 496 x Ø 14 (l=300)

300

② 493 x Ø 8/25 (l = 200)

200