

# Glavni projekt stambene zgrade u gradu Sinju

---

Pleić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*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:123:325349>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Filip Pleić**

**Split, 2020.**

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

**Filip Pleić**

**Glavni projekt stambene zgrade u gradu Sinju**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

# **Glavni projekt stambene zgrade u gradu Sinju**

## ***Sažetak:***

Ovaj diplomski rad obuhvaća izradu glavnog projekta stambene zgrade u gradu Sinju. Nosivi konstruktivni sustav zgrade u potpunosti je armiranobetonski a sastoji se od horizontalnih (ploče, grede) i vertikalnih (zidovi, stupovi) elemenata, dok su nenosivi dijelovi izrađeni od drugih prirodnih materijala. Objekt se sastoji od 9 etaža a temeljen je na temeljnoj ploči. Proračun je proveden za nosive elemente i za pojedine je izrađen i armaturni plan.

## ***Ključne riječi:***

stambena zgrada, glavni projekt, Sinj, armirani beton, armatura, proračun, nosiva konstrukcija, armaturni plan

# **Main project of the residential building in the city of Sinj**

## ***Abstract:***

This master thesis covers the development of the main project of a residential building in the city of Sinj. Load-bearing structural system of the building is entirely reinforced concrete and consists of horizontal (slabs, beams) and vertical (walls, columns) elements, while non-load-bearing parts are made of other natural materials. The building consists of 9 floors and is based on a foundation slab. The calculation was carried out for load-bearing elements and a reinforcement plan was made for individual ones.

## ***Keywords:***

residential building, main project, Sinj, reinforced concrete, reinforcement, calculation, load-bearing structure, reinforcement plan

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: Filip Pleić  
BROJ INDEKSA: 742  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: Betonske konstrukcije 1

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Glavni projekt stambene zgrade u gradu Sinju

Opis zadatka: Na zahtjev investitora a na temelju arhitektonskih podloga, osnovni zadatak je izrada glavnog projekta stambene zgrade. Proračun glavnih konstruktivnih elemenata potrebno je provesti u skladu s važećim građevinskim normama i tehničkim propisima. Uz to, predviđa se izrada armaturnih planova pojedinih konstruktivnih elemenata.

U Splitu, rujan 2020.

Voditelj Diplomskog rada:

Dr. sc. Nikola Grgić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj

1	TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1	OPĆENITO.....	1
1.2	NOSIVA KONSTRUKCIJA.....	1
1.3	MATERIJALI.....	1
1.4	OPTEREĆENJA.....	2
1.5	TEMELJENJE.....	2
1.6	NAMJENA GRAĐEVINE .....	2
2	PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	3
2.1	OPĆE NAPOMENE .....	3
2.2	SVOJSTVA GRAĐEVNIH PROIZVODA .....	3
2.3	IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE OPĆENITO .....	4
2.4	ZEMljANI RADOVI I TEMELJI .....	4
2.5	PROIZVODNJA BETONA .....	5
2.6	IZVOĐENJE AB RADOVA .....	8
2.7	KONTROLNI POSTUPCI VEZANI ZA AB RADOVE KOJI SE OBAVLJAJU NA GRADILIŠTU.....	9
2.8	NADZORNE RADNJE PO PITANJU UGRADNJE BETONA .....	9
2.9	NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE .....	9
3	NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA .....	10
4	PRIMIENJENI PROPISI I NORME .....	11
5	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	14
5.1	STALNO OPTEREĆENJE .....	14
5.1.1	RAVNI KROV.....	14
5.1.2	MEĐUKATNA PLOČA.....	15
5.1.3	TEMELJNA PLOČA .....	16
5.1.4	STUBIŠTE.....	17
5.2	PROMJENJIVO OPTEREĆENJE .....	18
5.2.1	KORISNO (UPORABNO) OPTEREĆENJE .....	18
5.2.2	OPTEREĆENJE SNIJEGOM .....	19
5.2.3	OPTEREĆENJE VJETROM .....	20
5.2.3.1	Rezultirajući tlakovi na vanjske i unutarnje površine.....	27
5.3	IZVANREDNO OPTEREĆENJE .....	29
5.3.1	POTRES .....	29
5.3.1.1	Proračun faktora ponašanja.....	31
6	PROSTORNI PRORAČUNSKI MODEL .....	32

6.1	REZULTATI MODALNE ANALIZE .....	33
6.1.1	PRVI VLASTITI VEKTOR.....	34
6.1.2	DRUGI VLASTITI VEKTOR .....	35
6.1.3	TREĆI VLASTITI VEKTOR.....	36
7	PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE NOSIVIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	37
7.1	DIMENZIONIRANJE AB PLOČA (GSN).....	37
7.1.1	PLOČA POZICIJE 800 (KROVNA PLOČA) .....	38
7.1.1.1	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju .....	40
7.1.1.2	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	40
7.1.1.3	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	40
7.1.1.4	Dimenzioniranje ploče na proboj.....	41
7.1.1.5	Proračun pukotina.....	43
7.1.1.6	Proračun progiba .....	45
7.1.2	PLOČE POZICIJA 600 I 700 .....	51
7.1.2.1	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju .....	53
7.1.2.2	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	53
7.1.2.3	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	53
7.1.2.4	Dimenzioniranje ploče pozicije 700 na proboj.....	54
7.1.2.5	Proračun pukotina.....	56
7.1.2.6	Proračun progiba .....	57
7.1.3	PLOČA POZICIJE 500 .....	58
7.1.3.1	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju .....	60
7.1.3.2	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	60
7.1.3.3	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	60
7.1.4	PLOČE POZICIJA 200, 300 I 400.....	61
7.1.4.1	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju .....	63
7.1.4.2	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	63
7.1.4.3	Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	63
7.1.5	PLOČA POZICIJE 100 .....	64
7.1.5.1	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju .....	66
7.1.5.2	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	66
7.1.5.3	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	66
7.1.6	PLOČA POZICIJE 000 .....	67
7.1.6.1	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju .....	69
7.1.6.2	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj) .....	69

7.1.6.3	Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj).....	69
7.1.7	TEMELJNA PLOČA .....	70
7.1.7.1	Dimenzioniranje temeljne ploče na proboj.....	72
7.2	DIMENZIONIRANJE AB GREDA (GSN) .....	75
7.2.1	GREDA POZ G2.....	75
7.2.1.1	Dimenzioniranje grede na moment savijanja .....	75
7.2.1.2	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu .....	76
7.2.2	GREDA POZ G3.....	77
7.2.2.1	Dimenzioniranje grede na moment savijanja .....	77
7.2.2.2	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu .....	78
7.2.3	GREDA POZ G4.....	79
7.2.3.1	Dimenzioniranje grede na moment savijanja .....	79
7.2.3.2	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu .....	80
7.3	DIMENZIONIRANJE AB ZIDOVA .....	82
7.3.1	PRORAČUN ZIDA Z1 (SMJER X) .....	83
7.3.1.1	Dimenzioniranje zida na moment savijanja i uzdužnu silu.....	87
7.3.1.2	Dimenzioniranje zida na poprečnu silu .....	87
7.3.2	PRORAČUN ZIDA Z15 (SMJER Y) .....	91
7.3.2.1	Dimenzioniranje zida na moment savijanja i uzdužnu silu.....	95
7.3.2.2	Dimenzioniranje zida na poprečnu silu .....	95
7.4	DIMENZIONIRANJE AB STUPOVA .....	100
7.4.1	SMJER X .....	101
7.4.1.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu .....	104
7.4.2	SMJER Y .....	106
7.4.2.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu .....	109
7.4.3	DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU.....	110
7.5	DIMENZIONIRANJE AB STUBIŠTA .....	113
7.5.1	DIMENZIONIRANJE NA MOMENT SAVIJANJA.....	113
8	GRAFIČKI PRILOZI .....	115
9	LITERATURA .....	116



# 1 TEHNIČKI OPIS

## 1.1 OPĆENITO

Predmet ovog projekta jest izgradnja stambene građevine na katastarskoj čestici \*725/1 katastarske općine Sinj. Površina katastarske čestice zadovoljava površinske zahtjeve predmetne građevine gabaritnih dimenzija 57,00 x 18,25 m. Građevina se sastoji od 9 površinski (tlocrtno) međusobno sličnih etaža - 1 polupodzemne te 8 nadzemnih etaža. Maksimalna visina građevine mjereno od kote gotovog poda na etaži prizemlja do vrha nadozida krovne ploče iznosi  $h=27,00$  m. Etaže su međusobno povezane dvokrakim stubištem te dizalom. Krov je ravni prohodni.



Slika 1.1. Predviđeni položaj stambenog objekta na katastarskoj čestici \*725/1

Za potrebe ovog rada korištena je literatura: {1 – 43}.

## 1.2 NOSIVA KONSTRUKCIJA

Nosiva konstrukcija građevine je u potpunosti armiranobetonska, a sastoji se od horizontalnih konstrukcija (ploče i gredni nosači) preko kojih se opterećenja prenose na vertikalne konstrukcije, zidove i stupove.

AB međuetažne ploče projektirane su u debljini  $d=18$  cm, slobodno su oslonjene na vertikalne konstruktivne elemente te nose u 2 smjera. Balkoni su konzolno izbačeni a njihov tlocrtni položaj ovisi o pojedinoj etaži.

Grede su različitih dimenzija, ovisno o arhitektonskim zahtjevima. Na etaži prizemlja dimenzija su  $b/h=25/100$  cm odnosno  $25/55$  cm, dok su na ostalim etažama dimenzija  $b/h=25/55$  cm.

Zidovi su projektirani u debljini  $d=25$  cm i  $d=30$  cm. Zidovi oko stubišta i dizala debljine su 30 cm i čine svojevrsnu AB jezgru.

Svi stupovi širinom prate modul zidova te debljine , dok druga stranica ovisi o arhitektonskim zahtjevima i iznosi  $d=60$  cm.

Jedna od karakteristika ove građevine je direktno oslanjanje međuetažnih ploča na stupove.

Stubište je dvokrako s debljinom ploče također  $d=18$  cm.

## 1.3 MATERIJALI

Svi konstruktivni elementi građevine izrađeni su iz betona klase C30/37 te armirani čelikom B500B.

#### **1.4 OPTEREĆENJA**

Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije i sav stalni teret proračunati su prema važećim propisima kao jednoliko raspodijeljeno opterećenje u  $\text{kN/m}^2$ . Vlastita težina svih konstruktivnih nosivih elemenata automatski je uključena u računalnom programu pomoću kojeg smo modelirali stambenu zgradu. Dodatno stalno opterećenje ovisi o slojevima poda i razlikuje se na krovnoj ploči u odnosu na ostale međukatne ploče. Ono na krovnoj ploči iznosi  $4,42 \text{ kN/m}^2$ , dok na međukatnim pločama iznosi  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Uporabno (korisno) opterećenje odabrano je prema preporuci EN 1991-1-1 i podijeljeno je na stropove, stubišta i balkone. Uporabno opterećenje svih stropova (osim krovne ploče) iznosi  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , stubišta  $3,0 \text{ kN/m}^2$  a balkona  $4,0 \text{ kN/m}^2$ . Uporabno opterećenje krovne ploče iznosi  $4,0 \text{ kN/m}^2$  zbog prohodnog krova i mogućnosti okupljanja većeg broja ljudi. Na krov još djeluje i opterećenje snijegom koje, uzimajući u obzir sve parametre neophodne za proračun, iznosi  $0,74 \text{ kN/m}^2$ . Opterećenje vjetrom uzeto je u obzir iako nije mjerodavno za određivanje reznih sila nosivih konstruktivnih elemenata.

#### **1.5 TEMELJENJE**

Budući da za ovaj projekt ne postoji geomehanički elaborat koji bi nam dao saznanja vezano za koeficijent reakcije podloge (Winklerov koeficijent) pretpostavili smo takav tip tla koji daje koeficijent reakcije podloge od  $150 \text{ MN/m}^3$ . Zgrada se temelji na temeljnoj ploči debljine  $d=80 \text{ cm}$ . Proteže se kroz 2 visinske razine međusobne razlike od  $1,46 \text{ m}$  između gornjih rubova ploča.

#### **1.6 NAMJENA GRAĐEVINE**

Kao što je već prethodno rečeno, građevina je namijenjena za stanovanje. Sastoji se od 12 stanova različitih površina po etaži. U prizemlju je predviđena dječja igraonica dok je cjelokupni polupodzemni dio zamišljen kao ostava za bicikle. Van objekta u okvirima katastarske čestice nalazi se veliki parking za vozila te park.

## 2 PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

### 2.1 OPĆE NAPOMENE

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 te način ocjenjivanja kvalitete. Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su neophodni za potpuno dovršenje predmetne građevine.

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala koji se ugrađuje u građevinu mora se cijelo vrijeme građenja voditi evidencija te izraditi 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.

### 2.2 SVOJSTVA GRAĐEVNIH PROIZVODA

#### *Beton i armatura*

Proizvođač betona u cijelosti je odgovoran za proizvodnju, ocjenjivanje i potvrđivanje sukladnosti betona, a izvođač radova za ugradnju, zbijanje i njegu svježeg betona. Kontrola kvalitete betona isporučenog gradilištu obaveza je izvođača radova.

Beton se predviđa iz klase C30/37. Betonski čelik je B500B. Ugrađeni beton treba biti potpuno u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije NN 17/17.

#### *Uvjeti okoliša i klasa betona*

Beton konstrukcije, odnosno njegovi vanjski elementi, bit će izloženi većem broju djelovanja iz okoliša. Navedena djelovanja specificirana su u priloženoj tablici zahtjeva za projektirani beton. Ovisno o razredu izloženosti, moraju se poštivati granične vrijednosti sastava i svojstava betona specificirane u HRN EN 206-1.

**Zaštitni slojevi betona do armature iznose 3,5 cm za ploče i grede, 2,5 cm za zidove dok za temeljne konstrukcije zaštitni slojevi iznose 4,0 cm.**

	Element konstrukcije	Zahtjevi za projektirani beton					
		Maksimalno nominalno zrno agregata (mm)	Klasa tlačne čvrstoće	Klasa izloženosti	Vodonepropusnost (prema HRN EN 12390-8 prodor vode srednja vrijednost u cm)	Otpornost na smrzavanje (prema HRN U.M1.016 Broj ciklusa smrzavanja i odmrzavanja)	Otpornost na smrzavanje i soli (prema pr CEN/TS 12390-9 najveći gubitak mase u kg/m <sup>2</sup> )
1.	Temelji i ukopani dijelovi	16-32	C30/37	XC2	-	-	-
2.	Nadzemni dijelovi	16-32	C30/37	XC1	-	-	-

**Tablica 2.1.** Zahtjevi za projektirani beton

Napomena:

- betonu prema potrebi dodati odgovarajući dodatak za lakšu ugradnju.

*Specifikacija ostalih svojstava betona*

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se pri proizvodnji dodaju moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (TPGK).

Za podložne betone predviđen je beton normiranog sastava C 20/25 i može se proizvoditi s cementom tipa CEM I ili CEM II razreda čvrstoće 32,5 MPa i s minimalnom količinom cementa od 300 kg/m<sup>3</sup>.

Svi ostali betoni su projektirani betoni. Zbog opasnosti od korozije armature izložene prethodno navedenim razredima izloženosti djelovanja iz okoliša, ne smiju se upotrebljavati betoni koji sadrže cimente tipa CEM III/C, CEM IV i CEM V prema normi HRN EN 197-1.

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 te položaj armaturnih šipki i čeličnih sidara, koji trebaju biti nepomični kod betoniranja. Da se spriječi istjecanje cementne paste preporuča se na zbijenu podlogu prije betoniranja položiti pvc foliju.

Potvrđivanje sukladnosti obuhvaća radnje ocjenjivanja sukladnosti građevnih proizvoda te, ovisno o propisanom sustavu ocjenjivanja sukladnosti, izdavanje potvrde tvorničke kontrole proizvodnje odnosno izdavanje potvrde o sukladnosti građevnih proizvoda.

**2.3 IZVOĐENJE KONSTRUKCIJE OPĆENITO***Opće napomene*

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o gradnji NN 153/13, NN 20/17.

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor, konstrukterski projektantski nadzor, te nadzor od strane geomehaničara prilikom radova iskopa, i temeljenja građevine. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija i odobrenje projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke.

*Iskolčenje i zahtijevana geometrija*

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.

**2.4 ZEMLJANI RADOVI I TEMELJI***Iskopi*

Tijekom radova na iskopima potrebno je posvetiti pažnju slijedećem:

- da se iskop obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta, te propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla),
- da tijekom rada ne dođe do prekomjernog potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- da se ne vrše nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na građevini Izvoditelj je dužan osigurati pravilnu odvodnju, ne smije se dozvoliti zadržavanje vode u iskopima
- vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom izvještaju, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu

*Nasipi*

Kontrolu kvalitete materijala za izradu nasipa vršiti prema važećim normama.

Kontrolom i tekućim ispitivanjima obuhvatiti:

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stišljivosti ( $M_k$ )
- ispitivanje granulometrije nasipnog materijala.

Nasipavanje izvoditi u propisanim debljinama slojeva i s propisanom zbijenošću.

Kontrola geometrije vrši se kontinuirano, vizualno i mjerenjem. Kontrola zbijenosti vrši se probno po slojevima i obvezno na vrhu.

### *Temelji*

Betoniranje temeljnih konstrukcija izvesti u primjerenoj oplati na podložnom betonu nakon utvrđivanja prihvatljivosti temeljnog tla u smislu nosivosti i deformabilnosti prema zahtjevima iz projekta. Nakon postavljanja hidroizolacije, s armaturom prema izvedbenom projektu konstrukcije, može se krenuti u betoniranje temeljnih konstrukcija prema projektu. Naručitelju pažnju posvetiti zaštiti hidroizolacije, te traženim zaštitnim slojevima armature, posebno na mjestima oslabljenja presjeka instalacijskim kanalima, ako takvi postoje. Betoniranje temelja može započeti nakon što nadzorni inženjer potvrdi da temeljno tlo zadovoljava propisane vrijednosti, pregleda postavljenu armaturu, nakon što su provjerene dimenzije temelja, te upisana dozvola o betoniranju u građevinski dnevnik. 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. Dozvoljena odstupanja prilikom izvođenja armirano-betonske konstrukcije temelja iznose  $\pm 2$  cm u tlocrtnim dimenzijama i visinskom pogledu.

## **2.5 PROIZVODNJA BETONA**

### *Općenito*

Proizvodnja betona se u svemu mora uskladiti sa serijom normi HRN EN 206, te Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije NN17/17.

Program kontrole i osiguranja kvalitete osnovni je uvjet za postizanje zahtijevanih svojstava betona i konstruktivnih elemenata u fazi građenja i eksploatacije. Upravljanje kvalitetom i potvrđivanje sukladnosti betona provodi se prema TPGK. Sustav potvrđivanja sukladnosti betona je 2+.

Kontrola betona i njegovih sastojaka, te kontrola betonskih radova, treba biti pod stalnim nadzorom nadzornog inženjera.

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

Pri izvođenju betonske konstrukcije izvođač je dužan pridržavati se ovog projekta betonske konstrukcije, tehničkih uputa za ugradnju i uporabu građevnih proizvoda, TPGK i normi na koje upućuje TPGK.

Betoniranje pojedinih dijelova konstrukcije može početi nakon što se pregledaju: temeljno tlo, podloga, skela, oplata, armatura, te na mjestima gdje postoji hidroizolacija.

### *Proizvodnja betona*

Proizvođač je u cijelosti odgovoran za građevinski proizvod. U tu svrhu obavezan je provoditi sljedeće aktivnosti:

- a) Početno ispitivanje
- b) Stalnu unutarnju kontrolu proizvodnje
- c) Ispitivanje uzoraka iz proizvodnje prema utvrđenom planu

### *Početno ispitivanje*

Sastav betona koji se proizvodi mora biti dokazan početnim ispitivanjem prema HRN EN 206-1. Za početna ispitivanja projektiranog betona odgovoran je proizvođač. Početnim ispitivanjem utvrđuju se da li beton zadovoljava sva uvjetovana svojstva svježeg i očvrsllog betona. Prije upotrebe novog sastava betona ili prilikom pojave značajnije promjene u sastavnim materijalima mora se obaviti početno ispitivanje. U slučaju betona zadanog sastava i betona normiranog zadanog sastava nisu potrebna početna ispitivanja proizvođača.

### *Stalna kontrola proizvodnje*

Unutarnja kontrola proizvodnje uključuje sve mjere koje su potrebne za postizanje i održavanje kvalitete betona tako da on bude u skladu sa propisanim zahtjevima. Proizvođač u tom postupku mora izvršiti sljedeće:

1. Organizirati laboratorij i organizirati stalnu tvorničku kontrolu proizvodnje,
2. Imenovati osobu odgovornu za provođenje radnji u postupku ocjenjivanja sukladnosti građevnog proizvoda,
3. Uspostaviti sustav pisanih uputa za obavljanje pojedinih radnji u postupku ocjenjivanja sukladnosti. (priručnik, radne upute i zapise)

### *Sastavni materijali*

Sastavni materijali koji se upotrebljavaju za proizvodnju betona ne smiju sadržavati štetne primjese u količinama koje mogu biti opasne po svojstava 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 u TPGK 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.

*Agregat*

Za izradu betona može se upotrebljavati obični i teški agregat propisani u TPGK 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.

*Voda za spravljanje betona*

Voda za spravljanje betona treba zadovoljavati uvjete norme HRN EN 1008.

Pouzdana 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 najmanje jednom u tri mjeseca.

*Kemijski dodatci*

Mogu se rabiti kemijski dodatci koji zadovoljavaju uvjete norme HRN EN 934.

Smiju se rabiti samo oni kemijski dodatci koji imaju potvrdu sukladnosti s uvjetima navedene norme koju je izdala ovlaštena hrvatska institucija. Kemijski dodatci koji nisu uvjetovani navedenom normom mogu se rabiti samo uz odgovarajuće tehničko dopuštenje nadležnog ministarstva ili institucije koju to ministarstvo ovlasti.

*Mineralni dodatci*

Prema HRN EN 206-1, primjenjuju se mineralni dodatci tip I i tip II.

Mineralni dodatci tipa I moraju zadovoljavati norme EN 12620 (za filere) i HRN EN 12878 (za pigmente). Mineralni dodatci tipa II moraju zadovoljavati norme HRN EN 450 (za lebdeći pepeo) i HRN EN 13263 (za silikatnu prašinu).

Ostali mineralni dodatci mogu se rabiti samo ako zadovoljavaju uvjete odgovarajuće hrvatske norme ili tehničkog dopuštenja izdanog od nadležnog ministarstva ili institucije koju je to ministarstvo ovlastilo. Vrsta i dinamika kontrola, odnosno ispitivanja sastavnih materijala mora biti u skladu s tablicom br. 22 norme HRN EN 206-1

*Projektiranje betona*

Sastav betona i sastavne materijale za projektirani beton i beton zadanog sastava treba odabrati tako da zadovoljavaju svojstva uvjetovana za svježi i očvrslu beton, uključivo konzistenciju, gustoću, čvrstoću, trajnost, zaštitu ugrađenog čelika od korozije, uzimajući u obzir proizvodni proces i odabrani postupak izvedbe betonskih radova koji uključuju transport, ugradnju, zbijanje, njegovanje i moguće druge tretmane ili obrade ugrađenog betona.

*Tvornička kontrola proizvodnje betona*

Odgovornost, nadležna tijela i odnosi cjelokupnog osoblja koje upravlja, izvodi i potvrđuje radove koji se odnose na proizvodnju betona, moraju biti utvrđeni dokumentiranim sustavom kontrole proizvodnje. To se posebno odnosi na osoblje kojemu je potrebna organizacijska sloboda i autoritet za minimiziranje rizika od nezadovoljavajućeg betona i za identificiranje i izvještavanje o svakom problemu kvalitete betona.

## ISPITIVANJE UZORAKA IZ PROIZVODNJE PREMA UTVRĐENOM PLANU

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		

**Tablica 2.2.** Minimalna učestalost uzorkovanja

Osim uzorkovanja definiranih Tablicom 13 potrebno je izvršiti i dodatno uzorkovanje betona ugrađenog na gradilištu i to po slijedećem 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.

#### *Svježi beton*

Konzistencija betona utvrđuje se metodama slijeganja i rasprostiranja prema HRN EN 12350-2 i HRN EN 12350-5 i provodi se u laboratoriju proizvođača betona.

Količinu cementa, vode, agregata ili mineralnih dodataka utvrđuje se prema otpremnici betona sa proizvodnog pogona. Ni jedna pojedinačno utvrđena vrijednost vodocementnog faktora ne smije biti veća za više od 0,02 od granične vrijednosti.

Količina mikropora uvučenog zraka utvrđuje se prema HRN EN 12350-7 i mora zadovoljavati uvjete navedene u tablici A.2. TPBK-a. Donja granica je uvjetovana vrijednost od -0,5 % do max 1,0% prema HRN EN 206-1.

Posebna svojstva betona moraju ispunjavati kriterije navedene u Tablici 17 HRN 206-1.

Konzistencija betona mora ispunjavati kriterije navedene u Tablici 18 HRN 206-1.

Sukladnost ispitivanja svježeg betona se prihvaća zadovoljenjem sukcesivnih rezultata ispitivanja u skladu sa uvjetovanim graničnim vrijednostima ili graničnim razredima ili zadanim vrijednostima uključujući dozvoljene tolerancije i maksimalno dopušteno odstupanje od tražene (uvjetovane) vrijednosti.

#### *Očvrslu beton*

Utvrđivanje čvrstoće obavlja se na uzorcima kocaka brida 150 mm sukladnim HRN EN 12390-1- Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe i izrađenim i njegovanim prema HRN EN 12390-2 - Izrada i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće.

Tlačna čvrstoća betona utvrđuje se prema normi HRN EN 12390-3. Tlačna čvrstoća utvrđena je na uzorcima ispitanim pri starosti od 28 dana. U posebnim slučajevima može se posebno uvjetovati ispitivanje pri starosti manjoj ili većoj od 28 dana.

Minimalni broj uzoraka za prihvaćanje sukladnosti se određuje prema Tablici 13 HRN EN 206-1.

Pri ocjenjivanju sukladnosti razlikujemo početnu proizvodnju (dok se ne dobije minimalno 35 rezultata ispitivanja) i kontinuiranu proizvodnju (nakon dobivanja 35 rezultata ispitivanja u periodu koji ne prelazi 12 mjeseci).

Uzorkovanje se vrši prema planu uzorkovanja ili nakon dodavanja kemijskog dodatka radi prilagodbe konzistencije. Rezultat ispitivanja je onaj dobiven na pojedinačnom uzorku ili prosjek rezultata kada su uzorci na isti način uzorkovani i kada se ispituju u isto vrijeme.

Sukladnost s karakterističnom tlačnom čvrstoćom betona (fck) je potvrđena ako su oba kriterija iz Tablice 14. HRN EN 206-1 za početnu i za kontinuiranu proizvodnju zadovoljena.

#### *Svojstva trajnosti*

Beton se uzorkuje u skladu s HRN EN 12350-1. Uzorkovanje treba provesti za svaki sastav betona kod kojeg su uvjetovana svojstva trajnosti. Za dokaz tih svojstava odgovoran je proizvođač betona. Ispitivanja svojstava trajnosti proizvođač je dužan provoditi u skladu s normama danim u TPBK. točka A.1. Kontrola sukladnosti svojstava trajnosti će se prihvaćati prema pojedinačnim izvještajima za pojedino svojstvo trajnosti, a prema kriterijima koje propisuje pojedina norma ili TPBK.

#### *Isporuka betona*

Prilikom svake isporuke betona na gradilište proizvođač betona dužan je izdati otpremnicu koja mora sadržavati podatke prema točki 7.3 HRN EN 206-1.

## 2.6 IZVOĐENJE AB RADOVA

### *Općenito*

Izvođač radova treba izvesti betonske i armirano-betonske radove u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670-1 - Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito i TPGK.

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

### *Ugradnja betona*

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

Početna temperatura svježeg betona u fazi ugradnje ne smije biti niža od +5°C, ni viša od +30°C. U slučaju da je temperatura izvan ovih granica, treba poduzeti mjere u skladu s TPBK.

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

Ugrađivanje betona u oplatu izvesti mehanički s potrebnim vibriranjem.

### *Njega betona*

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi u skladu s HRN EN 13670-1, točka 8.5.

Neposredno nakon betoniranja, beton treba biti zaštićen od slijedećeg: prebrzog isušivanja, brze izmjene topline, oborinske i tekuće vode, vibracija koje mogu štetno utjecati na stvrdnjavanje betona.

Beton se nakon ugradnje mora zaštititi da bi se osigurala zadovoljavajuća hidratacija na površini, te izbjegla oštećenja zbog ranog i naglog skupljanja. Duljina trajanja njege betona definirana je u uvodnom dijelu.

### *Oplata i skele*

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

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.

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 neočvrstlog 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.

U sklopu proračuna dati su elastični progibi glavnih nosača za puno nefaktorirano opterećenje (uključivo i pokretno). Prilikom postavljanja oplata preporuča se nadvišenje za dobivene vrijednosti elastičnih progiba.

### *Površinska obrada*

Sve vidljive plohe betona trebaju biti glatke i ujednačene boje. Prema arhitektonskim zahtjevima dijelovi konstrukcija predviđeni su kao vidljivi beton (natur beton). Te posebne vizualne zahtjeve treba ispoštovati sve u skladu arhitektonskim projektom. Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora. U cilju postizanja projektiranog izgleda ploha, nužno je koristiti odgovarajuću oplatu i adekvatno ugrađivati beton.

### *Armatura*

Čelik za armiranje betona treba zadovoljavati uvjete propisane TPBK-om. Svaki proizvod treba biti jasno označen i prepoznatljiv. Ugradnju armature potrebno je provesti u skladu s HRN EN 13670-1, te TPGK-om. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

Za armiranje glavnih grednih nosača ponegdje se predviđaju koristiti mehaničke spojnice za nastavljanje armature. Iste trebaju biti verificirane i odobrene ispravama o sukladnosti ili europskim tehničkim dopuštenjem.

### *Dopuštena odstupanja u izvedbi a-b elemenata konstrukcije*

Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja i dimenzija a-b elementa određena su normom HRN-EN 1992-1-1: 1991.



## **2.7 KONTROLNI POSTUPCI VEZANI ZA A-B RADOVE KOJI SE OBAVLJAJU NA GRADILIŠTU**

### *Svježi beton*

Za beton projektiranog sastava dopremljenog iz centralne betonare (tvornice betona), odgovorna osoba obvezno određuje neposredno prije ugradnje provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava svježeg betona, prema TPGK.

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, HRN EN 206-1 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.

### *Očvršli beton*

Za beton projektiranog sastava dopremljenog iz centralne betonare (tvornice betona), odgovorna osoba obvezno određuje neposredno prije ugradnje provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava očvrstlog betona, prema TPGK.

Utvrđivanje čvrstoće obavlja se na uzorcima kocaka brida 150 mm sukladnim HRN EN 12390-1- Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe, izrađenim i njegovanim prema HRN EN 12390-2 - Izrada i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće. Tlačna čvrstoća betona utvrđuje se prema normi HRN EN 12390-3.

### *Ocjenjivanje rezultata ispitivanja*

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka sa gradilišta i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se primjenom kriterija iz Dodataka B norme HRN EN 206-1 «Ispitivanje identičnosti tlačne čvrstoće».

Ispitivanje i dokazivanje identičnosti pokazuje da li ugrađeni beton pripada istom skupu za koji je proizvođačevom ocjenom sukladnosti utvrđeno da mu je tlačna čvrstoća sukladna karakterističnom čvrstoćom (fck).

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.

## **2.8 NADZORNE RADNJE PO PITANJU UGRADNJE BETONA**

Nadzorni inženjer obvezno određuje neposredno prije ugradnje betona provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava svježeg betona i utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona na mjestu ugradnje betona prema TPGK.

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju i pripremaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju prema HRN EN 12350, uskladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670 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.

Podaci o uzimanju uzoraka betona evidentiraju se uz obvezno navođenje oznake pojedinačnog elementa betonske konstrukcije i mjesta u elementu betonske konstrukcije na kojem se beton ugrađivao u trenutku uzimanja uzoraka.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se prema TPGK i normama na koju TPGK upućuje.

Tlačna čvrstoća očvrstnalog betona ispituje se na uzorku starom 28 dana.

Uzimanje uzoraka betona, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava projektiranog betona (potvrđivanje sukladnosti tlačne čvrstoće i svojstava dodataka) provodi se prema normama - sukladno TPGK.

Uzimanje uzoraka armature, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava armature provodi se prema normama - sukladno TPGK.

## **2.9 NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE**

Predmetna građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja, jer nije građevina koja se nalazi u jako agresivnoj sredini.

Ipak, mogućnost smrzavanja dijelova koji su u tlu zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. Objekt se treba održavati u stanju projektom predviđene sigurnosti i funkcionalnosti, a sukladno odredbama odgovarajućih zakona, normativa i pravila struke.

Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete.

U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje). Posebnu pažnju obratiti na:

- pukotine u AB konstrukciji,
- veće deformacije (progibe) AB elemenata,
- moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona),
- koroziju armature,

U slučaju pojave znatnijih sumnjivih mjesta, prije sanacije potrebno je provesti istražne radove da bi se utvrdilo stvarno stanje. Nakon izvršenih istražnih radova potrebno je napraviti plan sanacije i hitno provesti mjere za dovođenje konstrukcije u ispravno stanje.

Redoviti pregled predmetne građevine u svrhu održavanja betonske konstrukcije treba provoditi najmanje svakih pet godina. Izvanredne preglede građevine treba provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, eksplozija i sl.) ili prema zahtjevu inspekcije. Osim ovih pregleda preporučuju se i godišnji pregledi i ukoliko se zapaze nedostaci i oštećenja na konstrukciji potrebno je obaviti redoviti pregled.

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda s potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije.

Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama. Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina. Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

### 3 NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA

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

- Zakon o otpadu NN 34/95,
- Pravilnik o vrstama otpada NN 27/96,
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom NN 123/97.

Prema Zakonu o otpadu građevni otpad spada u interni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži vrlo malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

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

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

- kemijsko – fizikalna obrada,
- biološka i termička obrada,
- kondicioniranje i odlaganje otpada.

S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom. Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

- drvo,
- plastiku,
- asfalt i ostali proizvodi koji sadrže katran.

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

- građevinski materijal na bazi azbesta,
- katran
- asfalt i ostali proizvodi koji sadrže katran

- asfalt bez katrana,
- izolacijski materijal koji sadrži azbest,
- miješani građevni otpad i otpad od rušenja.

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

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijal, a okolno dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## 4 PRIMIJENJENI PROPISI I NORME

Standardi za beton – osnovni:

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

Standardi za beton – ostali:

- [HRN EN 12350-1](#) Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
- [HRN EN 12350-2](#) Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
- [HRN EN 12350-3](#) Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
- [HRN EN 12350-4](#) Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
- [HRN EN 12350-5](#) Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
- [HRN EN 12350-6](#) Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
- [HRN EN 12350-7](#) Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
- [HRN EN 12390-1](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
- [HRN EN 12390-2](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 2. dio: Izrada i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
- [HRN EN 12390-3](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
- [HRN EN 12390-6](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
- [HRN EN 12390-7](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 7. dio: Gustoća očvrslulog betona
- [HRN EN 12390-8](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
- [prCEN/TS 12390-9](#) Ispitivanje očvrslulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
- [ISO 2859-1](#) Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete
- [ISO 3951](#) Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
- [HRN U.M1.057](#) Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
- [HRN U.M1.016](#) Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
- [HRN EN 480-11](#) Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11.dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrslulom betonu
- [HRN EN12504-1](#) Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
- [HRN EN 12504-2](#) Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje –Određivanje veličine odskoka

- [HRN EN 12504-3](#) Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
- [HRN EN 12504-4](#) Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
- [prEN 13791:2003](#) Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

Standardi za čelik za armiranje - osnovni:

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

Standardi za čelik za armiranje - ostali:

- [HRN EN 10020](#) Definicije i razredba vrsta čelika
- [HRN EN 10025](#) Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
- [HRN EN 10027-1](#) Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
- [HRN EN 10027-2](#) Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
- [EN 10079](#) Definicije čeličnih proizvoda
- [prEN ISO 17660](#) Zavarivanje čelika za armiranje
- [HRN EN 287-1](#) Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
- [HRN EN 719](#) Koordinacija zavarivanja – Zadatci i odgovornosti
- [HRN EN 729-3](#) Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
- [HRN EN ISO 4063](#) Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
- [HRN EN ISO 377](#) Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
- [HRN EN 10002-1](#) Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
- [HRN EN ISO 15630-1](#) Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturne šipke i žice
- [HRN EN ISO 15630-2](#) Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

Ostali standardi:

- [ENV 1992-1-1](#) Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
- [ENV 1998-1](#) Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo. Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta. Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima. Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

## 5 ANALIZA OPTEREĆENJA

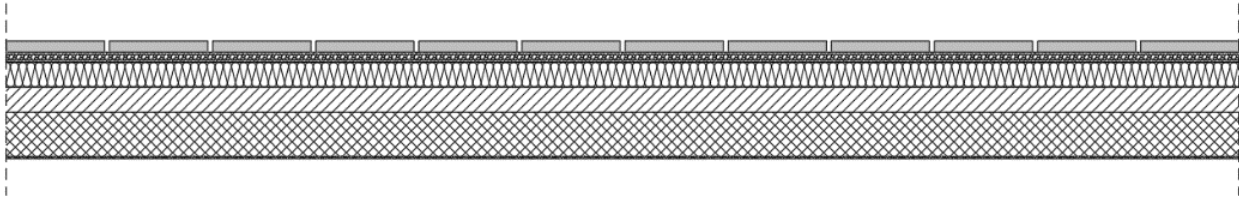
### 5.1 STALNO OPTEREĆENJE

- debljina AB ploče:  $h_{pl} = \frac{l}{35} = \frac{6,2}{35} = 0,177$

→ usvojeno:  $h_{pl} = 18 \text{ cm}$

#### 5.1.1 RAVNI KROV

Za vrstu krova odabran je prohodni klasični ravni krov odnosno varijanta hladnog ravnog krova sa sljedećim slojevima:



Slika 5.1. Prikaz slojeva ravnog krova

Sloj	Debljina $d$ (m)	Specifična težina $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	$d \times \gamma$ ( $kN/m^2$ )
- žbuka	0,01	19,00	0,19
- AB ploča C 30/37	0,18	25,00	4,50
- cem. estrih za pad	0,10	24,00	2,40
- bitumenski prednamaz			
- parna brana			
- toplinska izolacija (stirodur)	0,10	0,30	0,03
- hidroizolacija			
- granulirani šljunak	0,04	18,00	0,70
- betonske ploče 40x40 cm	0,045	24,50	1,10
		<b>Ukupno</b>	<b>8,92</b>

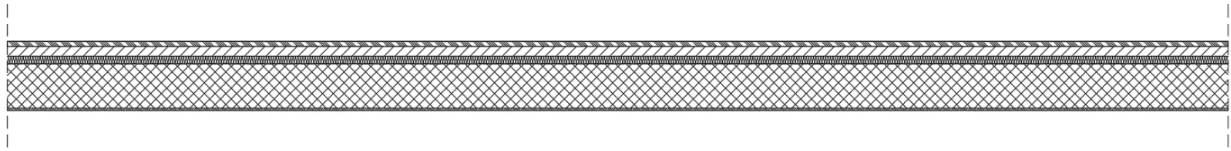
Tablica 5.1. Stalno opterećenje ravnog krova

Vlastita težina uključena je automatski u računalnom programu ( $g = 4,5 \text{ kN/m}^2$ ), stoga je dodatno stalno opterećenje:

$\Delta g = 4,42 \text{ kN/m}^2$ .

## 5.1.2 MEĐUKATNA PLOČA

Završna obrada poda međukatne ploče predviđena je kao parket i keramičke pločice.

a) Stambeni dio (parket)

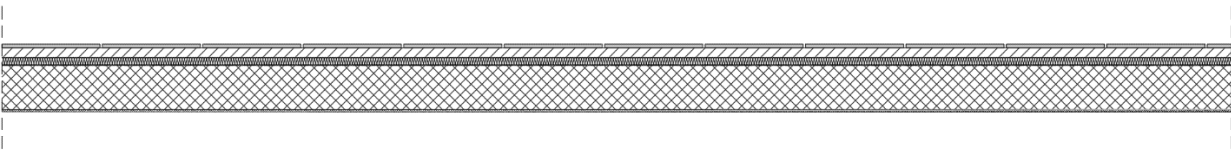
Slika 5.2. Prikaz slojeva međukatne ploče - parket

Sloj	Debljina $d$ (m)	Specifična težina $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	$d \times \gamma$ ( $kN/m^2$ )
- žbuka	0,01	19,00	0,19
- AB ploča C 30/37	0,18	25,00	4,50
- hidroizolacija			
- toplinska izolacija (stiropor)	0,03	0,12	0,004
- cem. estrih	0,04	24,00	0,96
- završna obrada poda - parket	0,02	12,00	0,24
- pregrade			1,00
		<b>Ukupno</b>	<b>6,89</b>

Tablica 5.2. Stalno opterećenje međukatne ploče - parket

Vlastita težina uključena je automatski u računalnom programu ( $g = 4,5 \text{ kN/m}^2$ ), stoga je dodatno stalno opterećenje:

$$\Delta g = 2,39 \text{ kN/m}^2.$$

b) Stambeni dio (keramičke pločice)

Slika 5.3. Prikaz slojeva međukatne ploče - keramičke pločice

Sloj	Debljina $d$ (m)	Specifična težina $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	$d \times \gamma$ ( $kN/m^2$ )
- žbuka	0,01	19,00	0,19
- AB ploča C 30/37	0,18	25,00	4,50
- hidroizolacija			
- toplinska izolacija (stiropor)	0,03	0,12	0,004
- PVC folija			
- cem. estrih	0,04	24,00	0,96
- završna obrada poda - keramičke pločice + ljepilo	0,015	24,00	0,36
- pregrade			1,00
		<b>Ukupno</b>	<b>7,01</b>

Tablica 5.3. Stalno opterećenje međukatne ploče - keramičke pločice

Vlastita težina uključena je automatski u računalnom programu ( $g = 4,5 \text{ kN/m}^2$ ), stoga je dodatno stalno opterećenje:

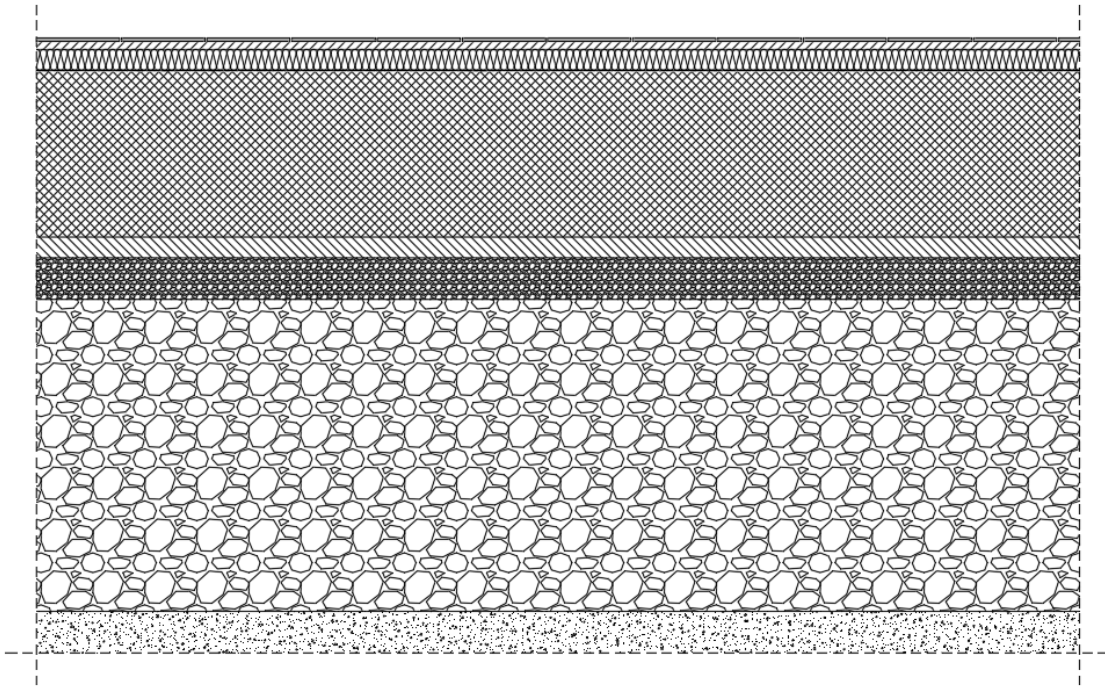
$$\Delta g = 2,51 \text{ kN/m}^2.$$

5.1.3 TEMELJNA PLOČA

Slojevi ispod temeljne ploče su:

<i>Sloj</i>	<i>Debljina d (m)</i>
- tlo - stijena	
- dobro nabijeni krupni šljunak	1,50
- tampon	0,20
- podbeton C20/25	0,10

Tablica 5.4. Slojevi ispod temeljne ploče



Slika 5.4. Prikaz svih slojeva temeljne ploče

<i>Sloj</i>	<i>Debljina d (m)</i>	<i>Specifična težina <math>\gamma</math> (<math>kN/m^3</math>)</i>	<i><math>d \times \gamma</math> (<math>kN/m^2</math>)</i>
- AB ploča C 30/37	0,80	25,00	20,00
- hidroizolacija			
- toplinska izolacija (stiradur)	0,10	0,30	0,03
- PE folija			
- cem. estrih	0,04	24,00	0,96
- završna obrada poda - keramičke pločice + ljepilo	0,015	24,00	0,36
- pregrade			1,00
		<b>Ukupno</b>	<b>22,35</b>

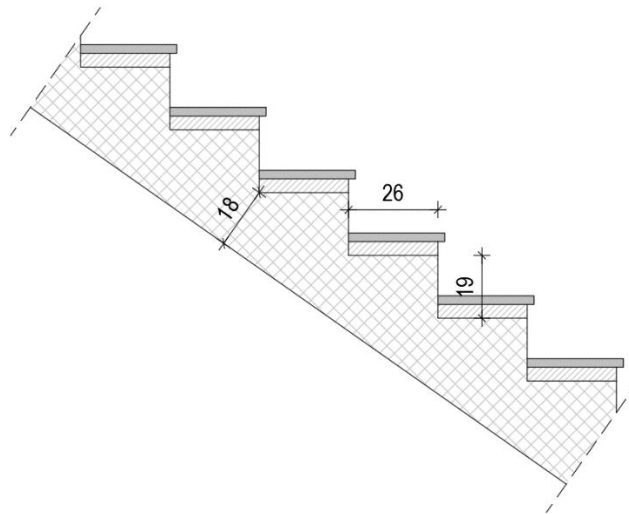
Tablica 5.5. Stalno opterećenje temeljne ploče

Vlastita težina uključena je automatski u računalnom programu ( $g = 20,0 \text{ kN/m}^2$ ), stoga je dodatno stalno opterećenje:

$$\Delta g = 2,35 \text{ kN/m}^2.$$



## 5.1.4 STUBIŠTE



Slika 5.5. Dimenzije stubišta

Sloj	Debljina $d$ (m)	Specifična težina $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	$d \times \gamma$ ( $kN/m^2$ )
- žbuka (podgled)	0,01	19,00	0,19
- AB ploča C30/37	0,18	25,00	4,50
- AB stube	0,19/2	25,00	2,38
- cem. estrih	0,04	24,00	0,96
- kamene ploče + ljepilo	0,025	22,00	0,55
		<b>Ukupno</b>	<b>8,58</b>

Tablica 5.6. Stalno opterećenje stubišta

Ukupno stalno opterećenje iznosi:  $g_{uk} = 8,58 \text{ kN/m}^2$

## 5.2 PROMJENJIVO OPTEREĆENJE

### 5.2.1 KORISNO (UPORABNO) OPTEREĆENJE

Prema EN 1991-1-1 prostori u stambenim, društvenim, trgovačkim i administrativnim zgradama svrstavaju se u kategorije u skladu s njihovim namjenama:

Kategorija	Namjena	Primjer
A	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Sobe u stambenim zgradama i kućama, sobe i odjeli u bolnicama; sobe u hotelima i prenoćištim, kuhinje i kupaonice
B	Uredski prostori	
C	Prostori gdje se mogu okupljati ljudi (osim prostora određenih u kategorijama A, B, i D <sup>1)</sup> )	C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama C2: Prostori s nepomičnim sjedalima, primjerice u crkvama, kazalištima ili kinima, sobe za sastanke, dvorane za predavanja, dvorane za skupove, željezničke čekaonice i sl. C3: Prostori bez zapreka za kretanje ljudi, primjerice u muzejima, izložbenim prostorima i slično, te pristupi u javnim i upravnim zgradama, hotelima, bolnicama i željezničkim stanicama C4: Prostori gdje su moguće fizičke aktivnosti, primjerice plesne dvorane, gimnastičke dvorane, pozornice C5: Prostori za velika okupljanja ljudi, primjerice u zgradama za javne priredbe kao što su koncertne dvorane, sportske dvorane uključujući gledališta, terase, prilaze i željezničke perone
D	Prodajni prostori	D1: Prostori u trgovinama D2: Prostori u robnim kućama

Tablica 5.7. Uporabne kategorije

U konkretnom slučaju, budući se radi o stambenoj zgradi, radi se o zgradi kategorije A u skladu s kojom se određuju i uporabna opterećenja stropova, balkona i stubišta u zgradi:

Kategorija opterećenog prostora	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategorija A</b>		
– stropovi	1,5 do <u>2,0</u>	<u>2,0</u> do 3,0
– stubišta	<u>2,0</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 4,0
– balkoni	<u>2,5</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 3,0
<b>Kategorija B</b>	2,0 do <u>3,0</u>	1,5 do <u>4,5</u>
<b>Kategorija C</b>		
– C1	2,0 do <u>3,0</u>	3,0 do <u>4,0</u>
– C2	3,0 do <u>4,0</u>	2,5 do 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 do <u>5,0</u>	<u>4,0</u> do 7,0
– C4	4,5 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> do 7,5	3,5 do <u>4,5</u>
<b>Kategorija D</b>		
– D1	<u>4,0</u> do 5,0	3,5 do 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>

Tablica 5.8. Uporabna opterećenja stropova, stubišta i balkona u zgradama

U ovom slučaju odabrane su vrijednosti uporabnog opterećenja:

- stropovi →  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- stubišta →  $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- balkoni →  $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$

### 5.2.2 OPTEREĆENJE SNIJEGOM

Analiziramo opterećenje snijegom na krov koje je definirano u EN 1991-1-3. Opterećenje snijegom na krovovima određuje se prema izrazu:

$$s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k, \text{ pri čemu je:}$$

- $\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom
- $s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu
- $c_e$  - koeficijent izloženosti
- $c_t$  - toplinski koeficijent

Vrijednost parametra  $\mu_i$  ovisi o obliku krova. Budući se radi o jednostrešnom krovu s nagibom  $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$  parametar  $\mu_i$  uzimamo prema tablici:

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

**Tablica 5.9.** Koeficijenti oblika opterećenja snijegom

Dakle, prema tablici,  $\mu_i = 0,8$ .

Vrijednost koeficijenta izloženosti  $c_e = 1$ , ako drugačije nije određeno s obzirom na oblik terena.

Toplinski koeficijent  $c_t = 1$ , budući se ne radi o staklenom krovu s velikom toplinskom propusnošću odnosno mogućnošću otapanja snijega uzrokovanog gubitkom topline.

Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu ta RH određena je kartom klimatskih zona karakterističnog opterećenja snijegom i pripadajućom tablicom:

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



**Slika 5.6.** Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom na tlu  $S_k$  za RH

Budući se stambena zgrada nalazi u Sinju koji pripada zoni IV s nadmorskom visinom od 326 m n.m. vrijednost:

$s_k \approx 0,92 \text{ kN/m}^2$  da budemo na strani sigurnosti.

Nakon određivanja vrijednosti svih parametara izraza vrijednost:  $s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,92 = 0,74 \text{ kN/m}^2$

### 5.2.3 OPTEREĆENJE VJETROM

Opterećenje vjetrom određuje se prema EN 1991-1-4. Djelovanja vjetra promjenjiva su tijekom vremena i djeluju izravno kao tlak na vanjske površine zatvorenih konstrukcija i, zbog propusnosti vanjske površine, također djeluju neizravno na unutarnje površine. Za zgrade visine  $h < 200 \text{ m}$  djelovanje vjetra može se uzeti kao zamjenjujuće statičko opterećenje.

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  karakteristična je 10-minutna srednja brzina vjetra, neovisno o smjeru vjetra i dobu godine, 10 m iznad tla na otvorenom terenu u prirodi s niskim raslinjem i osamljenim preprekama na razmaku najmanje 20 m visina prepreke.

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra dodatno se korigira obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu te dobivamo vrijednost osnovne brzine vjetra:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0}, \text{ pri čemu je:}$$

- $c_{dir}$  - koeficijent smjera vjetra
- $c_{tem}$  - koeficijent godišnjeg doba
- $c_{alt}$  - koeficijent nadmorske visine
- $v_{b,0}$  - temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra

Koeficijent smjera vjetra ( $c_{dir}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje RH  $c_{dir} = 1,0$ .

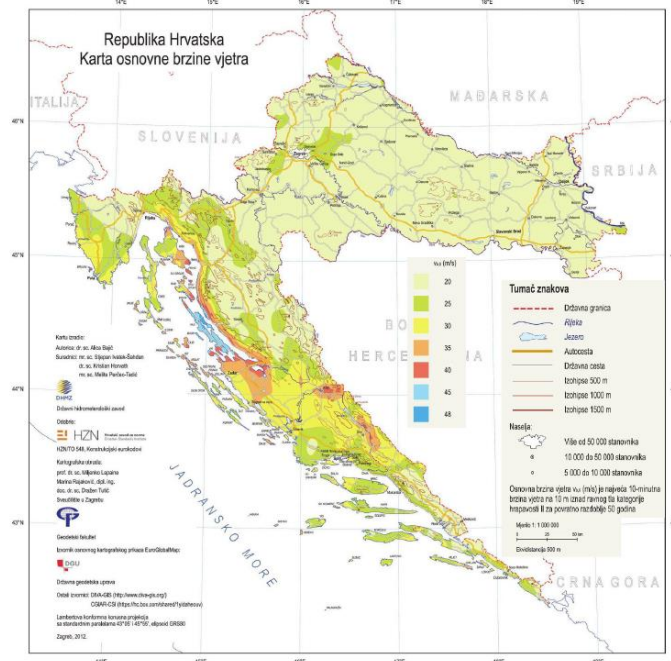
Koeficijent godišnjeg doba ( $c_{tem}$ ) uzima se za cijelo područje RH  $c_{tem} = 1,0$ .

Koeficijent nadmorske visine ( $c_{alt}$ ) koji obuhvaća promjenu brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih stanica na planinskom području RH, nije moguće egzaktno odrediti te se koristi izraz:

$$c_{alt} = 1 + 0,0001 a_s, \text{ pri čemu je:}$$

- $a_s$  - nadmorska visina u (m).

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  određuje se prema nacionalnom dodatku EN 1991-1-4; NA:



Slika 5.7. Osnovna brzina vjetra  $v_{b,0}$  za RH

Za područje Sinja ta vrijednost iznosi:  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$ .

Dakle, osnovna brzina vjetra iznosi:

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot (1 + 0,0001 \cdot 326) \cdot 30 = 30,98 \text{ m/s.}$$

Srednja brzina vjetra ( $v_m(z)$ ) na visini  $z$  iznad terena ovisi o hrapavosti terena, vertikalnoj razvedenosti i osnovnoj brzini vjetra ( $v_b$ ) i određuje se pomoću izraza:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b, \text{ pri čemu je:}$$

- $c_r(z)$  - koeficijent hrapavosti
- $c_0(z)$  - koeficijent topografije za koji se obično uzima vrijednost 1,0
- $v_b$  - osnovna brzina vjetra

Koeficijent hrapavosti obuhvaća promjenjivost srednje brzine vjetra na mjestu konstrukcije zbog visine iznad tla i hrapavosti terena uz vjetar prije konstrukcije. Određuje se prema izrazu:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \text{ za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

ili

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \text{ za } z < z_{min}, \text{ pri čemu je:}$$

- $k_r$  - koeficijent terena ovisan o duljini hrapavosti  $z_0$
- $z$  - visina zgrade
- $z_0$  - duljina hrapavosti
- $z_{min}$  - najmanja visina zgrade prema tablici 2.10.
- $z_{max}$  - maksimalna visina zgrade koja se obično uzima 200 m

Parametri pomoću kojih se određuje koeficijent hrapavosti dani su u sljedećoj tablici:

Kategorija terena	Opis	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

**Tablica 5.10.** Kategorije i parametri terena

Budući se zgrada nalazi u urbanoj zoni grada Sinja promatramo kategoriju terena IV i pripadajuće parametre. Visina zgrade je 24,05 m, stoga je mjerodavan prvi izraz za izračun koeficijenta hrapavosti:

$$c_r(z) = 0,234 \cdot \ln(24,05/1,0) = 0,744$$

Dakle, srednja brzina vjetra  $v_m(z)$  iznosi:

$$v_m(z) = 0,744 \cdot 1,0 \cdot 30,98 = 23,05 \text{ m/s}$$

Tlak pri vršnoj brzini ( $q_p(z)$ ) na visini  $z$ , koji obuhvaća srednje i kratkotrajne promjene brzine određuje se pomoću izraza:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_m^2(z), \text{ pri čemu je:}$$

- $I_v$  - intenzitet turbulencije
- $\rho$  - gustoća zraka koja ovisi o nadmorskoj visini, temperaturi i atmosferskom tlaku koji se očekuje u području tijekom oluja ( $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ )
- $v_m(z)$  - srednja brzina vjetra

Intenzitet turbulencije ( $I_v(z)$ ) na visini  $z$  određen je kao standardna devijacija podijeljena sa srednjom brzinom vjetra. Određuje se pomoću izraza:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \text{ za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

ili

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \text{ za } z < z_{min}, \text{ pri čemu je:}$$

- $k_I$  - koeficijent turbulencije za koji se obično uzima vrijednost 1,0
- $c_0(z)$  - koeficijent topografije za koji se obično uzima vrijednost 1,0
- $z_0$  - duljina hrapavosti (tablica 5.10.)

Visina zgrade ( $z=24,05 \text{ m}$ ) zadovoljava prvi izraz te intenzitet turbulencije iznosi:

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(24,05/1,0)} = 0,314$$

Dakle, tlak pri vršnoj brzini iznosi:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,314] \cdot \frac{1,25}{2} \cdot 23,05^2 = 1061,95 \text{ N/m}^2 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

Rezultirajući tlak vjetra koji djeluje na vanjske površine ( $w_e$ ) određujemo pomoću izraza:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \text{ pri čemu je:}$$

- $q_p(z_e)$  - tlak pri vršnoj brzini
- $z_e$  - referentna visina za vanjski tlak (prema preporučenom postupku (EN 1991-1-4) referentna visina je visina zgrade  $z$ )
- $c_{pe}$  - koeficijent vanjskog tlaka

Rezultirajući tlak vjetra koji djeluje na unutarnje površine ( $w_i$ ) određujemo pomoću izraza:

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}, \text{ pri čemu je:}$$

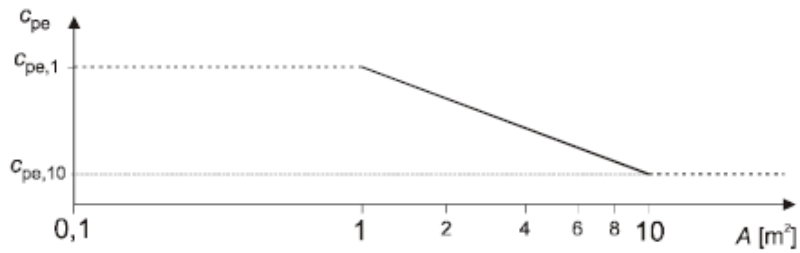
- $q_p(z_i)$  - tlak pri vršnoj brzini
- $z_i$  - referentna visina za unutarnji tlak (prema preporučenom postupku (EN 1991-1-4) referentna visina je visina zgrade  $z$ )
- $c_{pi}$  - koeficijent unutarnjeg tlaka

Koeficijenti tlaka za zgrade

- **Koeficijenti vanjskog tlaka**

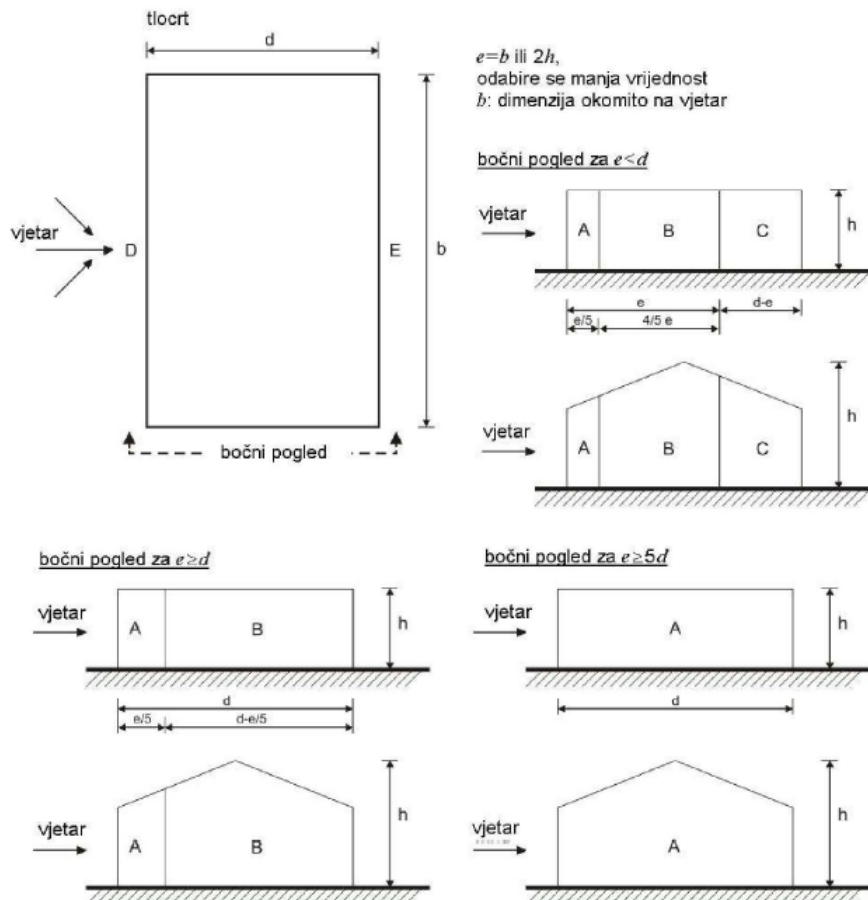
Koeficijenti vanjskog tlaka ( $c_{pe}$ ) za zgrade i dijelove zgrada ovisi o veličini opterećene ploštine A preko koje se prenosi djelovanje vjetra. Oni su dani tablično za opterećene ploštine A od  $1m^2$  i  $10m^2$  i to kao  $c_{pe,1}$  za lokalne koeficijente i  $c_{pe,10}$  za sveukupne koeficijente.

Vrijednosti koeficijenata  $c_{pe,1}$  i  $c_{pe,10}$  mogu se odrediti i grafički:



**Slika 5.8.** Grafički postupak određivanja koeficijenata vanjskog tlaka

Za vertikalne zidove s pravokutnim tlocrtom koeficijenti vanjskog tlaka za područja A, B, C, D i E određuju se pomoću legende na slici 5.9.



**Slika 5.9.** Legenda za određivanje koeficijenata vanjskog pritiska

Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Tablica 5.11. Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

Budući je stalno i korisno opterećenje izuzetno u odnosu na opterećenje vjetrom, djelovanje vjetra na krov zanemarujemo.

**- Koeficijent unutarnjeg tlaka**

Vrijednost koeficijenta unutarnjeg tlaka ( $c_{pi}$ ) ovisi o veličini i rasporedu otvora na pročeljima zgrade.

Kada je površina otvora na dominantnom pročelju dvostruko veća od površine otvora na svim drugim pročeljima, tada se koeficijent unutarnjeg tlaka određuje pomoću izraza:

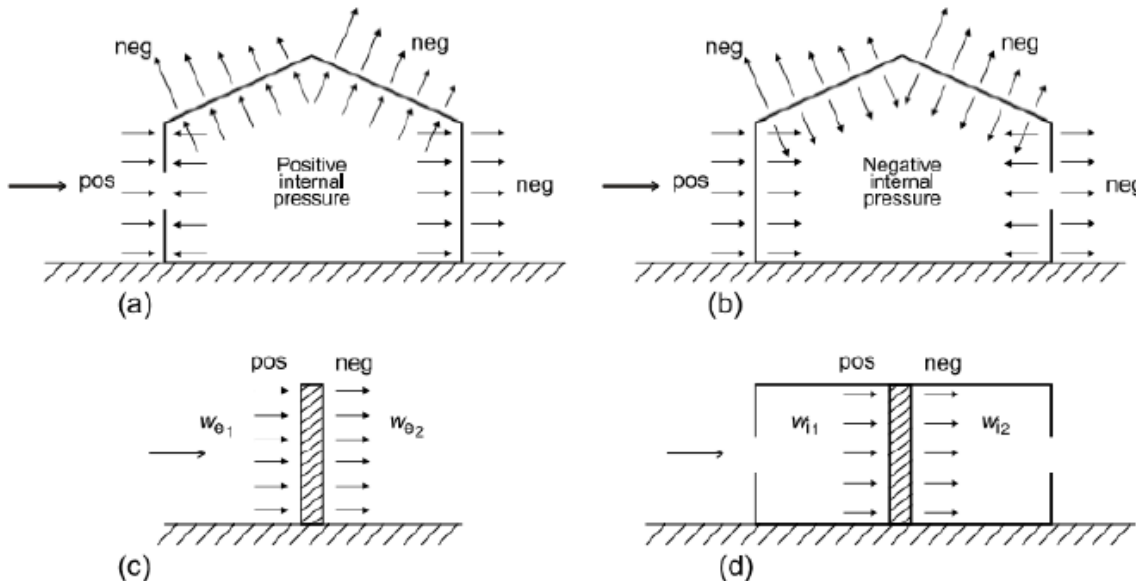
$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe}$$

Kada je površina otvora na dominantnom pročelju barem tri puta veća od površine otvora na svim drugim pročeljima, tada se koeficijent unutarnjeg tlaka određuje pomoću izraza:

$$c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe}, \text{ pri čemu je:}$$

- $c_{pe}$  - vrijednost koeficijenta vanjskog tlaka na otvorima dominantnog pročelja.

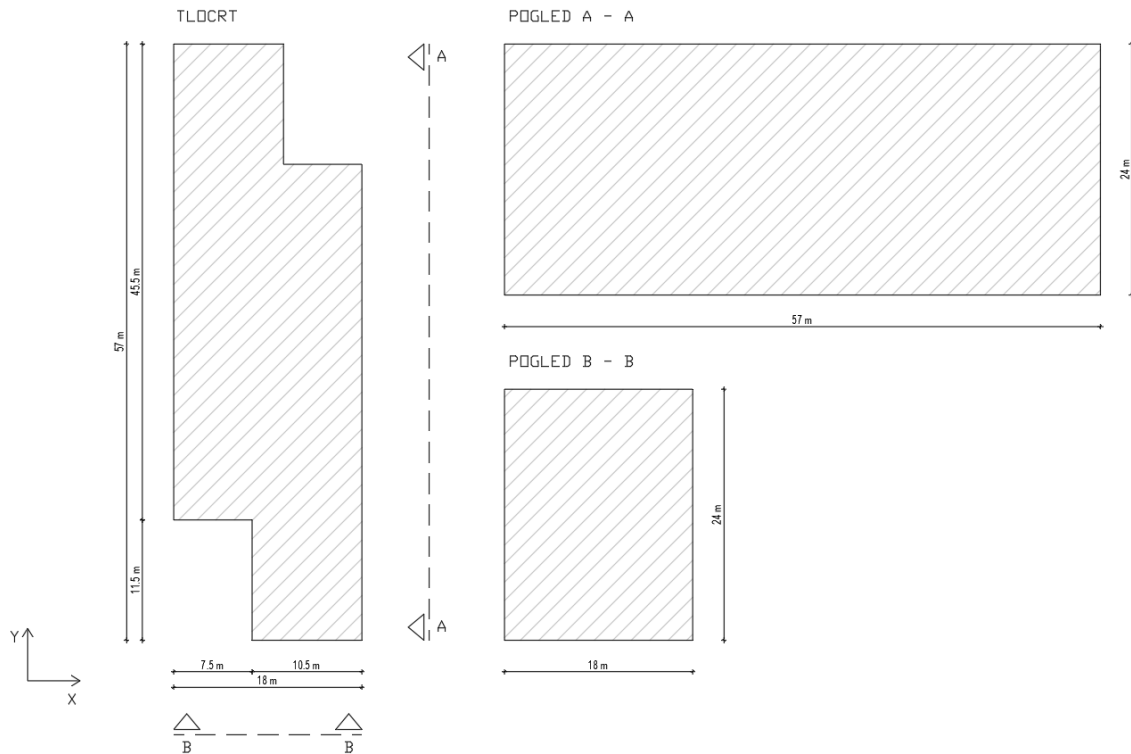
Rezultirajuće tlakove vjetra na vanjske i unutarnje površine potrebno je zbrojiti (ili oduzeti) da se dobije ekvivalentni tlak vjetra na plohu. Te rezultirajuće tlakove raspoređujemo prema shemi prikazanoj na slici 5.10.



Slika 5.10. Shema tlaka na površine



Određivanje koeficijenata vanjskog i unutarnjeg tlaka na konstrukciju



**Slika 5.11.** Prikaz površina na koje djeluje vjetar

Smjer x

$h = 24 \text{ m}$  → mjerodavna visina zgrade

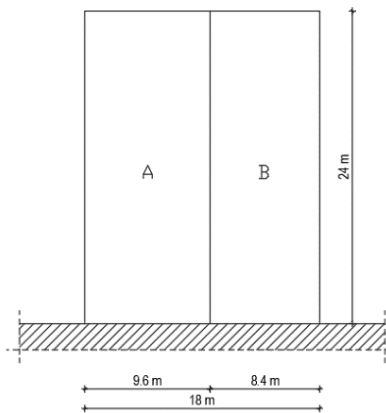
$b = 57 \text{ m}$  → dimenzija zgrade okomito na smjer vjetra

$d = 18 \text{ m}$  → dimenzija zgrade u smjeru djelovanja vjetra

Prema slici 2.9. vrijednost  $e = b$  ili  $2h$  ovisno koja je manja vrijednost.

Za vjetar iz smjera x:  $e = 2h = 2 \cdot 24 \text{ m} = 48 \text{ m}$

Podjela površine zgrade u smjeru djelovanja vjetra prema slici 5.9. prikazana je na sljedećoj slici:



**Slika 5.12.** Prikaz površina na koje djeluje vjetar

Prema tablici 5.11. vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za  $h/d = 24/18 = 1,333$  i  $c_{pe,10}$  (vrijednosti su linearno interpolirane):

Područje	A	B	D	E
$c_{pe}$	-1,22	-0,8	+0,8	-0,52

Za vrijednosti koeficijenta unutarnjeg tlaka ( $c_{pi}$ ) odabrane su maksimalna i minimalna moguća vrijednost:

$$c_{pi} = 0,8, \text{ odnosno}$$

$$c_{pi} = -0,5.$$

### Smjer y

$h = 24 \text{ m}$  → mjerodavna visina zgrade

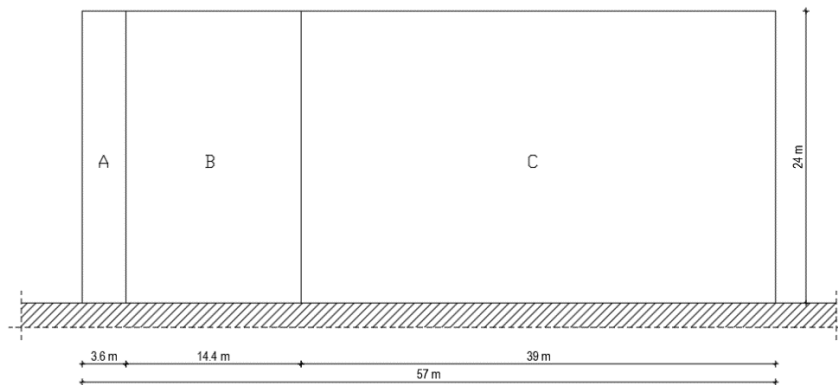
$b = 18 \text{ m}$  → dimenzija zgrade okomito na smjer vjetra

$d = 57 \text{ m}$  → dimenzija zgrade u smjeru djelovanja vjetra

Prema slici 5.9. vrijednost  $e = b$  ili  $2h$  ovisno koja je manja vrijednost.

Za vjetar iz smjera y:  $e = b = 18 \text{ m}$

Podjela površine zgrade u smjeru djelovanja vjetra prema slici 5.9. prikazana je na sljedećoj slici:



**Slika 5.13.** Prikaz površina na koje djeluje vjetar

Prema tablici 5.11. vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za  $h/d = 24/57 = 0,42$  i  $c_{pe,10}$  (vrijednosti su linearno interpolirane):

Područje	A	B	C	D	E
$c_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	+0,76	-0,41

Za vrijednosti koeficijenta unutarnjeg tlaka ( $c_{pi}$ ) odabrane su maksimalna i minimalna moguća vrijednost:

$$c_{pi} = 0,8, \text{ odnosno}$$

$$c_{pi} = -0,5.$$

## 5.2.3.1 Rezultirajući tlakovi na vanjske i unutarnje površine

Smjer x

PODRUČJE	A	B	D	E
$C_{pe}$	-1,22	-0,8	0	-0,5
	0	0	0,8	0
$C_{pi}$	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	0,8	0,8	0,8	0,8
$w_{e1} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	-1,29	-0,85	0	-0,53
$w_{e2} = q_p(z) \cdot C_{pe}$	0	0	0,85	0
$w_{i1} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53
$w_{i2} = q_p(z) \cdot C_{pi}$	0,85	0,85	0,85	0,85
$w_1 = w_{e1}'' + w_{i1}$	-0,76	-0,32	0,85	0
$w_2 = w_{e1}'' + w_{i2}$	-2,14	-1,70	-0,85	-1,38
$w_3 = w_{e2}'' + w_{i1}$	0,53	0,53	1,38	0,53
$w_4 = w_{e2}'' + w_{i2}$	-0,85	-0,85	0	-0,85

Mjerodavno djelovanje vjetra u x smjeru:

PODRUČJE	A	B	D	E
$w_{ekv} (kN/m^2)$	-2,14	-1,70	1,38	-1,38

Smjer y

PODRUČJE	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0	-0,41
	0	0	0	0,76	0
$C_{pi}$	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$w_{e1} = q_p(z) \cdot c_{pe}$	-1,28	-0,85	-0,53	0	-0,43
$w_{e2} = q_p(z) \cdot c_{pe}$	0	0	0	0,81	0
$w_{i1} = q_p(z) \cdot c_{pi}$	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53
$w_{i2} = q_p(z) \cdot c_{pi}$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
$w_1 = w_{e1}'' + w_{i1}$	-0,75	-0,32	0	0,53	0,1
$w_2 = w_{e1}'' + w_{i2}$	-2,13	-1,70	-1,38	-0,85	-1,28
$w_3 = w_{e2}'' + w_{i1}$	0,53	0,53	0,53	1,34	0,53
$w_4 = w_{e2}'' + w_{i2}$	-0,85	-0,85	-0,85	-0,04	-0,85

Mjerodavno djelovanje vjetra u y smjeru:

PODRUČJE	A	B	C	D	E
$w_{ekv} (kN/m^2)$	-2,13	-1,70	-1,38	1,34	-1,28

### 5.3 IZVANREDNO OPTEREĆENJE

#### 5.3.1 POTRES

Izvanredno opterećenje koje je mjerodavno za dimenzioniranje konstruktivnih elemenata građevine je potres. Za proračun potresnog opterećenja korištena je standardna metoda linearne seizmičke analize odnosno višemodalna (spektralna) analiza. Za izračun sudjelujućih masa korištena je kombinacija koja uključuje stalno opterećenje (vlastita težina i dodatno stalno) te 50% korisnog opterećenja.

Potresne sile proračunate su prema EN 1998-1 pomoću računalnog programa Radimpex Tower 6 koristeći prostorni model konstrukcije.

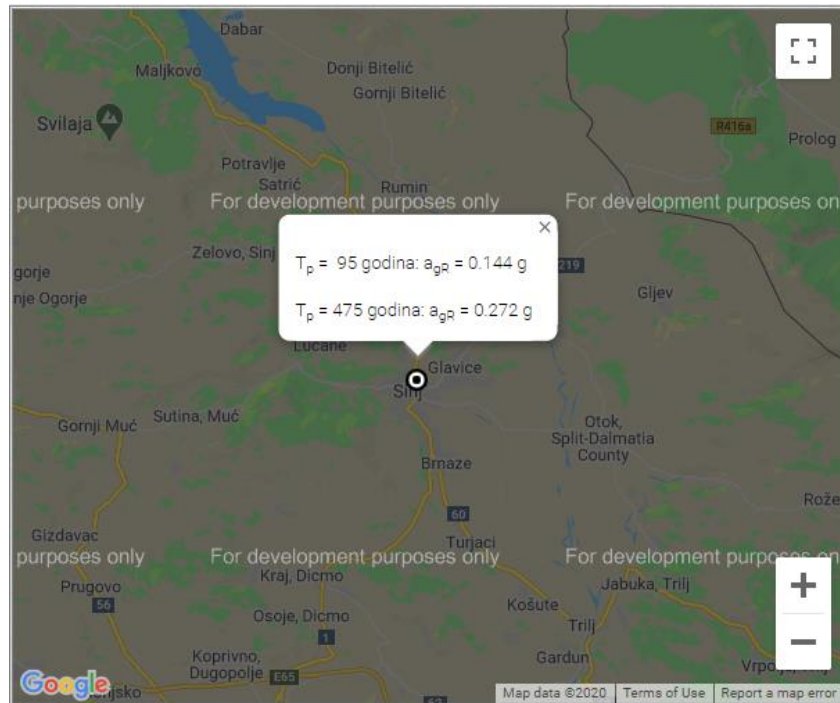
Jedan od osnovnih faktora pri analizi potresnog opterećenja građevine jest temeljno tlo. Prema EN 1998-1 postoji 7 tipova tla (5 osnovnih i 2 dodatna) koji su prikazani u tablici 5.12.

Tip temeljnog tla	Opis stratigrafskog profila	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (udara/ 30 cm)	$c_u$ (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini	> 800	–	–
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom	360-800	> 50	> 250
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara	180-360	15-50	70-250
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo	< 180	< 15	< 70
E	Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima $v_s$ za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je kruči materijal s $v_s > 800$ m/s			
S <sub>1</sub>	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti ( $PI > 40$ ) i velikim sadržajem vode	< 100 (približno)	–	10-20
S <sub>2</sub>	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S <sub>1</sub>			

Tablica 5.12. Tipovi temeljnog tla

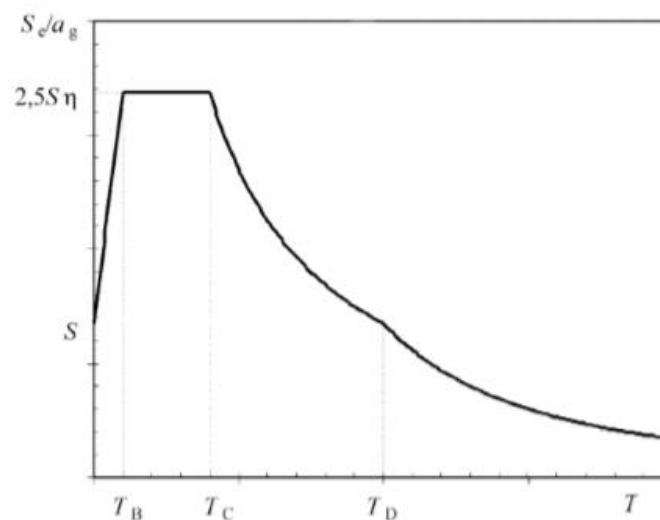
Građevina se temelji na tlu tipa A.

Budući se građevina nalazi na području grada Sinja, poredbeno vršno ubrzanje tla za povratni period od 475 godina prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske iznosi:  $a_{gr} = 0,272g$ .



**Slika 5.14.** Karta vršnog ubrzanja tla za RH

Potresno gibanje u nekoj točki na površini prikazuje se elastičnim spektrom odziva temeljnog tla. Horizontalno potresno djelovanje opisano je s 2 ortogonalne komponente za koje se pretpostavlja da su neovisne i prikazane istim spektrom.



**Slika 5.15.** Oblik elastičnog spektra odziva

Elastični spektar odziva ovisi da li se građevina nalazi u području visoke ili niske seizmičnosti a faktor koji to obuhvaća je  $M_s$  (magnituda površinskih valova) koji mjeri količinu oslobođene energije.

Budući se građevina nalazi u području visoke seizmičnosti faktori o kojima ovisi vrijednost elastičnog spektra odziva  $S_e(T)$  dani su u tablici:

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

**Tablica 5.13.** Vrijednosti parametara koji opisuju Tip 1 elastičnog spektra odziva

Budući se konstrukcija projektira na seizmičke sile manje od onih kada je odgovor linearan, elastični spektar odziva reducira se faktorom ponašanja  $q$ . Tako se osigurava nelinearno ponašanje konstrukcije (plastično deformiranje).

### 5.3.1.1 Proračun faktora ponašanja

Faktor ponašanja  $q$  približno je omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njezin odziv bio u cijelosti elastičan uz 5%-tno viskozno prigušenje i stvarnih potresnih sila koje bi se pojavile na promatranom sustavu.

On se određuje prema izrazu:

$$q = q_0 \cdot k_w, \text{ pri čemu je:}$$

$q_0$  - osnovni faktor ponašanja,

$k_w$  - faktor prevladavajućeg sloma

Osnovni faktor ponašanja  $q_0$  ovisi o tipu konstrukcije i dan je u tablici:

STRUCTURAL TYPE	DCM	DCH
Frame system, dual system, coupled wall system	$3,0\alpha_u/\alpha_1$	$4,5\alpha_u/\alpha_1$
Uncoupled wall system	3,0	$4,0\alpha_u/\alpha_1$
Torsionally flexible system	2,0	3,0
Inverted pendulum system	1,5	2,0

**Tablica 5.14.** Vrijednosti osnovnog faktora ponašanja ovisno o tipu konstrukcije

Građevina spada u srednju klasu duktilnosti sa sustavom povezanih zidova. Stoga, osnovni faktor ponašanja iznosi:

$$q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6$$

Prema tome, faktor ponašanja iznosi:

$$q = 3,6 \cdot 1,0 = 3,6$$

Na temelju svih prethodno izračunatih ulaznih podataka koje modalna analiza uzima u obzir, provedena je modalna analiza iz koje su dobiveni vlastiti oblici konstrukcije i njima pripadajući periodi sa sudjelujućim masama.

Nakon toga izvršen je seizmički proračun koji je dao mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje vertikalnih elemenata konstrukcije (stupova i zidova).

## 6 PROSTORNI PRORAČUNSKI MODEL

Prostorni model konstrukcije izveden je pomoću računalnog programa Radimpex Tower 6. Sastoji se od krovne, međukatnih ploča i temeljne ploče te od stupova i greda. Opterećen je vertikalnim opterećenjima:

- stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije),
- dodatnim stalnim opterećenjem,
- korisnim opterećenjem te
- snijegom.

Također je opterećen i horizontalnim opterećenjima:

- vjetrom u 2 glavna smjera te
- potresom.

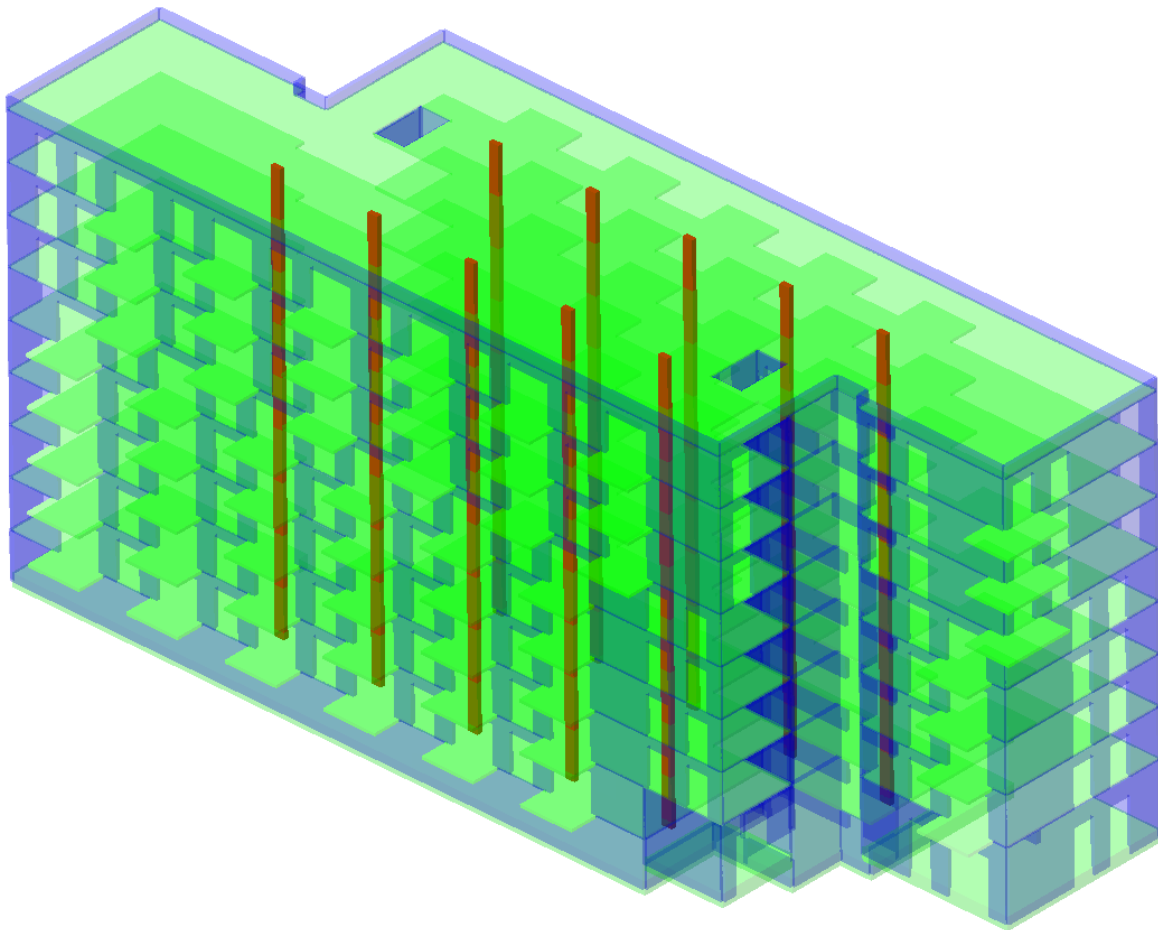
Sva opterećenja zadana su kao raspodijeljena površinska opterećenja po pločama i zidovima osim opterećenje potresom koje je uvedeno pomoću računalnog programa.

Svi nosivi elementi su armirano-betonski klase betona C 30/37. Ugrađena armatura je kvalitete B500B.

Zidovi su debljina 30 odnosno 25 cm a modelirani su kao plošni elementi. Krovna kao i međukatne ploče su pune armirano-betonske ploče debljine 18 cm, dok je temeljna ploča debljine 80 cm.

Grede su dimenzija  $b/h = 25/55$  cm odnosno  $b/h = 25/100$  cm.

Stupovi su pravokutnog poprečnog presjeka dimenzija  $b/h = 30/60$  cm i modelirani su kao štapni elementi.



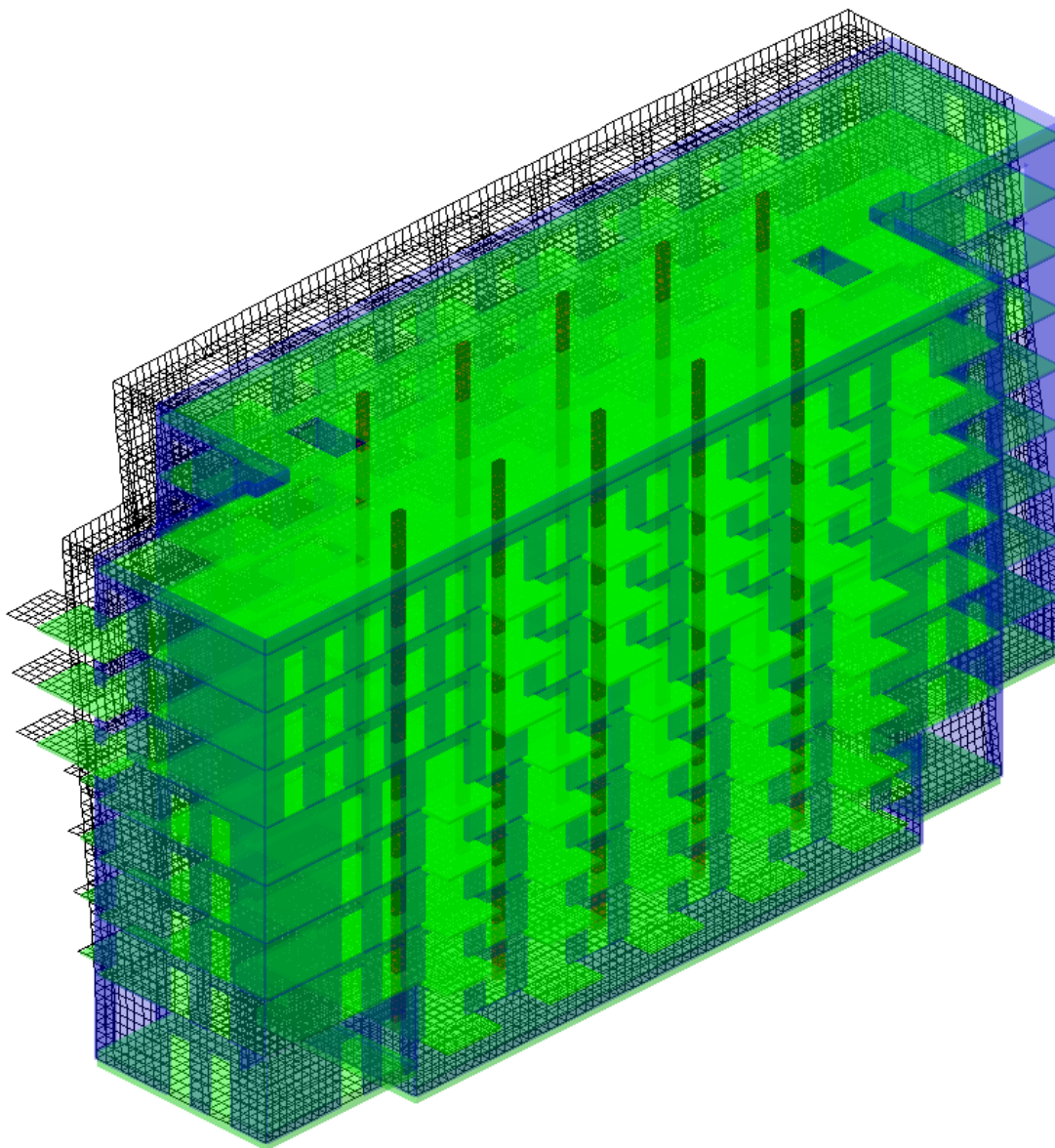
**Slika 6.1.** Prostorni model konstrukcije



## 6.1 REZULTATI MODALNE ANALIZE

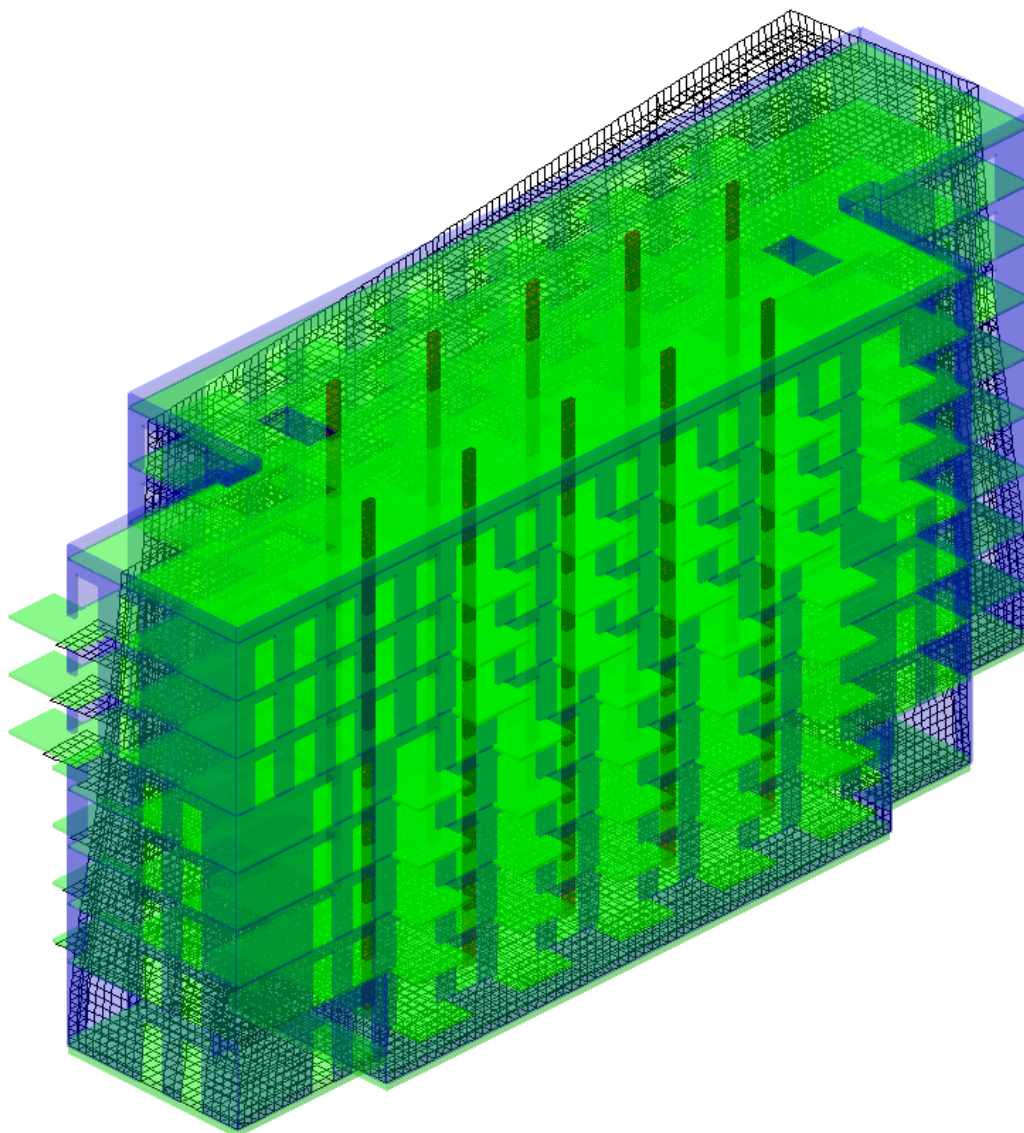
Ton	UX (%)	UY (%)	UZ (%)	$\Sigma$ UX (%)	$\Sigma$ UY (%)	$\Sigma$ UZ (%)
1	63.06	0.46	0.00	63.06	0.46	0.00
2	0.36	0.18	0.00	63.42	0.64	0.00
3	0.68	72.88	0.00	64.10	73.51	0.00
4	12.73	0.13	0.00	76.83	73.65	0.00
5	0.41	0.22	0.00	77.24	73.86	0.00
6	0.02	0.01	0.00	77.26	73.88	0.00
7	3.86	0.04	0.00	81.13	73.92	0.00
8	0.00	0.00	0.00	81.13	73.93	0.00
9	0.89	2.67	0.00	82.01	76.60	0.00
10	1.88	0.65	0.00	83.89	77.25	0.00
11	0.00	5.96	0.00	83.90	83.20	0.00
12	0.50	0.01	0.00	84.40	83.21	0.00
13	0.71	0.03	0.00	85.11	83.24	0.00
14	0.00	0.01	0.00	85.11	83.25	0.00
15	0.01	0.02	0.00	85.12	83.27	0.00
16	0.58	0.00	0.00	85.69	83.27	0.00
17	1.00	0.05	0.00	86.69	83.32	0.00
18	0.11	0.01	0.00	86.81	83.33	0.00
19	0.37	0.00	0.00	87.18	83.33	0.00
20	0.01	0.01	0.00	87.18	83.34	0.00
21	0.16	0.01	0.00	87.35	83.34	0.00
22	0.00	0.02	0.00	87.35	83.37	0.00
23	0.00	3.22	0.00	87.35	86.58	0.00
24	0.10	0.00	0.00	87.45	86.58	0.00
25	0.01	0.60	0.00	87.45	87.18	0.00
26	0.68	0.00	0.00	88.13	87.18	0.00
27	0.03	0.00	0.00	88.16	87.18	0.00
28	0.06	0.00	0.00	88.21	87.19	0.00
29	0.01	0.00	0.00	88.22	87.19	0.00
30	0.34	0.00	0.00	88.56	87.19	0.00
31	3.27	0.00	0.00	91.83	87.19	0.00
32	0.00	0.02	0.00	91.83	87.22	0.00
33	0.11	0.00	0.00	91.94	87.22	0.00
34	0.14	0.04	0.00	92.08	87.26	0.00
35	0.01	0.01	0.00	92.09	87.26	0.00
36	0.04	0.01	0.00	92.13	87.28	0.00
37	0.03	0.02	0.00	92.16	87.29	0.00
38	0.10	0.00	0.00	92.26	87.29	0.00
39	0.13	0.01	0.00	92.39	87.30	0.00
40	0.03	0.04	0.00	92.42	87.34	0.00

Tablica 6.1. Sudjelujuće mase

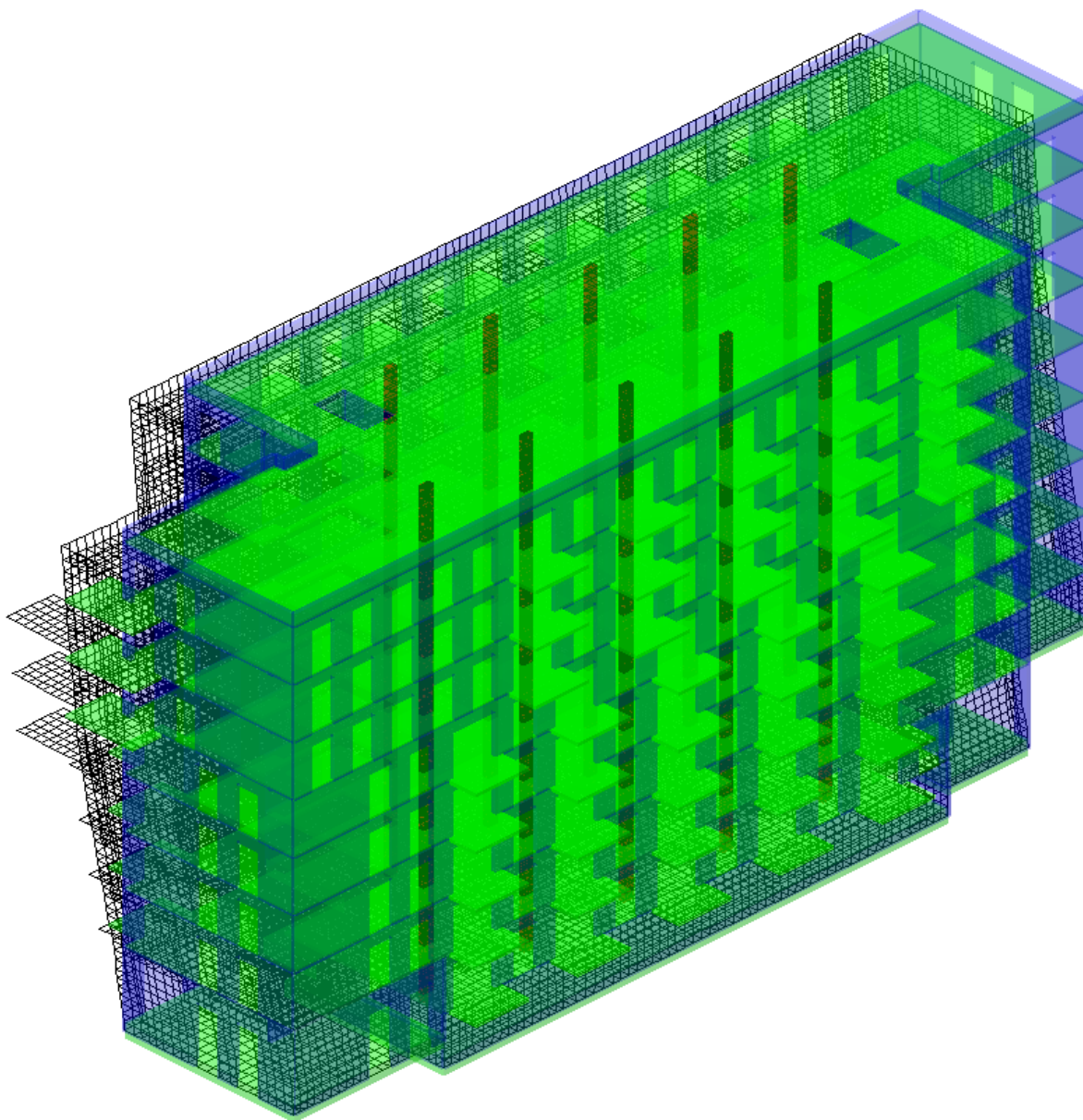
6.1.1 PRVI VLASTITI VEKTOR

*Slika 6.2. Translacija u smjeru globalne osi x*

6.1.2 DRUGI VLASTITI VEKTOR



*Slika 6.3. Uvrtnje oko globalne osi z*

6.1.3 TREĆI VLASTITI VEKTOR

**Slika 6.4.** Translacija u smjeru globalne osi y

## 7 PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE NOSIVIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 7.1 DIMENZIONIRANJE AB PLOČA (GSN)

Materijal

- BETON C30/37

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30,0 / 1,5$$

$$f_{cd} = 20,0 \text{ MPa}$$

- ČELIK B500B

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

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15$$

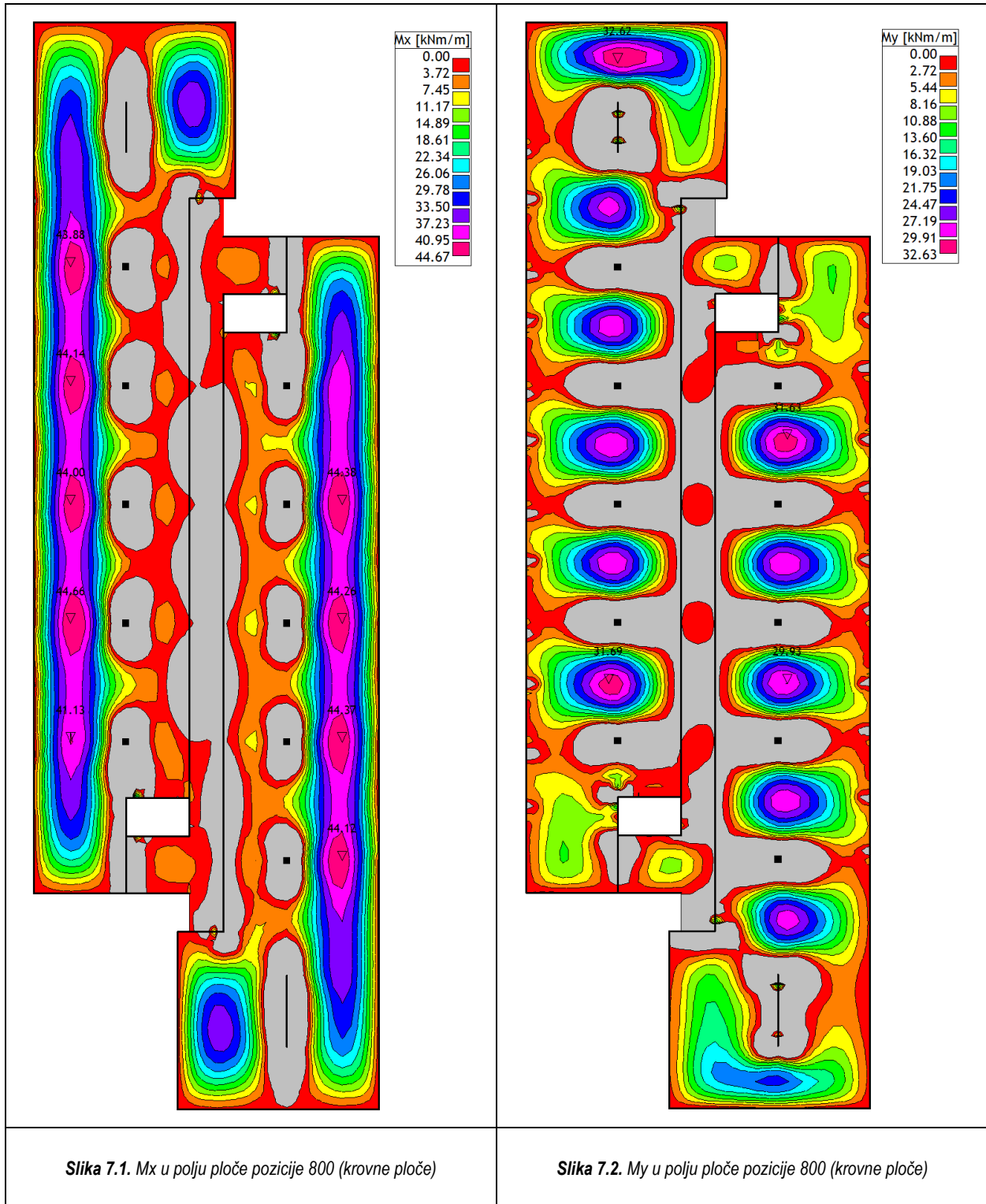
$$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$$

Debljine svih međukatnih ploča su iste i iznose:  $h_{pl} = 18 \text{ cm}$ .

AB ploče dimenzioniraju se na anvelopu svih kombinacija opterećenja uslijed šahovske raspodjele korisnog opterećenja.

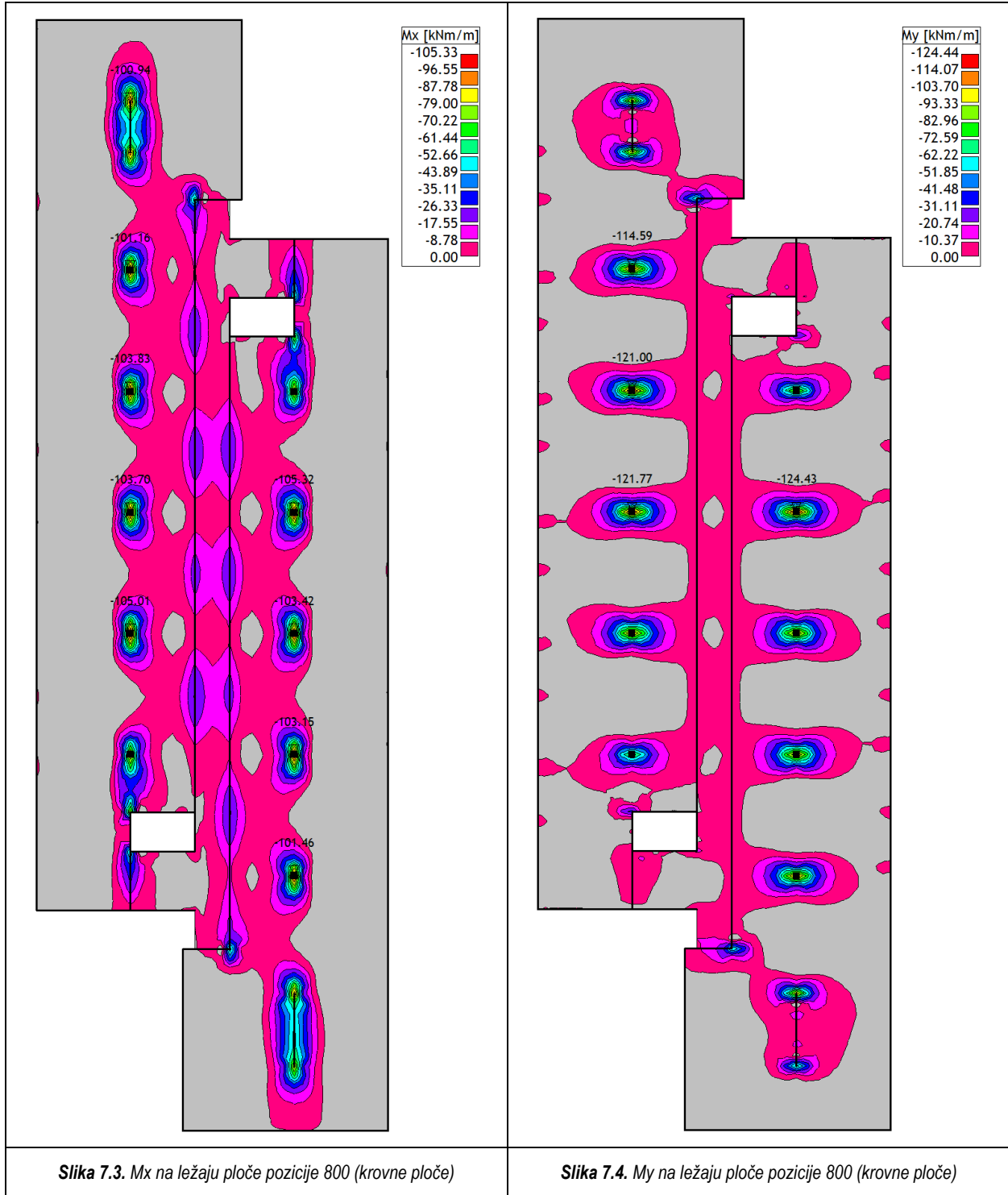
7.1.1 PLOČA POZICIJE 800 (KROVNA PLOČA)

Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$



Slika 7.1. Mx u polju ploče pozicije 800 (krovne ploče)

Slika 7.2. My u polju ploče pozicije 800 (krovne ploče)



## 7.1.1.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 44,67 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{44,67 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,099$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{44,67 \cdot 100}{0,928 \cdot 15 \cdot 43,48} = 7,38 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 785** ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.1.2 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 26,33 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,33 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,059$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{26,33 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,23 \text{ cm}^2$$

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

## 7.1.1.3 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 93,33 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{93,33 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,207 > \mu_{Ed,lim} = 0,159 \rightarrow \text{dvostruko armiranje}$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 3,5\text{‰}; \xi = 0,259; \zeta = 0,892$$

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 15^2 \cdot 2 = 71,55 \text{ kNm/m'}$$

Potrebna površina armature:

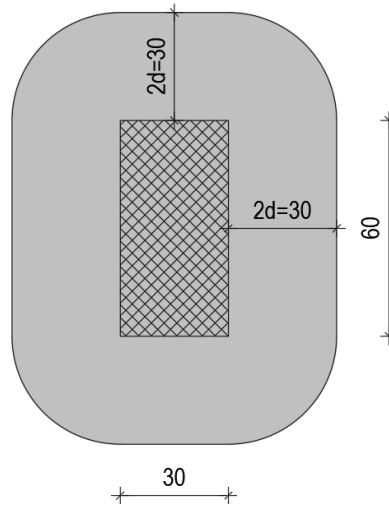
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Ed,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{71,55 \cdot 100}{0,892 \cdot 15 \cdot 43,48} + \frac{(93,33 - 71,55) \cdot 100}{(15 - 3) \cdot 43,48} = 16,47 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 503 + Ø14/10** ( $A_s = 5,03 + 15,39 = 20,42 \text{ cm}^2$ )

Armatura donje zone (Q785) zadovoljava potrebnu površinu armature tlačnog dijela presjeka ploče iznad točkastog ležaja.



## 7.1.1.4 Dimenzioniranje ploče na proboj



Slika 7.5. Prikaz probojnog stošca krovne ploče

Materijal:

- Beton C30/37:  $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}$$

- Čelik B500B:  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti na proboj:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{\beta}{d \cdot u_1}$$

$$V_{Ed} = N_{Ed} = 563,74 \text{ kN} - \text{uzdužna sila u stupu}$$

$\beta = 1,15$  - korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek (za unutrašnji stup preporuča se vrijednost 1,15)

$d = 15 \text{ cm}$  - statička visina ploče

$$u_1 = 2b + 2h + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 2 \cdot 15\pi \approx 369 \text{ cm} - \text{duljina kritičnog opsega}$$

$$v_{Ed} = 563,74 \cdot \frac{1,15}{15 \cdot 369} = 0,117 \text{ kN/cm}^2 = 1,17 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 1,17 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} - \text{ploča je nosiva na proboj}$$

Ispitivanje nosivosti ugrađene armature na proboj

Armatura za proboj neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Ed} = 1,17 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{150}} = 2,155 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

- armatura na mjestu proboja

$$\text{Donja zona: } Q785 \rightarrow A_s = 7,85 \text{ cm}^2$$

$$\text{Gornja zona: } Q503 + \emptyset 14/10 \rightarrow A_s = 5,03 + 15,39 = 20,42 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 18 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{7,85 + 20,42}{1800} = 0,016 < 0,02$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,016 \cdot 30,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0$$

$$v_{Rd,c} = 0,87 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c,min} = v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 30,0^{\frac{1}{2}} = 0,54 \text{ MPa} < v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,c} = 0,87 \text{ MPa} < v_{Ed} = 1,17 \text{ MPa} - \text{potrebna je dodatna armatura za proboj}$$

Poprečna armatura uzima se prema izrazu:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{\sin \alpha}{d \cdot u_1}$$

$$\rightarrow A_{sw} = (v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot \frac{s_r \cdot u_1}{1,5 \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha}$$

$$v_{Ed} = 1,17 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,87 \text{ MPa}$$

$s_r = 7,5 \text{ cm}$  - radijalni razmak pojedinih opsega poprečne armature

$$u_1 \approx 369 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d = 250 + 0,25 \cdot 150 = 287,5 \text{ MPa} < f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$A_{sw} = (0,117 - 0,75 \cdot 0,087) \cdot \frac{369 \cdot 7,5}{28,75 \cdot \sin 90^\circ}$$

$$A_{sw} = 4,98 \text{ cm}^2$$

Odabrana poprečna armatura za proboj: spone  $\emptyset$  **8/10** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ ) po opsegu.

#### 7.1.1.5 Proračun pukotina

##### Minimalna armatura

Armiranobetonske i prednapete elemente valja uvijek armirati u području vlačnih naprezanja barem minimalnom armaturom za ograničenje širina pukotina, osobito ako se očekuje indirektno djelovanje izazvano spriječenosti slobodnog skupljanja ili prinudnim deformacijama (popuštanje ležajeva).

Ploče napregnute savijanjem nije potrebno kontrolirati na granično stanje širina pukotina ako ukupna debljina ploče ne prelazi 20 cm te kada je korektno proračunata i armirana prema graničnim stanjima nosivosti.

Minimalna armatura može se izračunati prema izrazu:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}, \text{ pri čemu je:}$$

$k_c$  - koeficijent kojim se uzima u obzir raspodjela naprezanja po visini presjeka pri pojavi prve pukotine

$$- k_c = 0,4 \text{ - za čisto savijanje}$$

$k$  - koeficijent za učinak nejednolikih samouravnoteženih naprezanja, što vodi do smanjenja sila koje nastaju od spriječenog deformiranja

$$- k = 1,0 \text{ za } h \leq 300 \text{ mm}$$

$f_{ct,eff}$  - vlačna čvrstoća betona pri pojavi prve pukotine, tj. srednja vrijednost vlačne čvrstoće betona koja je postojala u vrijeme kada se može očekivati pojava prvih pukotina

$$- f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa} = 0,29 \text{ kN/cm}^2 \text{ za beton klase C30/37}$$

$A_{ct}$  - vlačna površina betona, tj. dio presjeka koji je prema proračunu vlačno napregnut neposredno prije pojave prve pukotine.

$$- A_{ct} = 2,5 \cdot b_{eff} \cdot d_1 = 2,5 \cdot 100 \cdot 3 = 750 \text{ cm}^2$$

$\sigma_s$  - naprezanje u armaturi neposredno nakon pojave prve pukotine. Uzima se da je to čvrstoća pri popuštanju armature.

$$- \sigma_s = f_{yk} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 0,29 \cdot \frac{750}{43,48} = 2,00 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura krovne ploče (Q785) zadovoljava potrebe minimalne armature.

#### Dokazni postupak bez kontrole širine pukotina

Za elemente armirane minimalnom armaturom granično stanje širina pukotina bit će zadovoljeno ako promjeri šipki i razmaci među njima odgovaraju onima danim u tablici:

Naprezanje u armaturi (MPa)	Maksimalni promjer šipke $\varnothing$ (mm)		Maksimalni razmak šipki (mm)	
	$w_k=0.3$ mm	$w_k=0.2$ mm	Savijanje	Vlak
160	32	25	300	200
200	25	16	250	150
240	16	12	200	100
280	12	8	150	50
320	10	6	100	-
360	8	5	50	-

**Tablica 7.1.** Maksimalni promjeri šipki i njihovi maksimalni razmaci

Granična vrijednost širina pukotina iznosi  $w_g = 0,3$  mm.

$\sigma_{s,max} = f_{yk} = 50$  kN/cm<sup>2</sup> - maksimalno dopušteno naprezanje u čeliku odgovara onom pri određivanju minimalne armature

Naprezanje u armaturi:

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

$$M_{Ed} = 31,86 \text{ kNm} = 3186 \text{ kNcm}$$

$$A_s = 7,85 \text{ cm}^2 - \text{armatura na mjestu očekivanja pukotina}$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

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

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200 \text{ GPa}}{33 \text{ GPa}} = 6,06$$

$$x = \frac{6,06 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6,06 \cdot 7,85}} \right)$$

$$x = 3,33 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{3186}{7,85 \cdot \left(15 - \frac{3,33}{3}\right)} = 29 \text{ kN/cm}^2 = 290 \text{ MPa} < 500 \text{ MPa}$$

Prema tablici 7.1. odabrana armatura krovne ploče (Q785 ( $\varnothing$  10/10)) zadovoljava uvjete maksimalnog razmaka i maksimalnog promjera šipki, stoga nije potreban klasični proračun širine pukotina.

## 7.1.1.6 Proračun progiba

Ispitivanje potrebe za proračunom progiba

Klasični proračun progiba neće biti potreban ako se mogu postaviti jednostavna pravila, primjerice ograničenja omjera raspon/visina. Granični omjer raspon/visina (uz pretpostavku da je naprezanje u čeliku za odgovarajuće opterećenje u graničnom stanju uporabljivosti u raspucalom presjeku u sredini raspona ploče 310 MPa što grubo odgovara vrijednosti  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ ) može se procijeniti izrazima:

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ ako je } \rho \leq \rho_0 \quad (1)$$

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left( \frac{\rho'}{\rho} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ ako je } \rho > \rho_0 \quad (2), \text{ pri čemu je:}$$

$\frac{l}{d}$  - granični omjer raspon/visina

$K$  - faktor koji uzima u obzir različite vrste statičkih sustava (prema tablici 5.2.  $K = 1,3$ )

$\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}}$  - referentni omjer (postotak) armature

$\rho = \frac{A_{s1}}{b \cdot d}$  - koeficijent armiranja vlačnom armaturom

$\rho' = \frac{A_{s2}}{b \cdot d}$  - koeficijent armiranja tlačnom armaturom

$f_{ck}$  - karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće betona ( $N/mm^2$ )

Statički sustav	$K$	Slabo naprezan beton (ploče)		Jako naprezan beton (grede) $\rho = 1,5\%$
		$\rho = 0,15\%$	$\rho = 0,5\%$	
Slobodno oslonjeni nosači, slobodno oslonjene ploče naprezane u jednom ili dva okomita smjera	1,0	28	20	14
Prvo polje kontinuiranih nosača ili kontinuirane ploče nosive u jednom smjeru	1,3	36	26	18
Srednje polje kontinuiranog nosača ili ploče nosive u jednom ili dva smjera	1,5	32	30	20
Ploče oslonjene samo na stupove bez greda, ravne ploče (dulji raspon)	1,2	34	24	17
Konzole	0,4	10	8	6

**Tablica 7.2.** Granični omjer  $L_{eff}/d$  kada proračun progiba nije potreban

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{30} = 0,00548 = 0,548\%$$

$$\rho = \frac{7,85}{100 \cdot 15} = 0,00523 = 0,523\% < \rho_0 - \text{upotrebljavamo izraz (1)}$$

$$\frac{l}{d} = 1,3 \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{0,00548}{0,00523} + 3,2 \cdot \sqrt{30} \cdot \left( \frac{0,00548}{0,00523} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 25,73$$

Naprezanje u armaturi različito je od vrijednosti 310 MPa, stoga je potrebno dobivenu vrijednost graničnog omjera raspon/visina pomnožiti s vrijednosti:

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}}, \text{ pri čemu je:}$$

$A_{s,prov}$  - odabrana površina vlačne armature u presjeku

$A_{s,req}$  - proračunata površina vlačne armature u presjeku

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{500} \cdot \frac{7,85}{7,38} = 1,064$$

$$\frac{l}{d} \cdot \frac{310}{\sigma_s} = 25,73 \cdot 1,064 = 27,38$$

Vitkost očitana iz modela krovne ploče iznosi:

$$\frac{L_{eff}}{d} = \frac{480}{15} = 32, \text{ iz čega zaključujemo da je proračun progiba potreban.}$$

### Provjera progiba proračunom

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{480}{250} = 1,92 \text{ cm}$$

- BETON C30/37

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 30^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

- ČELIK B500B

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

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{e1} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{33000} = 6,06$$

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

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1\beta)$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |0,0 + 56,34| / |31,86| = 1,768$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,768) = 0,0856128$$

Progib homogenog presjeka:

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

$$A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{e1} \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_1 = \frac{100 \cdot 18^3}{12} + 6,06 \cdot \left[ 7,85 \cdot \left( \frac{18}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right]$$

$$I_1 = 50312,56 \text{ cm}^4$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33 \text{ GN/m}^2 = 3300 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_1} = \frac{31,86 \cdot 100}{3300 \cdot 50312,56} = 0,00001919$$

Progib potpuno raspucalog presjeka:

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

$$x = \frac{6,06 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6,06 \cdot 7,85}} \right)$$

$$x = 3,33 \text{ cm}$$

$$I_2 = \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{e1} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_2 = \frac{100 \cdot 3,33^3}{12} + 100 \cdot 3,33 \cdot \left(\frac{3,33}{2}\right)^2 + 6,06 \cdot [7,85 \cdot (15 - 3,33)^2 + 0]$$

$$I_2 = 7709,51 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_2} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_2} = \frac{31,86 \cdot 100}{3300 \cdot 7709,51} = 0,000125 \frac{1}{\text{cm}}$$

Ukupni progib:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$\sigma_s = \frac{31,86 \cdot 100}{\left(15 - \frac{3,33}{3}\right) \cdot 7,85} = 29,22 \text{ kN/cm}^2 = 292 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1566}{\left(15 - \frac{3,33}{3}\right) \cdot 7,85} = 14,36 \text{ kN/cm}^2 = 144 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 18^2}{6}$$

$$M_{cr} = 1566 \text{ kNcm}$$

$$\beta_1 = 1,0 \text{ - rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0,5 \text{ - dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{14,36}{29,22}\right)^2 = 0,879$$

$$\frac{1}{r_1} = 0,00001919 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_2} = 0,000125 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_1} + \zeta \cdot \frac{1}{r_2} = (1 - 0,879) \cdot 0,00001919 + 0,879 \cdot 0,000125$$

$$\frac{1}{r_m} = 0,000112 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,0856128$$

$$L = 480 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_m} = 0,0856128 \cdot 480^2 \cdot 0,000112$$

$$v_{tot,t=0} = 2,209 \text{ cm} > v_{lim}$$

Uključimo i puzanje:

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi_{t,t=\infty}}, \text{ pri čemu je:}$$

$\phi_{t,t=\infty}$  - konačni koeficijent puzanja za beton opterećen u trenutku  $t_0$

Vrijednost konačnog koeficijenta puzanja ovisi o trenutku nanošenja opterećenja, vlažnosti sredine i srednjem polumjeru presjeka a određuje se pomoću tablice:

Starost betona u trenutku nanošenja opterećenja (dani)	Srednji polumjer presjeka $2 A_c/u$ (mm)					
	50	150	600	50	150	600
	Okolina elementa					
	Suho, unutrašnje prostorije Vlaga $\approx 50\%$			Vlažno, na otvorenom Vlaga $\approx 80\%$		
1	5.5	4.6	3.7	3.6	3.2	2.9
7	3.9	3.1	2.6	2.6	2.3	2.0
28	3.0	2.5	2.0	1.9	1.7	1.5
90	2.4	2.0	1.6	1.5	1.4	1.2
365	1.8	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0

**Tablica 7.3.** Konačne vrijednosti koeficijenta puzanja

Prema tablici 7.3. za starost betona u trenutku nanošenja opterećenja  $t_0 = 28$  dana, srednji polumjer presjeka

$$\frac{2A_c}{u} = 130 \text{ mm}, \text{ konačna vrijednosti koeficijenta puzanja dobivena je linearnom interpolacijom i iznosi: } \phi_{t,t=\infty} = 2,6.$$

Prema tome,

$$E_{c,eff} = \frac{33}{1+2,6} \approx 9,17 \text{ GPa} = 9170 \text{ MPa}.$$

$$\alpha_{e2} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{9170} = 21,81$$

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{e2} \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$I_1 = \frac{100 \cdot 18^3}{12} + 21,81 \cdot \left[ 7,85 \cdot \left( \frac{18}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right]$$

$$I_1 = 54763,51 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_1} = \frac{31,86 \cdot 100}{917 \cdot 54763,51} = 0,0000634$$



Progib potpuno raspucalog presjeka:

$$x = \frac{\alpha_{e2} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e2} \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$x = \frac{21,81 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{21,81 \cdot 7,85}} \right)$$

$$x = 5,66 \text{ cm}$$

$$I_2 = \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2]$$

$$I_2 = \frac{100 \cdot 5,66^3}{12} + 100 \cdot 5,66 \cdot \left(\frac{5,66}{2}\right)^2 + 21,81 \cdot [7,85 \cdot (15 - 5,66)^2 + 0]$$

$$I_2 = 20979,53 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_2} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_2} = \frac{31,86 \cdot 100}{917 \cdot 20979,53} = 0,000166 \frac{1}{\text{cm}}$$

Ukupni progib:

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{31,86 \cdot 100}{\left(15 - \frac{5,66}{3}\right) \cdot 7,85} = 30,95 \text{ kN/cm}^2 = 310 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1566}{\left(15 - \frac{5,66}{3}\right) \cdot 7,85} = 15,21 \text{ kN/cm}^2 = 152 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 18^2}{6}$$

$$M_{cr} = 1566 \text{ kNcm}$$

$\beta_1 = 1,0$  - rebrasta armatura

$\beta_2 = 0,5$  - dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{15,21}{30,95}\right)^2 = 0,879$$

$$\frac{1}{r_1} = 0,0000634 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_2} = 0,000166 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_1} + \zeta \cdot \frac{1}{r_2} = (1 - 0,879) \cdot 0,0000634 + 0,879 \cdot 0,000166$$

$$\frac{1}{r_m} = 0,0001536 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,0856128$$

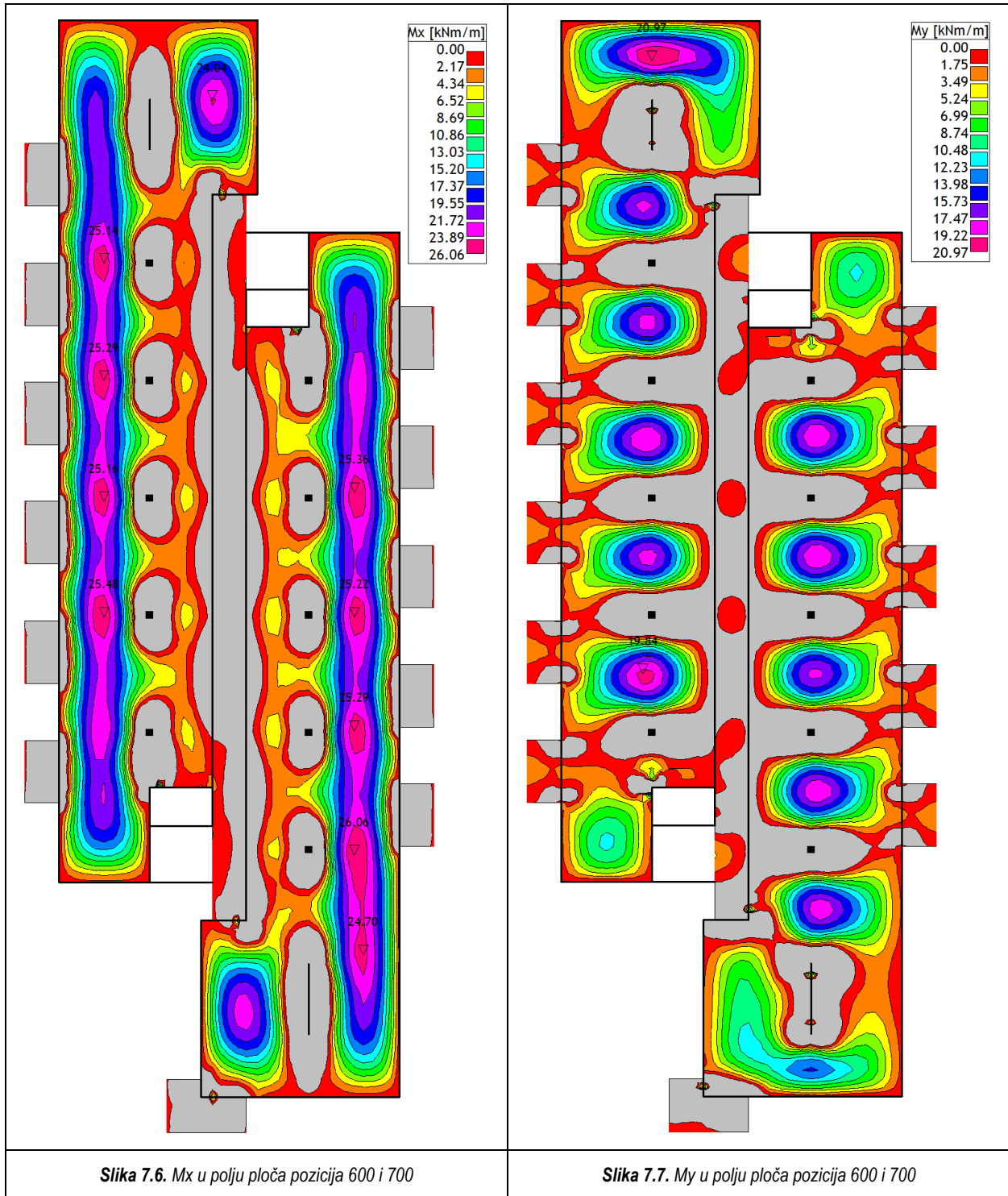
$$L = 480 \text{ cm}$$

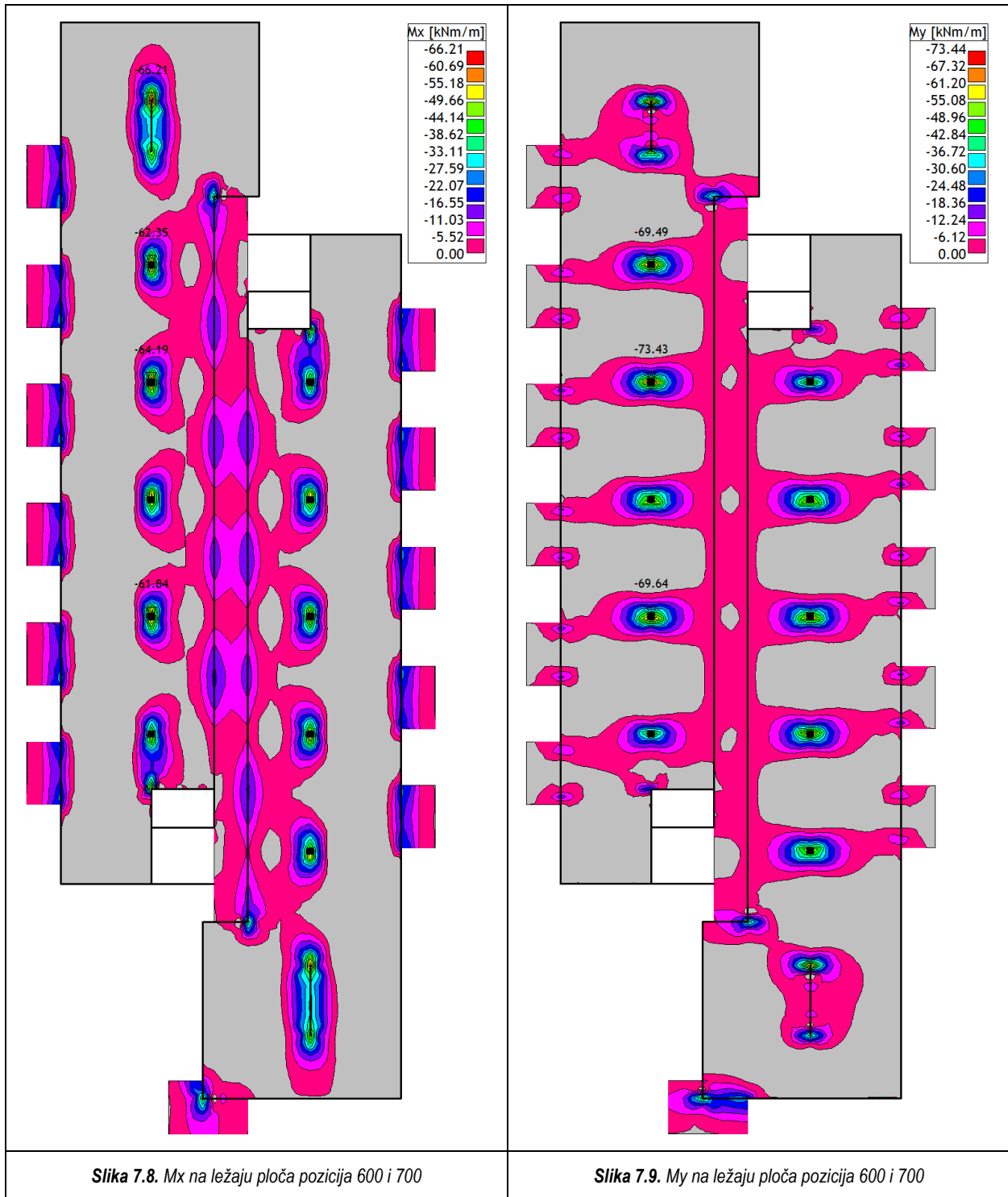
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_m} = 0,0856128 \cdot 480^2 \cdot 0,0001536$$

$$v_{tot,t=\infty} = 3,03 \text{ cm} > v_{lim} = 1,92 \text{ cm} - \text{izvesti nadvišenje u oplati u iznosu 1,5 cm.}$$

7.1.2 PLOČE POZICIJA 600 I 700

Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$





## 7.1.2.1 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 26,06 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,06 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,058$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{26,06 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,19 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.2.2 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 22,07 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22,07 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,049$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22,07 \cdot 100}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,54 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385** ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.2.3 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 55,08 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{55,08 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,122$$

Očitano:

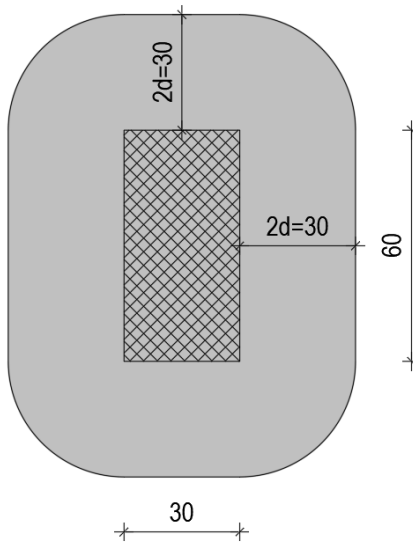
$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,7\text{‰}; \xi = 0,213; \zeta = 0,916$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{55,08 \cdot 100}{0,916 \cdot 15 \cdot 43,48} = 9,22 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385 + Ø10/10** ( $A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.2.4 Dimenzioniranje ploče pozicije 700 na proboj



Slika 7.10. Prikaz probojnog stošca ploče pozicije 700

Materijal:

- Beton C30/37:  $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}$$

- Čelik B500B:  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti na proboj:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{\beta}{d \cdot u_1}$$

$$V_{Ed} = N_{Ed} = 344,20 \text{ kN} - \text{uzdužna sila u stupu}$$

$\beta = 1,15$  - korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek (za unutrašnji stup preporuča se vrijednost 1,15)

$d = 15 \text{ cm}$  - statička visina ploče

$$u_1 = 2b + 2h + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 2 \cdot 15\pi \approx 369 \text{ cm} - \text{duljina kritičnog opsega}$$

$$v_{Ed} = 344,20 \cdot \frac{1,15}{15 \cdot 369} = 0,0715 \text{ kN/cm}^2 = 0,715 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,715 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} - \text{ploča je nosiva na proboj}$$

Ispitivanje nosivosti ugrađene armature na proboj

Armatura za proboj neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Ed} = 0,715 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{150}} = 2,155 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

- armatura na mjestu proboja

$$\text{Donja zona: } Q503 \rightarrow A_s = 5,03 \text{ cm}^2$$

$$\text{Gornja zona: } Q385 + \emptyset 10/10 \rightarrow A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 18 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,03 + 11,70}{1800} = 0,0093 < 0,02$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0093 \cdot 30,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0$$

$$v_{Rd,c} = 0,73 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c,min} = v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 30,0^{\frac{1}{2}} = 0,54 \text{ MPa} < v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,c} = 0,73 \text{ MPa} > v_{Ed} = 0,715 \text{ MPa} - \text{nije potrebna dodatna armatura za proboj}$$

**Budući su razlike uzdužnih sila u stupovima na ostalim pozicijama približno jednake uzdužnoj sili u stupu pozicije 700 zaključujemo da armatura za proboj u pločama ostalih pozicija nije potrebna.**

## 7.1.2.5 Proračun pukotina

Minimalna armatura

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

- $k_c = 0,4$  - za čisto savijanje
- $k = 1,0$  za  $h \leq 300 \text{ mm}$
- $f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa} = 0,29 \text{ kN/cm}^2$  za beton klase C30/37
- $A_{ct} = 2,5 \cdot b_{eff} \cdot d_1 = 2,5 \cdot 100 \cdot 3 = 750 \text{ cm}^2$
- $\sigma_s = f_{yk} = 50,00 \text{ kN/cm}^2$

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 0,29 \cdot \frac{750}{50,00} = 1,74 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura krovne ploče (Q503) zadovoljava potrebe minimalne armature.

Dokazni postupak bez kontrole širine pukotina

Za elemente armirane minimalnom armaturom granično stanje širina pukotina bit će zadovoljeno ako promjeri šipki i razmaci među njima odgovaraju onima danim u tablici:

Naprezanje u armaturi (MPa)	Maksimalni promjer šipke $\varnothing$ (mm)		Maksimalni razmak šipki (mm)	
	$w_k=0.3 \text{ mm}$	$w_k=0.2 \text{ mm}$	Savijanje	Vlak
160	32	25	300	200
200	25	16	250	150
240	16	12	200	100
280	12	8	150	50
320	10	6	100	-
360	8	5	50	-

**Tablica 7.4.** Maksimalni promjeri šipki i njihovi maksimalni razmaci

Granična vrijednost širina pukotina iznosi  $w_g = 0,3 \text{ mm}$ .

$\sigma_{s,max} = f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$  - maksimalno dopušteno naprezanje u čeliku odgovara onom pri određivanju minimalne armature

Naprezanje u armaturi:

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

$$M_{Ed} = 17,79 \text{ kNm} = 1779 \text{ kNcm}$$

$A_s = 5,03 \text{ cm}^2$  - armatura na mjestu očekivanja pukotina

$d = 15 \text{ cm}$

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

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200 \text{ GPa}}{33 \text{ GPa}} = 6,06$$



$$x = \frac{6,06 \cdot 5,03}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6,06 \cdot 5,03}} \right)$$

$$x = 2,73 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{1779}{5,03 \cdot \left( 15 - \frac{2,73}{3} \right)} = 25 \text{ kN/cm}^2 = 250 \text{ MPa} < 500 \text{ MPa}$$

Prema tablici 7.4. odabrana armatura krovne ploče (Q503 (Ø 8/10)) zadovoljava uvjete maksimalnog razmaka i maksimalnog promjera šipki, stoga nije potreban klasični proračun širine pukotina.

### 7.1.2.6 Proračun progiba

#### Ispitivanje potrebe za proračunom progiba

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ ako je } \rho \leq \rho_0 \quad (1)$$

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left( \frac{\rho'}{\rho} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{ ako je } \rho > \rho_0 \quad (2)$$

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{30} = 0,00548 = 0,548\%$$

$$\rho = \frac{5,03}{100 \cdot 15} = 0,00335 = 0,335\% < \rho_0 - \text{upotrebljavamo izraz (1)}$$

$$\frac{l}{d} = 1,3 \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{30} \cdot \frac{0,00548}{0,00335} + 3,2 \cdot \sqrt{30} \cdot \left( \frac{0,00548}{0,00335} - 1 \right)^{\frac{3}{2}} \right] = 43,32$$

Naprežanje u armaturi različito je od vrijednosti 310 MPa, stoga je potrebno dobivenu vrijednost graničnog omjera raspon/visina pomnožiti s vrijednosti:

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{f_{yk}} \cdot \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}}, \text{ pri čemu je:}$$

$A_{s,prov}$  - odabrana površina vlačne armature u presjeku

$A_{s,req}$  - proračunata površina vlačne armature u presjeku

$$\frac{310}{\sigma_s} = \frac{500}{500} \cdot \frac{5,03}{4,19} = 1,200$$

$$\frac{l}{d} \cdot \frac{310}{\sigma_s} = 43,32 \cdot 1,200 = 51,98$$

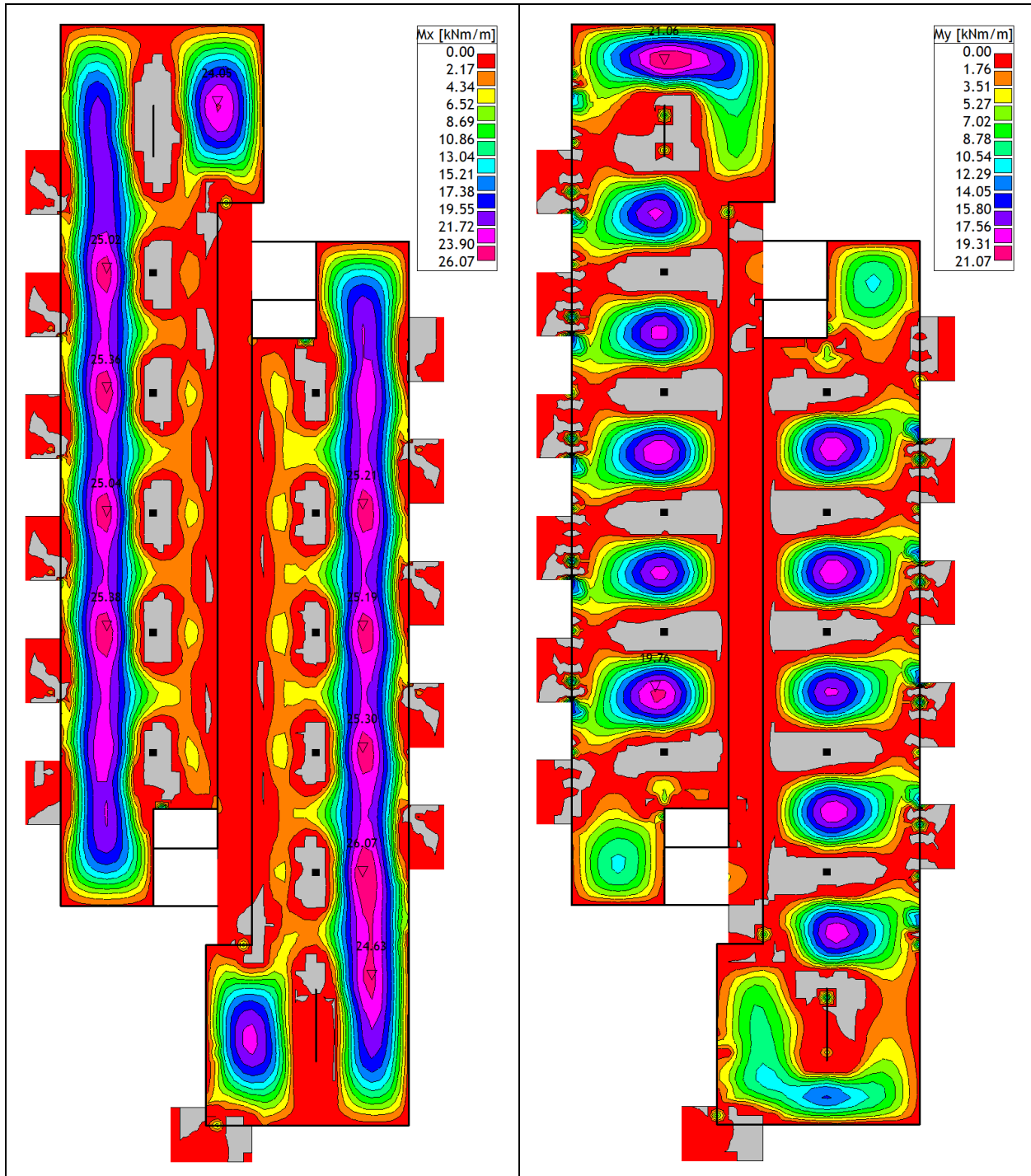
Vitkost očitana iz modela krovne ploče iznosi:

$$\frac{L_{eff}}{d} = \frac{480}{15} = 32, \text{ iz čega zaključujemo da proračun progiba nije potreban.}$$

**Proračun progiba ni za ploče ostalih pozicija nije potreban zbog približno iste proračunate površine armature u presjeku.**

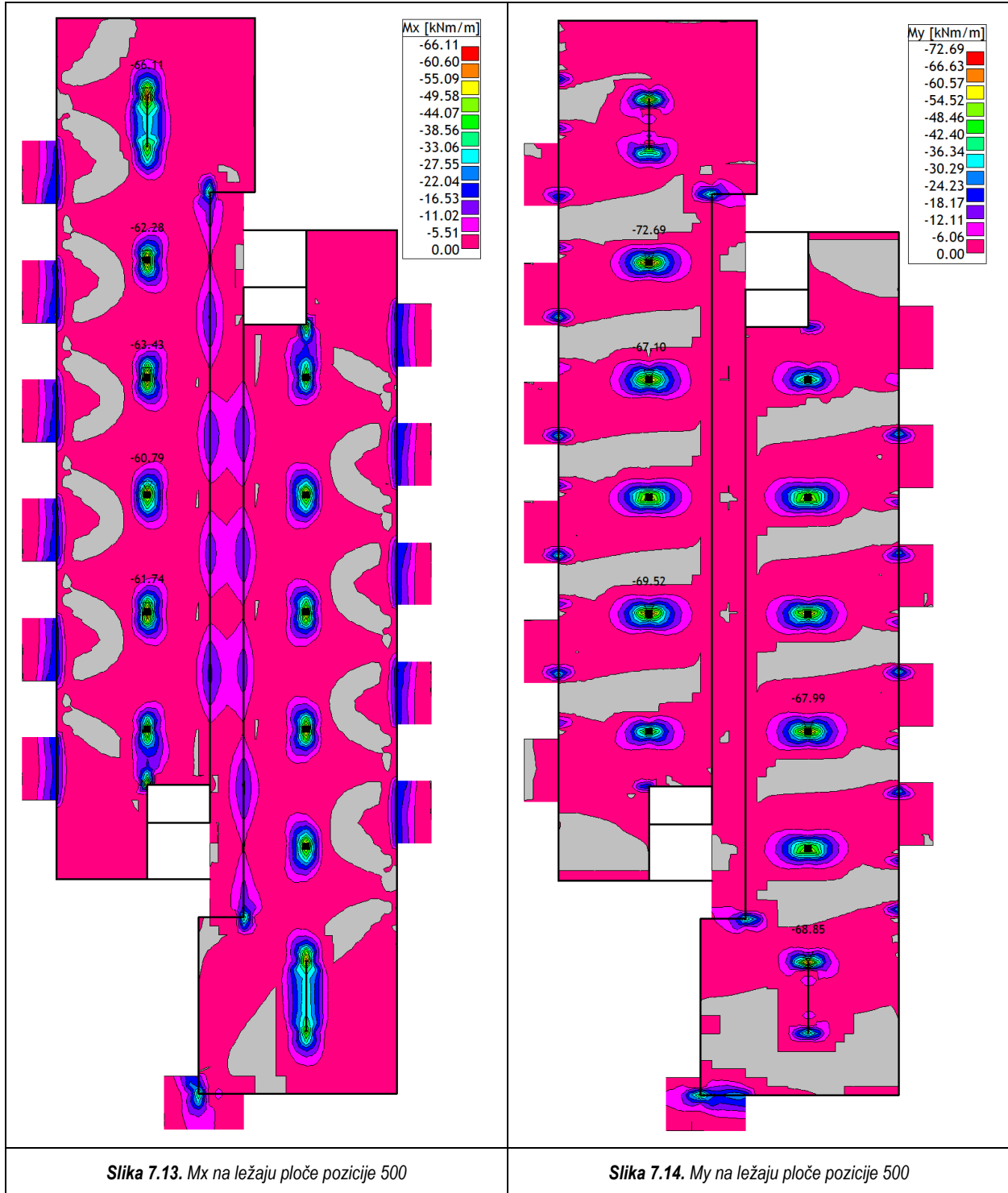
7.1.3 PLOČA POZICIJE 500

Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$



Slika 7.11. Mx u polju ploče pozicije 500

Slika 7.12. My u polju ploče pozicije 500



## 7.1.3.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 26,07 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,07 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,058$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{26,07 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,19 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.3.2 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 22,04 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22,04 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,049$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22,04 \cdot 100}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,53 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385** ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.3.3 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 54,52 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{54,52 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,121$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,7\text{‰}; \xi = 0,213; \zeta = 0,916$$

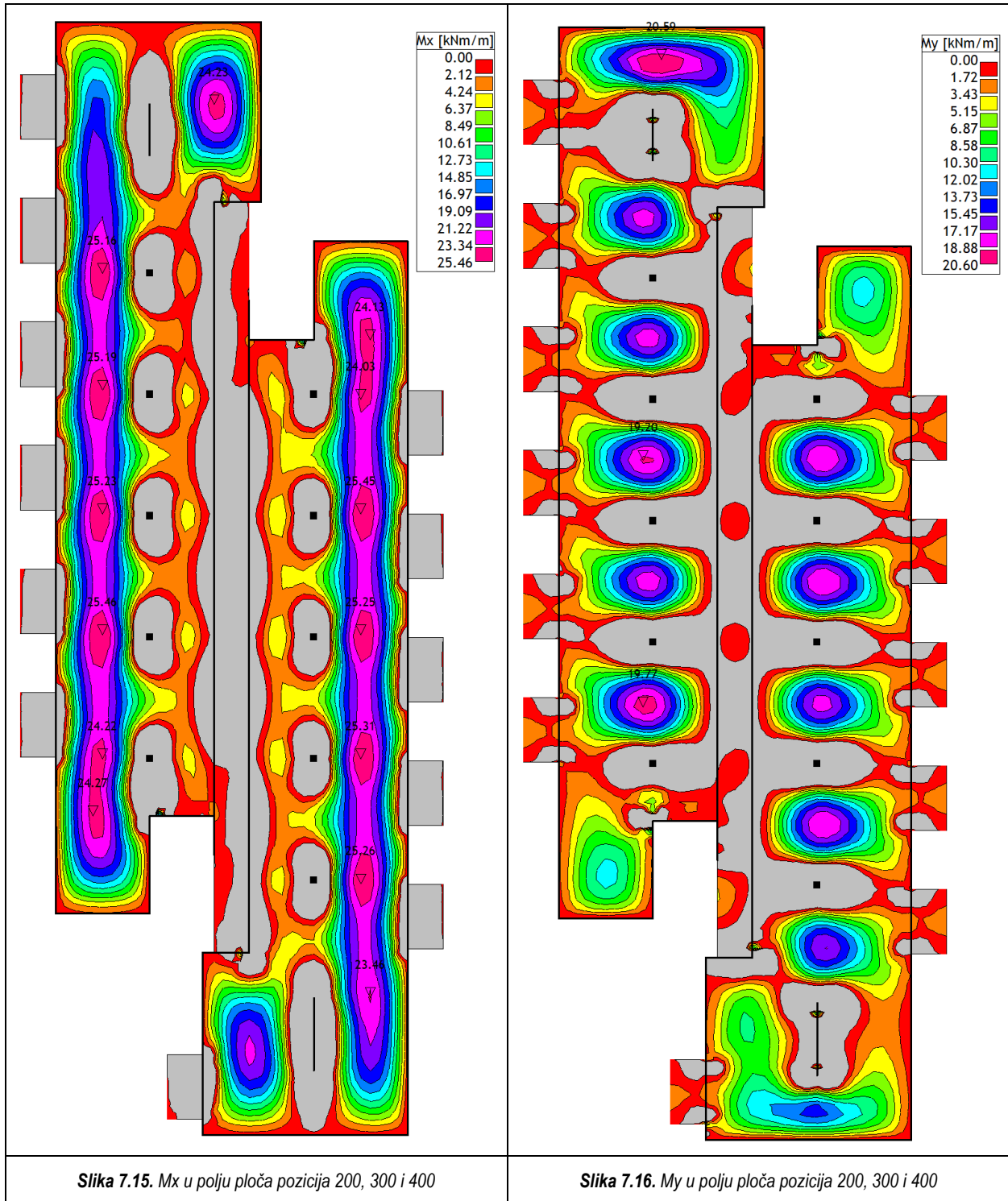
Potrebna površina armature:

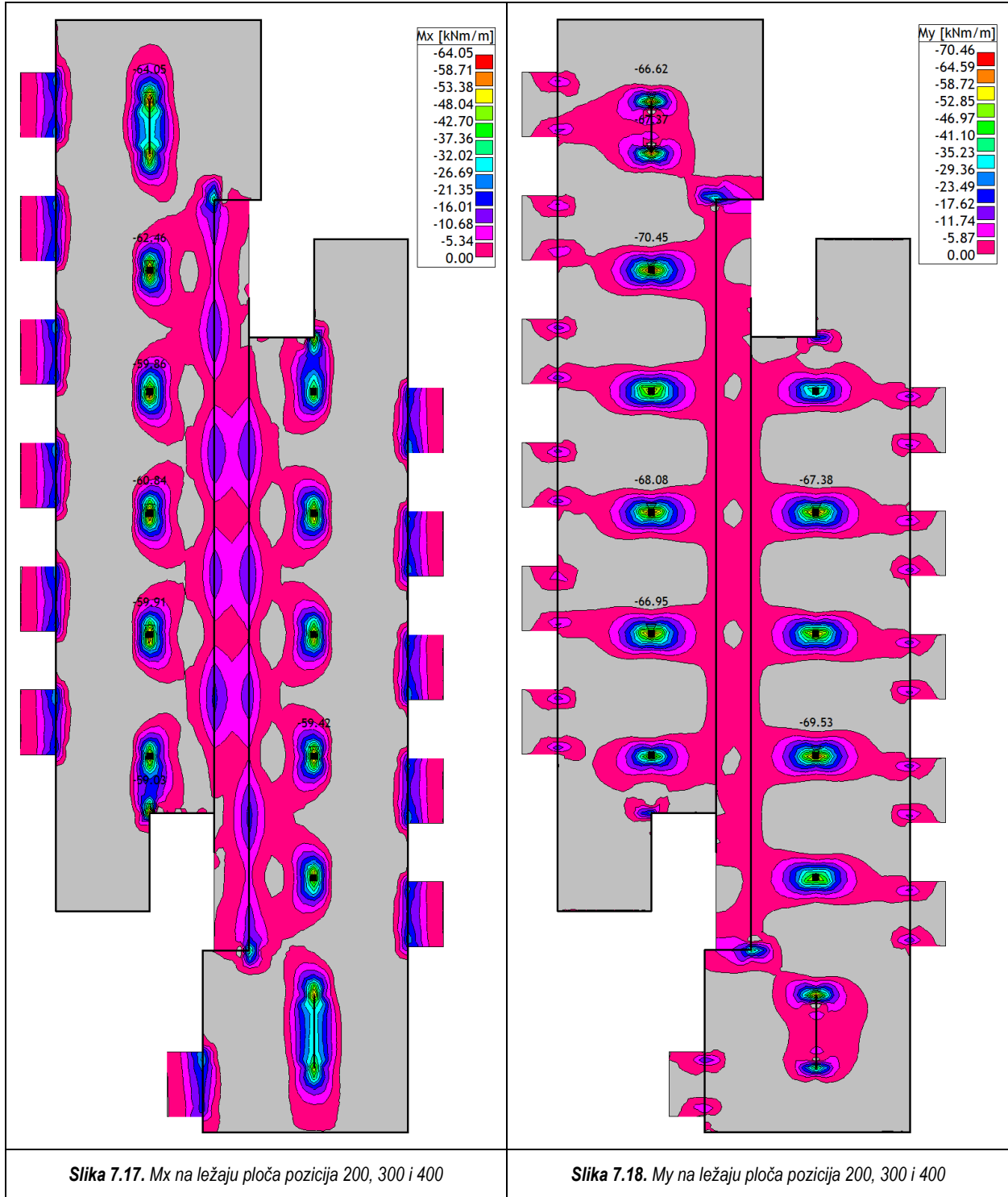
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{54,52 \cdot 100}{0,916 \cdot 15 \cdot 43,48} = 9,13 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385 + Ø10/10** ( $A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$ )

7.1.4 PLOČE POZICIJA 200, 300 I 400

Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$





## 7.1.4.1 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 25,46 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,46 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,057$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,46 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,10 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.4.2 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 21,35 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{21,35 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,047$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{21,35 \cdot 100}{0,959 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,41 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385** ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.4.3 Dimenzioniranje ploča na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 52,85 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{52,85 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,117$$

Očitano:

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

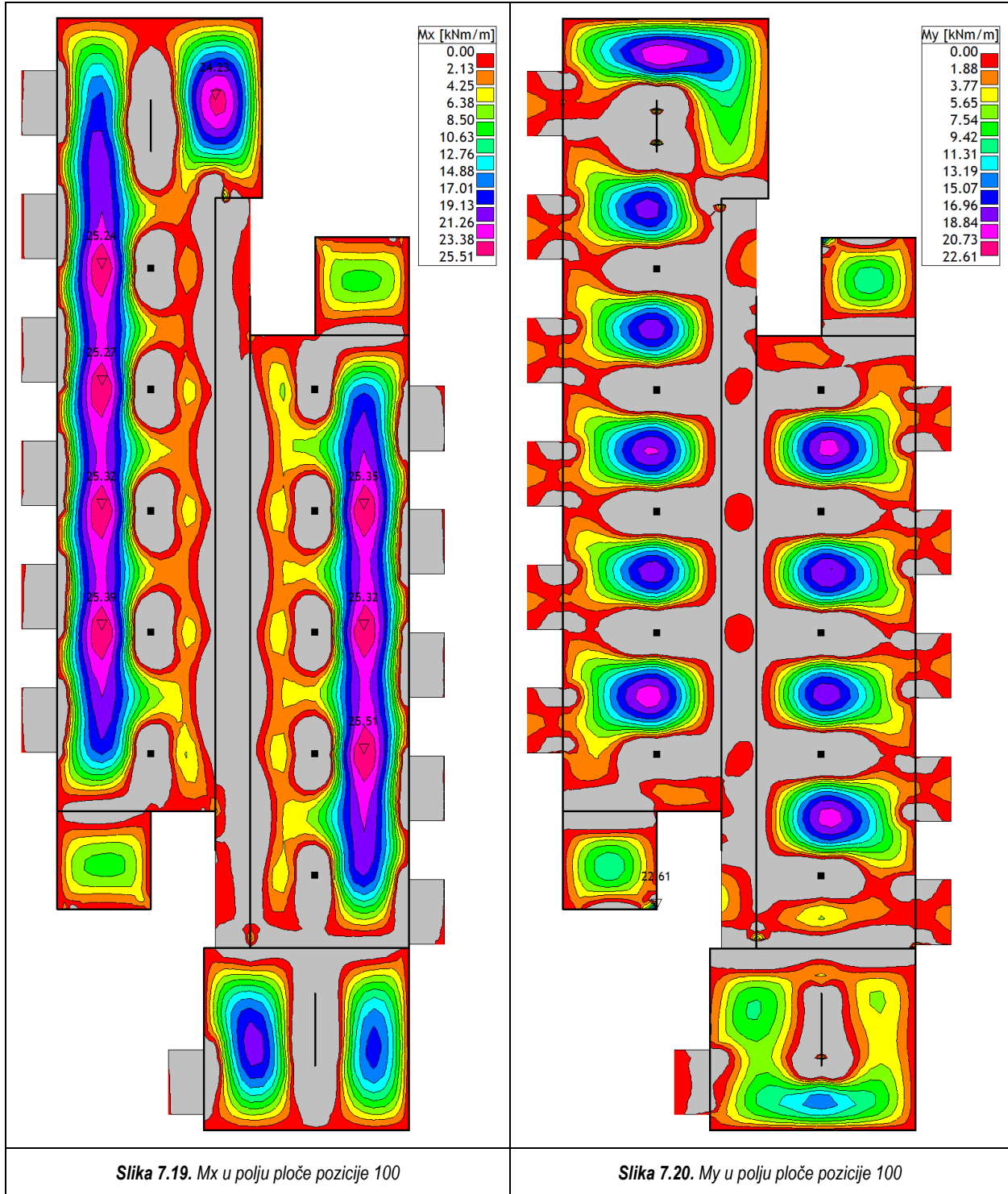
Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{52,85 \cdot 100}{0,919 \cdot 15 \cdot 43,48} = 8,82 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385 + Ø10/10** ( $A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$ )

7.1.5 PLOČA POZICIJE 100

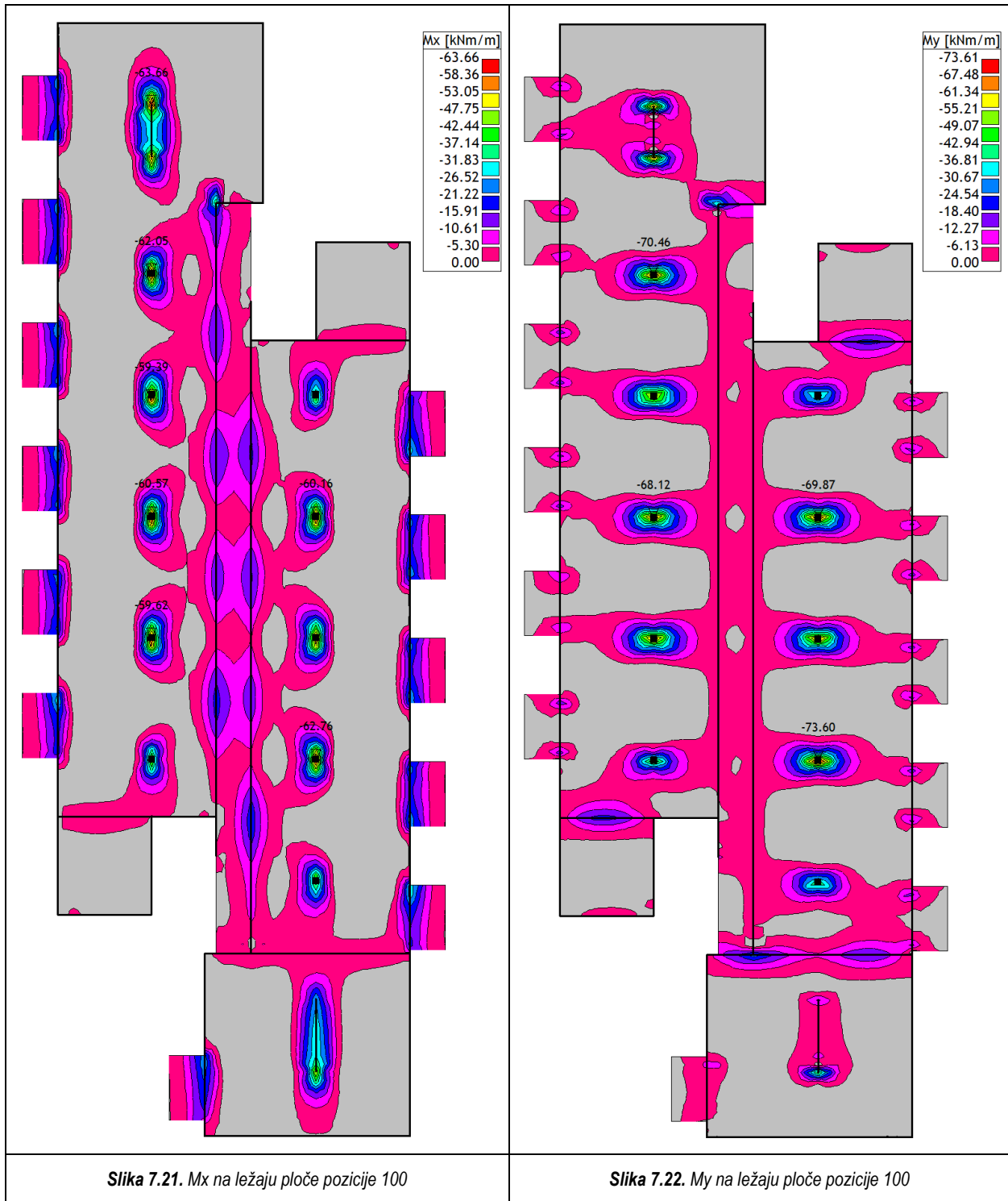
Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$



Slika 7.19.  $M_x$  u polju ploče pozicije 100

Slika 7.20.  $M_y$  u polju ploče pozicije 100





## 7.1.5.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 25,51 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,51 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,057$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,51 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,10 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.5.2 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 24,54 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{24,54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,054$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,54 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,82 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385** ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.5.3 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 55,21 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{55,21 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,123$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,7\text{‰}; \xi = 0,213; \zeta = 0,916$$

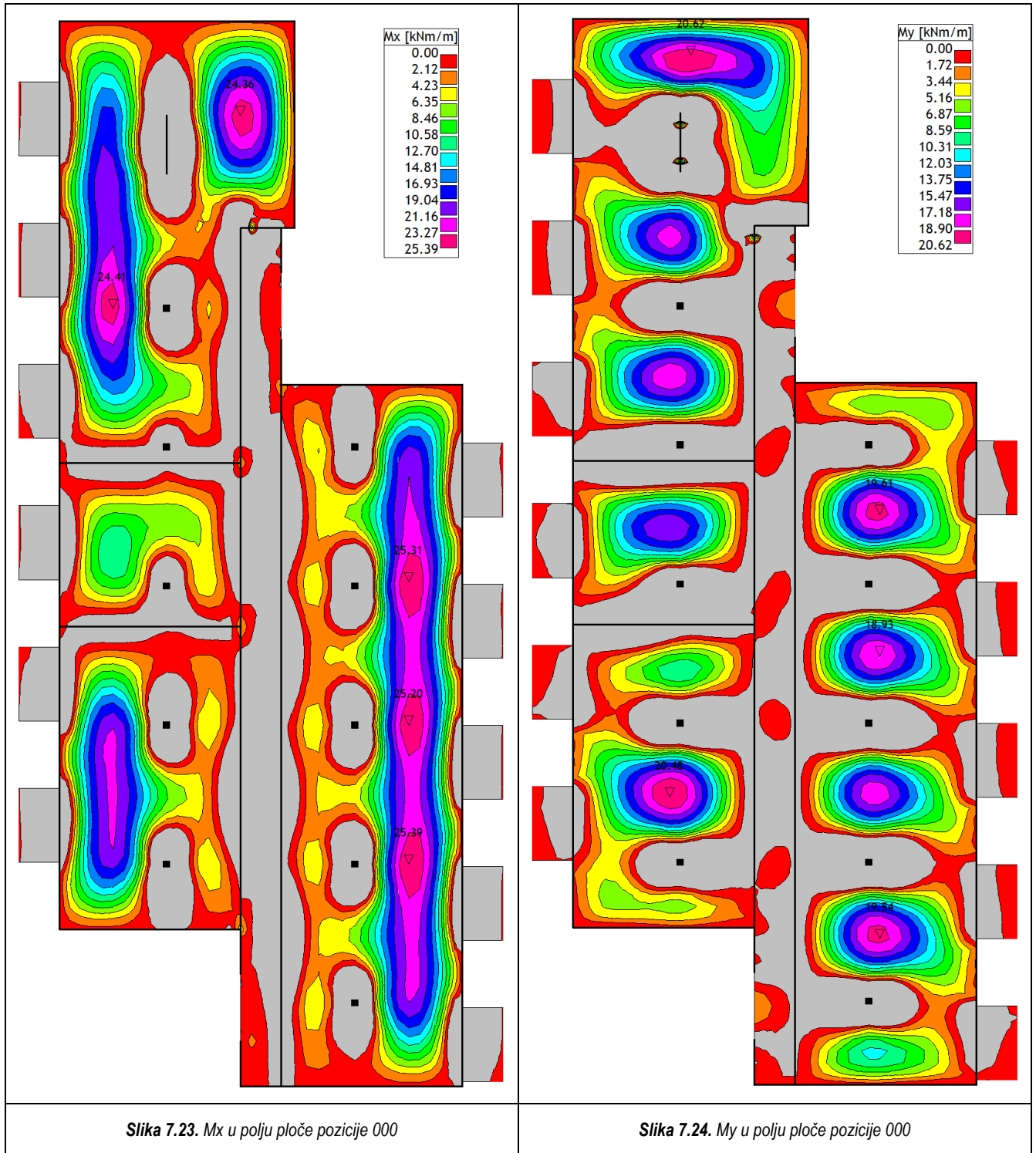
Potrebna površina armature:

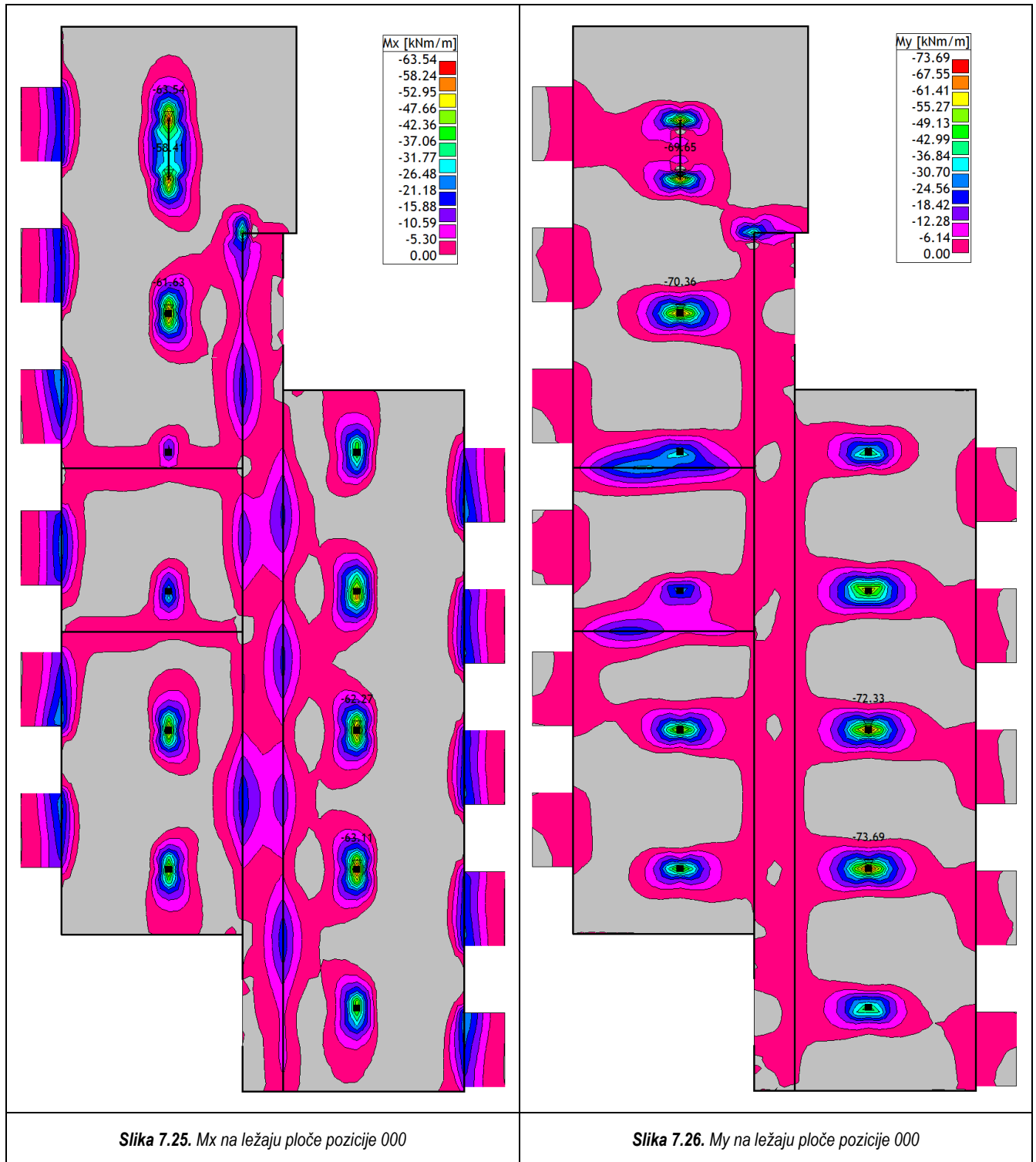
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{55,21 \cdot 100}{0,916 \cdot 15 \cdot 43,48} = 9,24 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385 + Ø10/10** ( $A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$ )

7.1.6 PLOČA POZICIJE 000

Mjerodavna kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$





## 7.1.6.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 25,39 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,39 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,056$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,39 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,08 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.6.2 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (linijski ležaj)

$$M_{Ed} = 24,56 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{24,56 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,054$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,56 \cdot 100}{0,953 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,83 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 385** ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

## 7.1.6.3 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja na ležaju (točkasti ležaj)

$$M_{Ed} = 55,27 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{55,27 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,123$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,7\text{‰}; \xi = 0,213; \zeta = 0,916$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{55,27 \cdot 100}{0,916 \cdot 15 \cdot 43,48} = 9,25 \text{ cm}^2$$

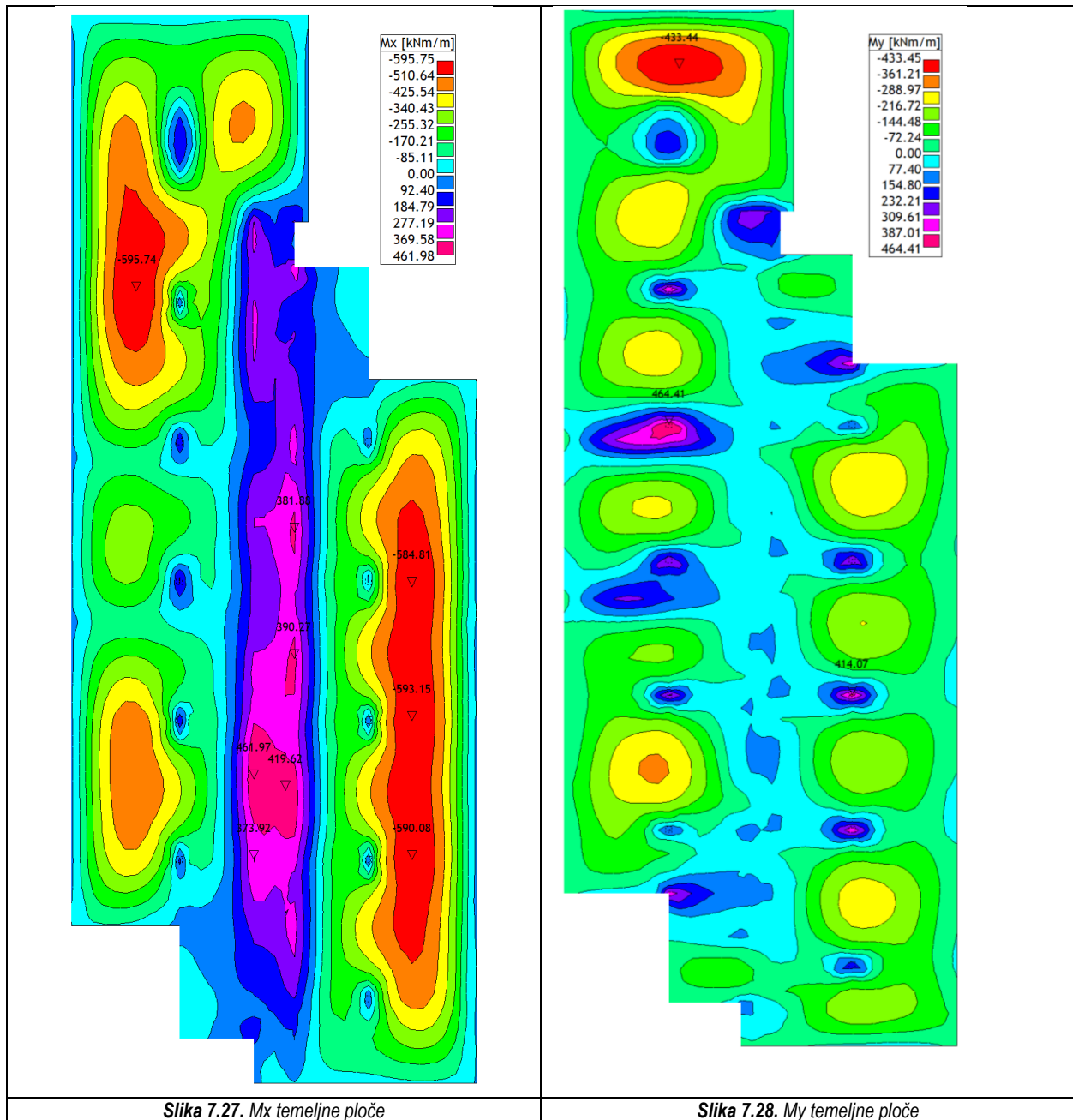
Odabrano: **Q 385 + Ø10/10** ( $A_s = 3,85 + 7,85 = 11,70 \text{ cm}^2$ )

7.1.7 TEMELJNA PLOČA

Temeljenje predmetne građevine vrši se temeljnom pločom kao vrstom plitkog temelja. Debljine je 80 cm a izrađena je iz betona klase C30/37 i armirana s B500B. S obzirom na nedostatak geotehničkog izvještaja za samu građevinu, temeljna ploča je proučavana oslonjena na podlogu s koeficijentima reakcije podloge od  $10000 \text{ kN/m}^3$  te  $150000 \text{ kN/m}^3$ .

Proračun je proveden za uobičajenu kombinaciju opterećenja, a s obzirom na ujednačenost reakcija ispod zidova i u polju temeljne ploče armirana je istom proračunskom armaturom.

Koeficijent reakcije podloge  $k = 10000 \text{ kN/m}^3$



Proračun armature temeljne ploče

$$M_{Ed} = 595,75 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{595,75 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 2} = 0,053$$

Očitano:

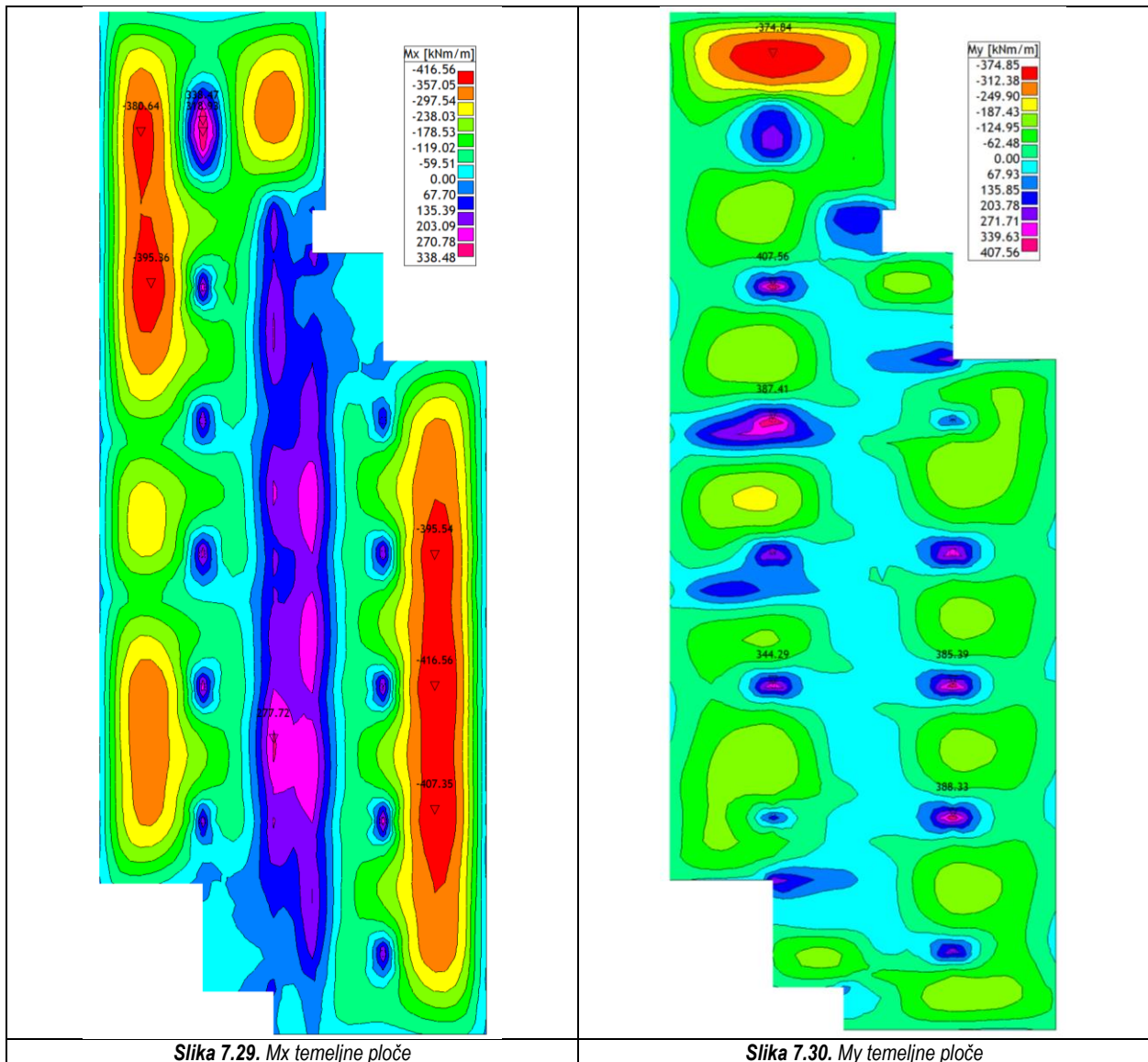
$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,4\text{‰}; \xi = 0,123; \zeta = 0,956$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{595,75 \cdot 100}{0,956 \cdot 75 \cdot 43,48} = 19,20 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $\emptyset 16/10$  ( $A_s = 20,11 \text{ cm}^2$ )

Koeficijent reakcije podloge  $k = 150000 \text{ kN/m}^3$



Proračun armature temeljne ploče

$$M_{Ed} = 416,56 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{416,56 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 2} = 0,037$$

Očitano:

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

Potrebna površina armature:

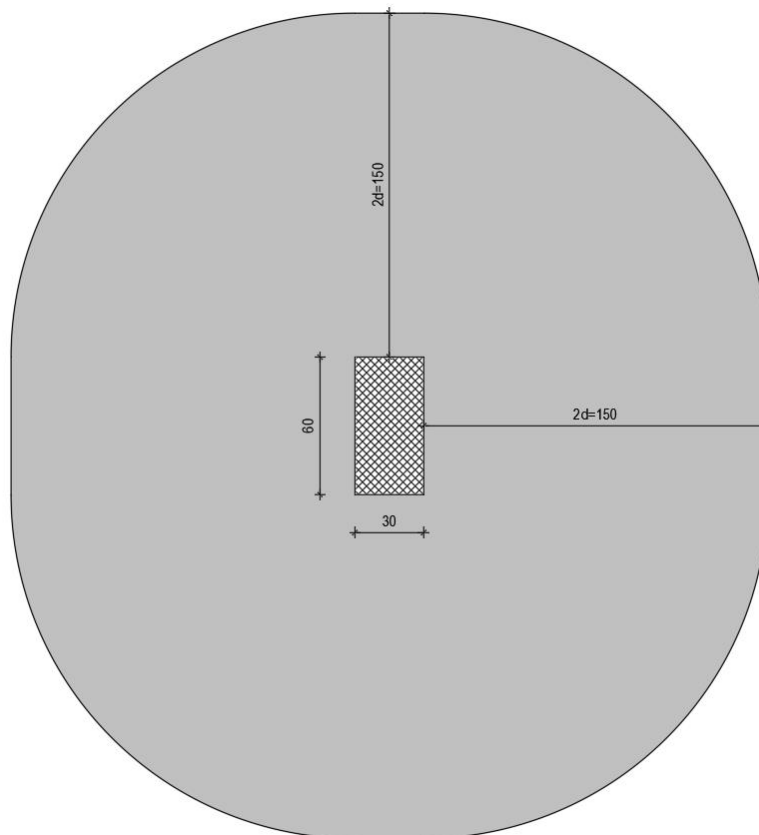
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{416,56 \cdot 100}{0,965 \cdot 75 \cdot 43,48} = 13,24 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $\emptyset 14/10$  ( $A_s = 15,39 \text{ cm}^2$ )

Preporuka za armiranje:

Temeljnu ploču armirati obostrano s  $\emptyset 14/10$ ; po rubu postaviti  $2\emptyset 14$  te vilice  $\emptyset 10/15$ .

### 7.1.7.1 Dimenzioniranje temeljne ploče na proboj



**Slika 7.31.** Prikaz probojnog stošca temeljne ploče



Materijal:

- Beton C30/37:  $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ MPa}$
- Čelik B500B:  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$   
 $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$

Uvjet nosivosti na proboj:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{\beta}{d \cdot u_1}$$

$$V_{Ed} = N_{Ed} = 2071,51 \text{ kN} - \text{uzdužna sila u stupu}$$

$\beta = 1,15$  - korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek (za unutrašnji stup preporuča se vrijednost 1,15)

$d = 75 \text{ cm}$  - statička visina ploče

$$u_1 = 2b + 2h + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 2 \cdot 75\pi \approx 1123 \text{ cm} - \text{duljina kritičnog opsega}$$

$$v_{Ed} = 2071,51 \cdot \frac{1,15}{75 \cdot 1123} = 0,028 \text{ kN/cm}^2 = 0,28 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,28 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} - \text{ploča je nosiva na proboj}$$

Ispitivanje nosivosti ugrađene armature na proboj

Armatura za proboj neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Ed} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1,52 < 2,0 \rightarrow k = 1,52$$

- armatura na mjestu proboja

$$\text{Donja zona: } \emptyset 14/10 \rightarrow A_s = 15,39 \text{ cm}^2$$

$$\text{Gornja zona: } \emptyset 14/10 \rightarrow A_s = 15,39 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 100 \cdot 80 = 8000 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{15,39 + 15,39}{8000} = 0,004 < 0,02$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,52 \cdot (100 \cdot 0,004 \cdot 30,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0$$

$$v_{Rd,c} = 0,42 \text{ MPa}$$

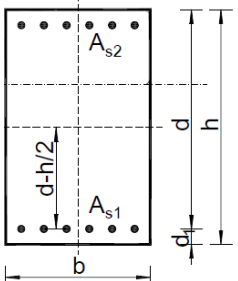
$$v_{Rd,c,min} = v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,52^{\frac{3}{2}} \cdot 30,0^{\frac{1}{2}} = 0,36 \text{ MPa} < v_{Rd,c}$$

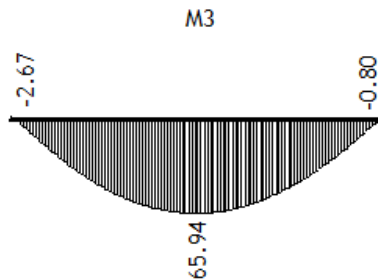
$$v_{Rd,c} = 0,42 \text{ MPa} > v_{Ed} = 0,28 \text{ MPa} - \text{nije potrebna dodatna armatura za proboj}$$

## 7.2 DIMENZIONIRANJE AB GREDA (GSN)

### 7.2.1 GREDA POZ G2

<p><b>Poprečni presjek grede:</b></p> 	<p><b>Geometrijske karakteristike:</b></p> <p><math>b = 25 \text{ cm}</math>  <math>h = 100 \text{ cm}</math>  <math>d = 95 \text{ cm}</math>  <math>d_1 = d_2 = 5 \text{ cm}</math></p>	<p><b>Beton:</b>  C30/37  <math>f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{cd} = 30,0/1,5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p> <p><b>Armatura:</b>  B500B  <math>f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{yd} = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ MPa}</math></p>
---	--	---

#### 7.2.1.1 Dimenzioniranje grede na moment savijanja



Slika 7.32. Momentni dijagram grede poz G2

$$M_{Ed} = 65,94 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{65,94 \cdot 100}{25 \cdot 95^2 \cdot 2} = 0,015$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0,7\text{‰}; \xi = 0,065; \zeta = 0,977$$

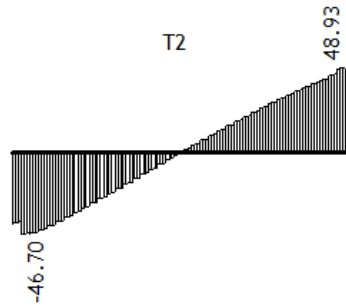
$$\text{Potrebna površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{65,94 \cdot 100}{0,977 \cdot 95 \cdot 434,8} = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina uzdužne armature: } A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 25 \cdot 95 = 3,09 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **3Ø14** ( $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ ) - donja zona

**2Ø12** ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ ) - gornja zona

## 7.2.1.2 Dimenzioniranje grede na poprečnu silu



Slika 7.33. Dijagram poprečnih sila grede poz G2

$$V_{Ed} = 48,93 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{950}} = 1,46 < 2 \rightarrow k = 1,46$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{4,62 + 2,26}{2500} = 0,00275$$

$$A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,46 \cdot (100 \cdot 0,00275 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 250 \cdot 950$$

$$V_{Rd,c} = 84,08 \text{ kN} > V_{Ed} = 48,93 \text{ kN}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,46^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,338$$

$$V_{Rd,c} > [0,338 + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 250 \cdot 950 = 80,08 \text{ kN} - \text{zadovoljeno}$$

Nije potrebna računaska poprečna armatura, ali u skladu s uvjetom da presjek treba armirati barem minimalnom poprečnom armaturom usvajamo armaturu:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$\rho_{w,min} = 0,0010$$

$$s_{max} = \min\{0,75d; 30 \text{ cm}\} = \min\{0,75 \cdot 95; 30 \text{ cm}\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

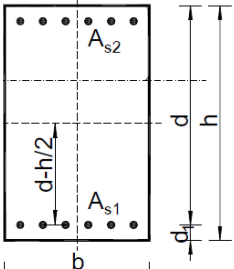
$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$m = 2$$

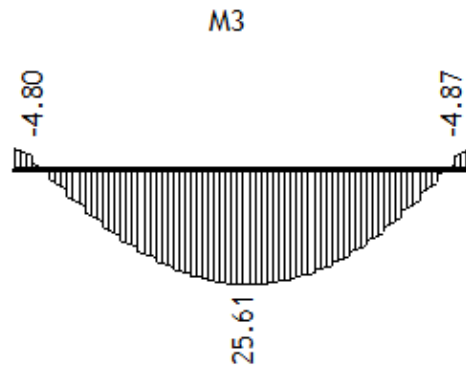
$$A_{sw,min} = \frac{0,0010 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,375 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone:  $\emptyset 8/30$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

### 7.2.2 GREDA POZ G3

<p><b>Poprečni presjek grede:</b></p> 	<p><b>Geometrijske karakteristike:</b></p> <p><math>b = 25 \text{ cm}</math>  <math>h = 55 \text{ cm}</math>  <math>d = 50 \text{ cm}</math>  <math>d_1 = d_2 = 5 \text{ cm}</math></p>	<p><b>Beton:</b>  C30/37  <math>f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{cd} = 30,0/1,5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p> <p><b>Armatura:</b>  B500B  <math>f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{yd} = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ MPa}</math></p>
---	---	---

#### 7.2.2.1 Dimenzioniranje grede na moment savijanja



Slika 7.34. Momentni dijagram grede poz G3

$$M_{Ed} = 25,61 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,61 \cdot 100}{25 \cdot 50^2 \cdot 2} = 0,020$$

Za  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,8\text{‰}$ ;  $\xi = 0,074$ ;  $\zeta = 0,974$

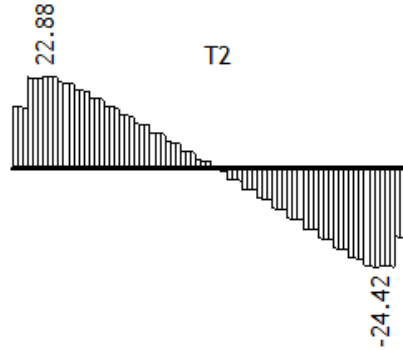
$$\text{Potrebna površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,61 \cdot 100}{0,974 \cdot 50 \cdot 434,8} = 1,21 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina uzdužne armature: } A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 25 \cdot 50 = 1,63 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $2\emptyset 12$  ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

Odabrana armatura odnosi se i na gornju zonu.

## 7.2.2.2 Dimenzioniranje grede na poprečnu silu



Slika 7.35. Dijagram poprečnih sila grede poz G3

$$V_{Ed} = 24,42 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1,63 < 2 \rightarrow k = 1,63$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{2 \cdot 2,26}{1375} = 0,00329$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 25 \cdot 55 = 1375 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,63 \cdot (100 \cdot 0,00329 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 250 \cdot 550$$

$$V_{Rd,c} = 57,69 \text{ kN} > V_{Ed} = 24,42 \text{ kN}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,399$$

$$V_{Rd,c} > [0,399 + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 250 \cdot 550 = 54,86 \text{ kN} - \text{zadovoljeno}$$

Nije potrebna računaska poprečna armatura, ali u skladu s uvjetom da presjek treba armirati barem minimalnom poprečnom armaturom usvajamo armaturu:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$\rho_{w,min} = 0,0010$$

$$s_{max} = \min\{0,75d; 30 \text{ cm}\} = \min\{0,75 \cdot 50; 30 \text{ cm}\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

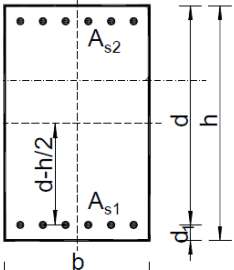
$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$m = 2$$

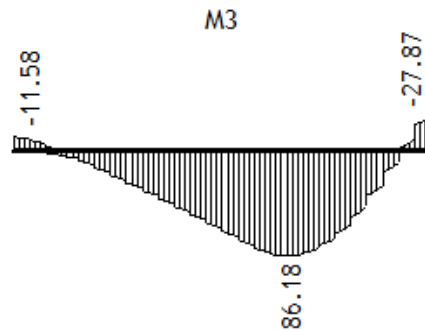
$$A_{sw,min} = \frac{0,0010 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,375 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone:  $\emptyset 8/30$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

### 7.2.3 GREDA POZ G4

<p><b>Poprečni presjek grede:</b></p> 	<p><b>Geometrijske karakteristike:</b></p> <p><math>b = 25 \text{ cm}</math>  <math>h = 55 \text{ cm}</math>  <math>d = 50 \text{ cm}</math>  <math>d_1 = d_2 = 5 \text{ cm}</math></p>	<p><b>Beton:</b>  C30/37  <math>f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{cd} = 30,0/1,5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p> <p><b>Armatura:</b>  B500B  <math>f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}</math>  <math>f_{yd} = 500,0/1,15 = 434,8 \text{ MPa}</math></p>
---	---	---

#### 7.2.3.1 Dimenzioniranje grede na moment savijanja



Slika 7.36. Momentni dijagram grede poz G4

$$M_{Ed} = 86,18 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{86,18 \cdot 100}{25 \cdot 50^2 \cdot 2} = 0,069$$

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

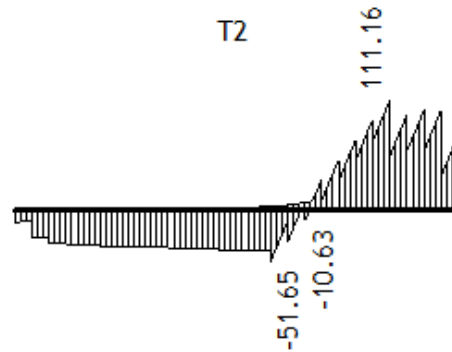
$$\text{Potrebna površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{86,18 \cdot 100}{0,947 \cdot 50 \cdot 434,8} = 4,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina uzdužne armature: } A_{s,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 25 \cdot 50 = 1,63 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $3\emptyset 14$  ( $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ ) - donja zona

$2\emptyset 12$  ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ ) - gornja zona

## 7.2.3.2 Dimenzioniranje grede na poprečnu silu



Slika 7.37. Dijagram poprečnih sila grede poz G4

$$V_{Ed} = 111,16 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1,63 < 2 \rightarrow k = 1,63$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{4,62 + 2,26}{1375} = 0,00500$$

$$A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 25 \cdot 55 = 1375 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,63 \cdot (100 \cdot 0,00500 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 250 \cdot 550$$

$$V_{Rd,c} = 66,33 \text{ kN} < V_{Ed} = 111,16 \text{ kN}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,399$$

$$V_{Rd,c} > [0,399 + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 250 \cdot 550 = 54,86 \text{ kN} - \text{zadovoljeno}$$

Potrebna je računaska poprečna armatura.

Nosivost tlačnih dijagonala:

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



$$\nu = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250}\right] = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 550 \cdot 20 = 726 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{111,16}{726,00} = 0,153 \rightarrow V_{Ed} = 0,153 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min\{0,75d; 30 \text{ cm}\} = \min\{0,75 \cdot 50; 30 \text{ cm}\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{w,min} = 0,0010$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,0010 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,375 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone:  $\emptyset 8/30$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

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

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

$$V_{Rds} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 50) \cdot 43,48 \cdot 2 = 65,22 \text{ kN} < V_{Ed} = 111,16 \text{ kN}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 50}{111,16} = 17,6 \text{ cm}$$

Postaviti spone:  $\emptyset 8/15$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

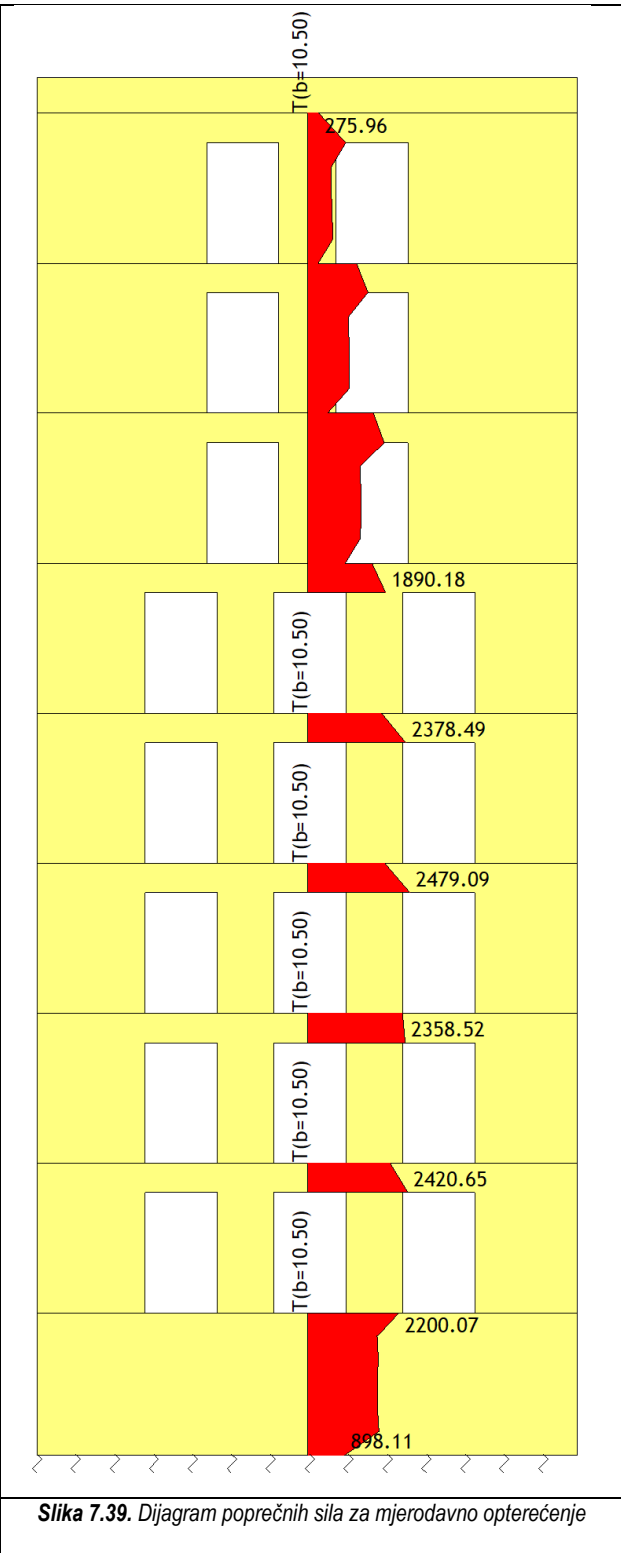
### 7.3 DIMENZIONIRANJE AB ZIDOVA

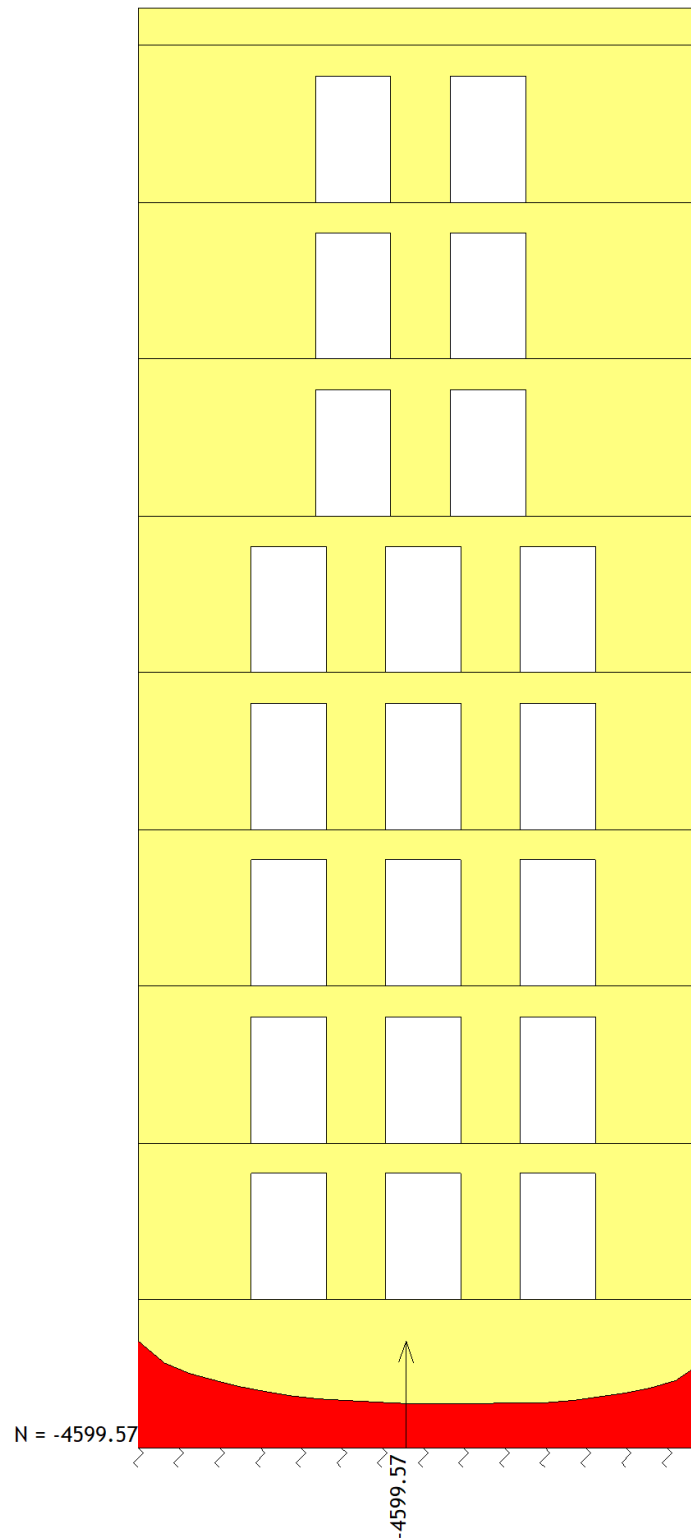
Zidovi predmetne građevine monolitni su AB elementi debljine  $d = 25 \text{ cm}$  osim zidova oko stubišta i lifta koji su debljine  $d = 30 \text{ cm}$ . Zidovi se izvode klasično pomoću dvostrane oplata u koju se ulijeva beton klase C30/37 te postavlja armatura B500B. Zaštitni slojevi zidova iznose min 2,5 cm. Klasa duktilnosti zida je DCM.

Rezne sile za dimenzioniranje zidova očitane su iz prostornog modela konstrukcije modeliranog pomoću računalnog programa „Radimpex Tower 6“ za kritične kombinacije djelovanja. Rezne sile M i V očitane su za opterećenje potresom za pojedini smjer ovisno o smjeru pružanja zida koji se dimenzionira. Rezna sila N očitana je za GSN kombinaciju koja uključuje vertikalna opterećenja od vlastite težine, dodatnog stalnog te 30% korisnog opterećenja.

Detaljan proračun s objašnjenjima napravljen je za jedan zid u smjeru X i jedan u smjeru Y, dok je proračun ostalih zidova izvršen pomoću računalnog programa „Microsoft Excel“.

7.3.1 PRORAČUN ZIDA Z1 (SMJER X)





**Slika 7.40.** Dijagram uzdužnih sila za mjerodavnu kombinaciju

Geometrijske karakteristike zida

$l_w = 1050 \text{ cm}$	duljina zida
$h_w = 2628 \text{ cm}$	visina zida
$b_w = 25 \text{ cm}$	širina zida
$h_s = 274 \text{ cm}$	svijetla visina kata
$n = 9$	katnost
$d_1 = 3,5 \text{ cm}$	udaljenost težišta vlačne armature od vlačnog ruba betona
$d = 1043 \text{ cm}$	statička visina
$c = 2,5 \text{ cm}$	zaštitni sloj betona

Karakteristike materijala

- Beton C30/37

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	karakteristična čvrstoća betona
$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$	računska čvrstoća betona
$f_{ct,m} = 2,9 \text{ MPa}$	srednja vlačna čvrstoća betona

- Čelik B500B

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	karakteristična vlačna čvrstoća armature
$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$	računska granica popuštanja armature
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	proračunska vrijednost modula elastičnosti čelika

Rezne sile

$M_{Ed} = 6788,53 \text{ kNm}$	moment savijanja za mjerodavno opterećenje
$V_{Ed} = 2479,09 \text{ kN}$	poprečna sila za mjerodavno opterećenje
$N_{Ed} = 4599,57 \text{ kN}$	uzdužna sila za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

Geometrijska ograničenja za klasu duktilnosti DCM- Uvjet za debljinu hrpta  $b_{w0}$ 

$$b_{w0} \geq \max\{15 \text{ cm}; h_s/20\} = \max\{15 \text{ cm}; 13,7 \text{ cm}\} = 15 \text{ cm}$$

$$b_{w0} = 25 \text{ cm} > 15 \text{ cm} - \text{zadovoljava}$$

- Visina kritičnog područja

$$h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{1050 \text{ cm}; 438 \text{ cm}\} = 1050 \text{ cm}$$

ali,

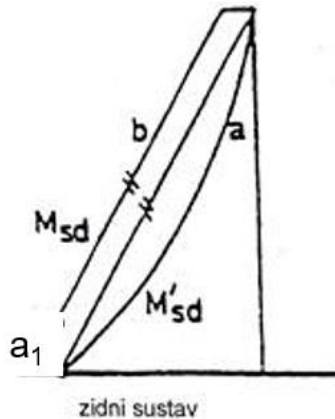
$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w = 2 \cdot 1050 \text{ cm} = 2100 \text{ cm} \\ 2h_s = 2 \cdot 274 \text{ cm} = 548 \text{ cm} \end{cases}$$

$$h_{cr} = 548 \text{ cm}$$

Provjera vitkosti zida

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{2628}{1050} = 2,5 > 2,0$  - zid je vitak, potrebno je povećanje reznih sila (momenta savijanja i poprečne sile) koristeći proračunsku ovojnicu momenta savijanja odnosno poprečne sile.

Povećanje momenata savijanja vrši se na slijedeći način:



**Slika 7.41.** Proračunska ovojnica momenata savijanja

pri čemu je,

*a* - momentni dijagram prema proračunu

*b* - proračunska ovojnica

*a*<sub>1</sub> - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$a_1 = d \cdot ctg\theta = 0,8 \cdot l_w \cdot ctg\theta$ , pri čemu je:

$\theta$  - kut nagiba tlačnih štapova prema dijagonali uzet pri provjeri poprečne sile u GSN

$1 \leq ctg\theta \leq 2,5$  - odabrano:  $ctg\theta = 1$

$a_1 = 0,8 \cdot 1050 \cdot 1 = 840 \text{ cm}$

Povećanje poprečnih sila vrši se pomoću izraza:

$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$ , pri čemu je:

$V_{Ed}$  - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  - faktor uvećanja ovisno o klasi duktilnosti; za klasu DCM  $\varepsilon = 1,5$

$V'_{Ed}$  - proračunska poprečna sila

$V_{Ed} = 1,5 \cdot 2479,09 = 3718,64 \text{ kN}$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b_w \cdot l_w \cdot f_{cd}} < 0,4$$

$$v_{Ed} = \frac{4599,57}{25 \cdot 1050 \cdot 2} = 0,088 < 0,4 \text{ - zadovoljava}$$

### 7.3.1.1 Dimenzioniranje zida na moment savijanja i uzdužnu silu

Dimenzioniranje zida vrši se pomoću dijagrama interakcije momenata savijanja i uzdužne sile.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot l_w^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6788,53 \cdot 100}{25 \cdot 1050^2 \cdot 2} = 0,012$$

$$\nu_{Ed} = 0,088$$

Za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjere  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) iz dijagrama inetrakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ ):

$$\alpha = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = 1,0 \text{ - simetrična armatura}$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = \frac{3,5}{1050} = 0,0033$$

$$\text{Očitano: } \omega = 0,05$$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b_w \cdot l_w \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 1050 \cdot \frac{2}{43,48} = 60,37 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **24Ø18** ( $A_s = 61,07 \text{ cm}^2$ )

$$A_{s,min} = \frac{0,5}{100} \cdot b_c \cdot l_{c,odabrano} = \frac{0,5}{100} \cdot 25 \cdot 205 = 25,63 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot b_c \cdot l_{c,odabrano} = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 205 = 205 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,odabrano} = 61,07 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,odabrano} < A_{s,max} \text{ - zadovoljava}$$

### 7.3.1.2 Dimenzioniranje zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna armatura za armiranje hrpta uzdužno:

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 25 \cdot 100 = 5,0 \text{ cm}^2/m'$$

Odabrano: **Ø8/15** ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/m'$ ) - obostrano

$$\rho_v = \frac{A_{sv,odabrano}}{A_c} = \frac{6,70}{25 \cdot 100} = 0,00268$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}, \text{ pri čemu je:}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0 \text{ - za konstrukcije koje nisu prednapete}$$

$$ctg\theta = tg\theta = 1,0 \text{ - nagib tlačnih štapova prema vertikalni}$$

$$\nu_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 1050 \cdot 0,528 \cdot 2}{1+1} = 11088 \text{ kN} > V_{Ed} = 3718,64 \text{ kN} \text{ - zadovoljava}$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{6788,53}{3718,64 \cdot 10,5} = 0,17 < 2,0$$

Za  $\alpha_s < 2,0$  slijedi:

$$V_{Rd,s} = b_{wo} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{wo} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

Armatura za armiranje hrpta poprečno:

$$\rho_h = \frac{V_{Ed}}{0,8 \cdot l_w \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{3718,64}{0,8 \cdot 1050 \cdot 43,48 \cdot 25 \cdot 1,0} = 0,0041, \text{ uz uvjet:}$$

$$\rho_{h,min} \geq \max\{0,001; 0,25 \cdot \rho_v\} \geq \max\{0,001; 0,001\} \geq 0,001$$

$$\rho_h = 0,0041$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot s_h} \rightarrow A_{h,potrebno} = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot s_h = 0,0041 \cdot 25 \cdot 100 = 10,25 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano:  $\emptyset 10/15$  ( $A_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) - obostrano

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

$$l_c \geq \{0,15 \cdot l_w; 1,5 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$0,15 \cdot l_w = 0,15 \cdot 1050 = 157,5 \text{ cm}$$

$$1,50 \cdot b_w = 1,50 \cdot 25 = 37,5 \text{ cm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

Zaštitni sloj je 3,5 cm i odabrane vilice  $\emptyset 10$  mm.

$$b_0 = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \frac{\varphi}{2} = 25 - 2 \cdot 2,5 - 2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$b_0 = 19 \text{ cm}$$

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{sv,odabrano} = 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\rho_v = 0,00268$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00268 \cdot 43,48}{2,0} = 0,05826$$



- koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_{\varphi} = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,37}$$

$$\mu_{\varphi} = 6,62$$

$$\varepsilon_{s,y,d} = \frac{434,8}{200000} = 0,002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 30 \cdot 6,62 \cdot (0,088 + 0,05826) \cdot 0,002174 \cdot \frac{250}{190} = 0,035$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,0479$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot 0,0479 = 0,00829$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0,088 + 0,05826) \cdot \frac{10500 \cdot 250}{190}$$

$$x_u = 2015,37 \text{ mm}$$

$$h_0 = 2015,37 \cdot \left(1 - \frac{0,0035}{0,00829}\right) = 1164 \text{ mm} = 1,16 \text{ m}$$

$$l_{c,odabrano} = 2,05 \text{ m}$$

Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura za savijanje: **24Ø18**

Odabrana armatura za armiranje hrpta uzdužno: **Ø8/15**

Odabrana armatura za armiranje hrpta poprečno: **Ø10/15**

Najmanji promjer spona: **Ø6 mm** - odabrani promjer spona **Ø10 mm**

Razmak spona:  $S_w \leq (8 \cdot d_{Bl} ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ; S_w \leq (144 \text{ mm} ; 95 \text{ mm} ; 175 \text{ mm})$

$$S_w \leq 9,5 \text{ cm}$$

$$S_{w,odabrano} = 9,0 \text{ cm}$$

$$h_{cr} = 548 \text{ cm}$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot l_c)} = 1 - \frac{2 \cdot 11 \cdot 18,64^2}{6 \cdot 19 \cdot 205} = 0,673$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2l_c}\right) = \left(1 - \frac{9,0}{2 \cdot 19,0}\right) \cdot \left(1 - \frac{9,0}{2 \cdot 205,0}\right) = 0,746$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0,673 \cdot 0,746 = 0,502$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,0479$$

Duljina spona:

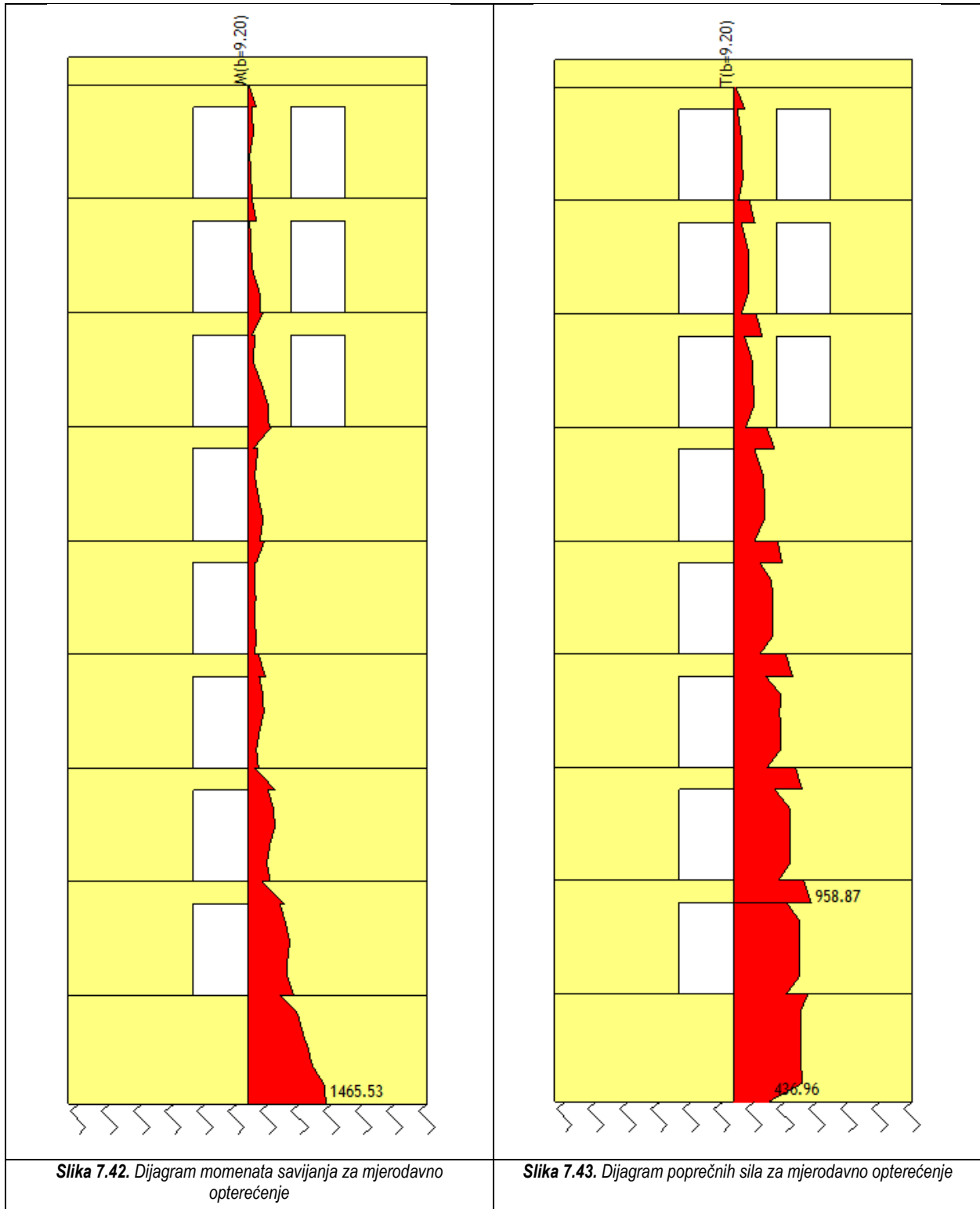
- Vanjskih:  $L_v = 2 \cdot b_0 + 2 \cdot l_c = 2 \cdot 19,0 + 2 \cdot 205,0 = 448,0 \text{ cm}$
- Unutarnjih:  $L_u = b_0 \cdot n_{uv} = 19,0 \cdot 10 = 190,0 \text{ cm}$

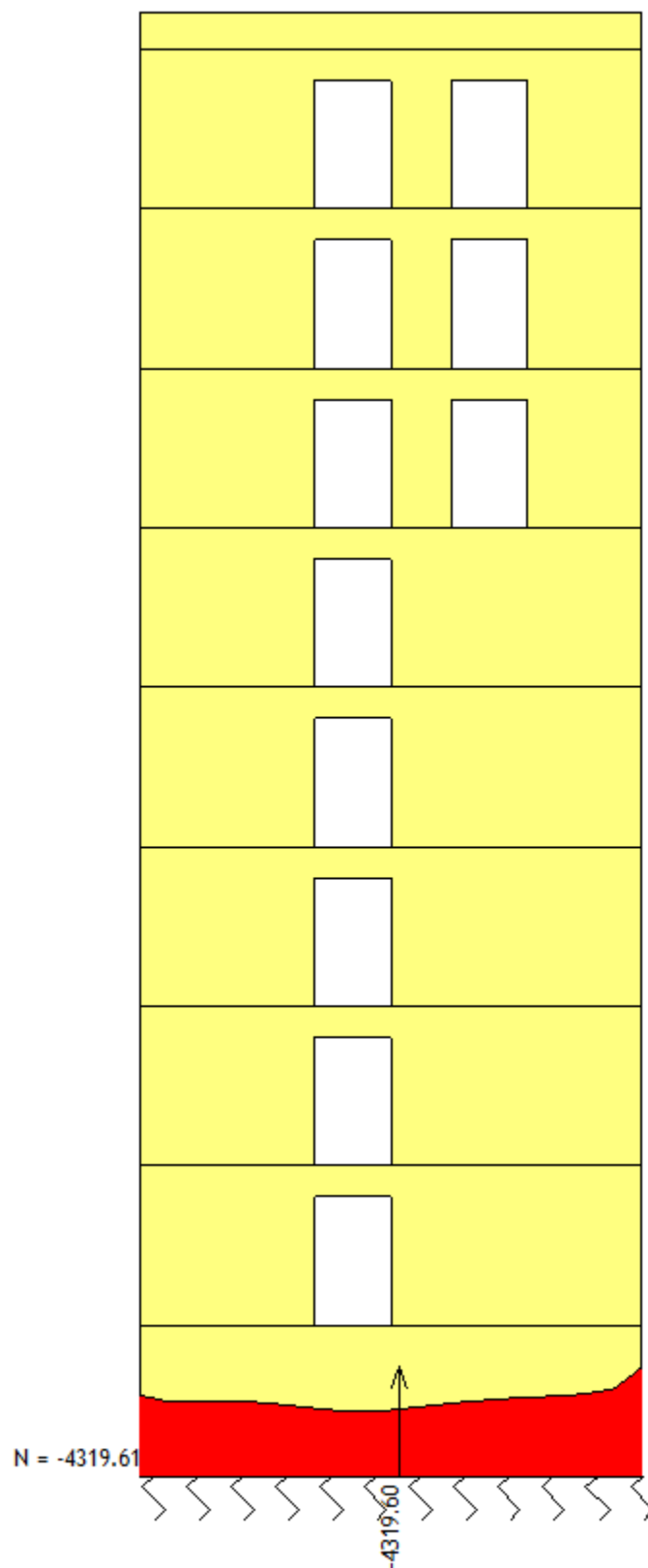
$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{\frac{1^2 \pi}{4} \cdot (448,0 + 190,0) \cdot \frac{274}{9}}{19 \cdot 205 \cdot 274} \cdot \frac{43,48}{2,0} > 0,08$$

$$\omega_{wd} = 0,31 > 0,08 - \text{zadovoljava}$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,502 \cdot 0,31 = 0,1556 > 0,0479 - \text{zadovoljava}$$

7.3.2 PRORAČUN ZIDA Z15 (SMJER Y)





**Slika 7.44.** Dijagram uzdužnih sila za mjerodavnu kombinaciju

Geometrijske karakteristike zida

$l_w = 920 \text{ cm}$	duljina zida
$h_w = 2628 \text{ cm}$	visina zida
$b_w = 25 \text{ cm}$	širina zida
$h_s = 274 \text{ cm}$	svijetla visina kata
$n = 9$	katnost
$d_1 = 3,5 \text{ cm}$	udaljenost težišta vlačne armature od vlačnog ruba betona
$d = 913 \text{ cm}$	statička visina
$c = 2,5 \text{ cm}$	zaštitni sloj betona

Karakteristike materijala

- Beton C30/37

$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	karakteristična čvrstoća betona
$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$	računska čvrstoća betona
$f_{ct,m} = 2,9 \text{ MPa}$	srednja vlačna čvrstoća betona

- Čelik B500B

$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	karakteristična vlačna čvrstoća armature
$f_{yd} = 434,8 \text{ MPa}$	računska granica popuštanja armature
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	proračunska vrijednost modula elastičnosti čelika

Rezne sile

$M_{Ed} = 1465.53 \text{ kNm}$	moment savijanja za mjerodavno opterećenje
$V_{Ed} = 958.87 \text{ kN}$	poprečna sila za mjerodavno opterećenje
$N_{Ed} = 4319.60 \text{ kN}$	uzdužna sila za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

Geometrijska ograničenja za klasu duktilnosti DCM

- Uvjet za debljinu hrpta  $b_{w0}$

$$b_{w0} \geq \max\{15 \text{ cm}; h_s/20\} = \max\{15 \text{ cm}; 13,7 \text{ cm}\} = 15 \text{ cm}$$

$$b_{w0} = 25 \text{ cm} > 15 \text{ cm} - \text{zadovoljava}$$

- Visina kritičnog područja

$$h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{920 \text{ cm}; 438 \text{ cm}\} = 920 \text{ cm}$$

ali,

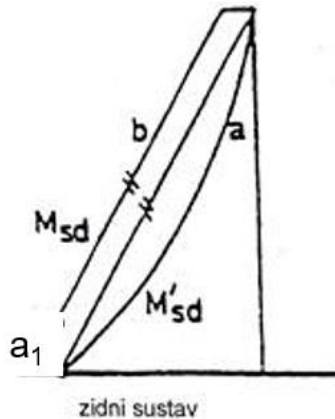
$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w = 2 \cdot 920 \text{ cm} = 1840 \text{ cm} \\ 2h_s = 2 \cdot 274 \text{ cm} = 548 \text{ cm} \end{cases}$$

$$h_{cr} = 548 \text{ cm}$$

Provjera vitkosti zida

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{2628}{920} = 2,86 > 2,0$  - zid je vitak, potrebno je povećanje reznih sila (momenta savijanja i poprečne sile) koristeći proračunsku ovojnica momenta savijanja odnosno poprečne sile.

Povećanje momenata savijanja vrši se na slijedeći način:



**Slika 7.45.** Proračunska ovojnica momenata savijanja

pri čemu je,

*a* - momentni dijagram prema proračunu

*b* - proračunska ovojnica

$a_1$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$a_1 = d \cdot ctg\theta = 0,8 \cdot l_w \cdot ctg\theta$ , pri čemu je:

$\theta$  - kut nagiba tlačnih štapova prema dijagonali uzet pri provjeri poprečne sile u GSN

$1 \leq ctg\theta \leq 2,5$  - odabrano:  $ctg\theta = 1$

$a_1 = 0,8 \cdot 920 \cdot 1 = 736 \text{ cm}$

Povećanje poprečnih sila vrši se pomoću izraza:

$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$ , pri čemu je:

$V_{Ed}$  - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  - faktor uvećanja ovisno o klasi duktilnosti; za klasu DCM  $\varepsilon = 1,5$

$V'_{Ed}$  - proračunska poprečna sila

$V_{Ed} = 1,5 \cdot 958,87 = 1438,31 \text{ kN}$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b_w \cdot l_w \cdot f_{cd}} < 0,4$$

$$v_{Ed} = \frac{4319,60}{25 \cdot 920 \cdot 2} = 0,094 < 0,4 \text{ - zadovoljava}$$

### 7.3.2.1 Dimenzioniranje zida na moment savijanja i uzdužnu silu

Dimenzioniranje zida vrši se pomoću dijagrama interakcije momenata savijanja i uzdužne sile.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot l_w^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1465,53 \cdot 100}{25 \cdot 920^2 \cdot 2} = 0,003$$

$$\nu_{Ed} = 0,094$$

Za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjere  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) iz dijagrama inetrakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ ):

$$\alpha = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = 1,0 \text{ - simetrična armatura}$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = \frac{3,5}{1050} = 0,0033$$

$$\text{Očitano: } \omega = 0,05$$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b_w \cdot l_w \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 25 \cdot 920 \cdot \frac{2}{43,48} = 52,90 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **22Ø18** ( $A_s = 55,98 \text{ cm}^2$ )

$$A_{s,min} = \frac{0,5}{100} \cdot b_c \cdot l_{c,odabrano} = \frac{0,5}{100} \cdot 25 \cdot 150 = 18,75 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot b_c \cdot l_{c,odabrano} = \frac{4}{100} \cdot 25 \cdot 150 = 150 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,odabrano} = 55,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{s,odabrano} < A_{s,max} \text{ - zadovoljava}$$

### 7.3.2.2 Dimenzioniranje zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna armatura za armiranje hrpta uzdužno:

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 25 \cdot 100 = 5,0 \text{ cm}^2/m'$$

Odabrano: **Ø8/15** ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/m'$ ) - obostrano

$$\rho_v = \frac{A_{sv,odabrano}}{A_c} = \frac{6,70}{25 \cdot 100} = 0,00268$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}, \text{ pri čemu je:}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0 \text{ - za konstrukcije koje nisu prednapete}$$

$$ctg\theta = tg\theta = 1,0 \text{ - nagib tlačnih štapova prema vertikalni}$$

$$\nu_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 920 \cdot 0,528 \cdot 2}{1+1} = 9715,20 \text{ kN} > V_{Ed} = 1438,31 \text{ kN} \text{ - zadovoljava}$$

Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1465,53}{1438,31 \cdot 9,2} = 0,11 < 2,0$$

Za  $\alpha_s < 2,0$  slijedi:

$$V_{Rd,s} = b_{wo} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{wo} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

Armatura za armiranje hrpta poprečno:

$$\rho_h = \frac{V_{Ed}}{0,8 \cdot l_w \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} = \frac{1438,31}{0,8 \cdot 920 \cdot 43,48 \cdot 25 \cdot 1,0} = 0,0018, \text{ uz uvjet:}$$

$$\rho_{h,min} \geq \max\{0,001; 0,25 \cdot \rho_v\} \geq \max\{0,001; 0,001\} \geq 0,001$$

$$\rho_h = 0,0018$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot s_h} \rightarrow A_{h,potrebno} = \rho_h \cdot b_{wo} \cdot s_h = 0,0018 \cdot 25 \cdot 100 = 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano:  $\emptyset 8/15$  ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) - obostrano

Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

$$l_c \geq \{0,15 \cdot l_w; 1,5 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$0,15 \cdot l_w = 0,15 \cdot 920 = 138,0 \text{ cm}$$

$$1,50 \cdot b_w = 1,50 \cdot 25 = 37,5 \text{ cm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

Zaštitni sloj je 3,5 cm i odabrane vilice  $\emptyset 10 \text{ mm}$ .

$$b_0 = b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \frac{\varphi}{2} = 25 - 2 \cdot 2,5 - 2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$b_0 = 19 \text{ cm}$$

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{sv,odabrano} = 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\rho_v = 0,00268$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00268 \cdot 43,48}{2,0} = 0,05826$$



- koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_{\varphi} = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,165}$$

$$\mu_{\varphi} = 13,61$$

$$\varepsilon_{s,y,d} = \frac{434,8}{200000} = 0,002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 30 \cdot 13,61 \cdot (0,094 + 0,05826) \cdot 0,002174 \cdot \frac{250}{190} = 0,035$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,1427$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot 0,1427 = 0,01777$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0,094 + 0,05826) \cdot \frac{10500 \cdot 250}{190}$$

$$x_u = 1842,03 \text{ mm}$$

$$h_0 = 1842,03 \cdot \left(1 - \frac{0,0035}{0,01777}\right) = 1479 \text{ mm} = 1,48 \text{ m}$$

$$l_{c,odabrano} = 1,50 \text{ m}$$

Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura za savijanje: **22Ø18**

Odabrana armatura za armiranje hrpta uzdužno: **Ø8/15**

Odabrana armatura za armiranje hrpta poprečno: **Ø8/15**

Najmanji promjer spona: **Ø6 mm** - odabrani promjer spona **Ø10 mm**

Razmak spona:  $S_w \leq (8 \cdot d_{Bl} ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ; S_w \leq (144 \text{ mm} ; 95 \text{ mm} ; 175 \text{ mm})$

$$S_w \leq 9,5 \text{ cm}$$

$$S_{w,odabrano} = 9,0 \text{ cm}$$

$$h_{cr} = 548 \text{ cm}$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot l_c)} = 1 - \frac{2 \cdot 10 \cdot 15,00^2}{6 \cdot 19 \cdot 150} = 0,737$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2l_c}\right) = \left(1 - \frac{9,0}{2 \cdot 19,0}\right) \cdot \left(1 - \frac{9,0}{2 \cdot 150,0}\right) = 0,740$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0,737 \cdot 0,740 = 0,545$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,1427$$

Duljina spona:

- Vanjskih:  $L_v = 2 \cdot b_0 + 2 \cdot l_c = 2 \cdot 19,0 + 2 \cdot 150,0 = 338,0 \text{ cm}$
- Unutarnjih:  $L_u = b_0 \cdot n_{uv} = 19,0 \cdot 9 = 171,0 \text{ cm}$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{\frac{1^2 \pi}{4} \cdot (338,0 + 171,0) \cdot \frac{274}{9}}{19 \cdot 150 \cdot 274} \cdot \frac{43,48}{2,0} > 0,08$$

$\omega_{wd} = 0,34 > 0,08$  - zadovoljava

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0,545 \cdot 0,34 = 0,1853 > 0,1427$  - zadovoljava

		X smjer								
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
geometrijske karakteristike	l <sub>w</sub>	1050	330	480	330	330	480	810	1050	1050
	h <sub>w</sub>	2628	2628	2628	2628	2628	584	292	584	2628
	b <sub>w</sub>	25	30	25	30	30	25	25	25	25
	h <sub>s</sub>	274	274	274	274	274	274	274	274	274
	n	9	9	9	9	9	2	1	2	9
	d <sub>1</sub>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	d	1043	323	473	323	323	473	803	1043	1043
	c	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	h <sub>w</sub> /l <sub>w</sub>	2.50	7.96	5.48	7.96	7.96	1.22	0.36	0.56	2.50
		VITAK	VITAK	VITAK	VITAK	VITAK	MASIVAN	MASIVAN	MASIVAN	VITAK
rezne sile	M <sub>Ed</sub> (kNm)	6788.53	2198.39	4103.59	1822.34	2049.1	1242.25	386.73	2799.78	8481.43
	V <sub>Ed</sub> (kN)	2479.09	960.24	1933.91	576.94	1250.68	2277.18	594.34	1990.15	2011.77
	N <sub>Ed</sub> (kN)	4599.57	1965.18	1449.48	1958.9	1761.8	1030.59	1839.08	1163.25	4318.42

Tablica 7.5. Prikaz geometrijskih karakteristika i reznih sila za zidove X smjera

		Y smjer								
		Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z10a	Z16a
geometrijske karakteristike	l <sub>w</sub>	4550	260	500	930	3130	920	4550	110	110
	h <sub>w</sub>	2628	2628	2628	2628	2628	2628	2628	2628	2628
	b <sub>w</sub>	25	30	30	25	25	25	25	25	25
	h <sub>s</sub>	274	274	274	274	274	274	274	274	274
	n	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	d <sub>1</sub>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	d	4543	253	493	923	3123	913	4543	103	103
	c	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	h <sub>w</sub> /l <sub>w</sub>	0.58	10.11	5.26	2.83	0.84	2.86	0.58	23.89	23.89
		MASIVAN	VITAK	VITAK	VITAK	MASIVAN	VITAK	MASIVAN	VITAK	VITAK
rezne sile	M <sub>Ed</sub> (kNm)	40495.69	307.32	1319.44	1090.28	56769.83	1465.53	65390.18	99.66	88.96
	V <sub>Ed</sub> (kN)	3023.92	72.13	647.66	657.29	4616.94	958.87	2878.88	82.3	74.98
	N <sub>Ed</sub> (kN)	19677.68	4547.6	2284.01	3551.96	17117.61	4319.6	15120.97	654.45	690.35

Tablica 7.6. Prikaz geometrijskih karakteristika i reznih sila za zidove Y smjera

		X smjer									
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	
armatura za savijanje	n	24	10	12	10	10	8	20	24	24	
	$\emptyset$	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
armatura za posmik	vertikalna	$\emptyset/s$	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	
	horizontalna	$\emptyset/s$	10/15	12/15	12/10	10/15	12/10	14/10	8/15	10/15	
spone za ovijanje		$\emptyset$	10	10	10	10	10	10	10	10	
lc		cm	205	50	75	50	50	50	130	160	205

**Tablica 7.7.** Prikaz odabrane armature zidova smjera X s duljinom kritičnog područja

		Y smjer									
		Z10	Z10a	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z16a	
armatura za savijanje	n	104	4	8	16	22	72	22	104	4	
	$\emptyset$	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
armatura za posmik	vertikalna	$\emptyset/s$	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	
	horizontalna	$\emptyset/s$	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	8/15	
spone za ovijanje		$\emptyset$	10	10	10	10	10	10	10	10	
lc		cm	700	40	105	75	140	570	150	700	40

**Tablica 7.8.** Prikaz odabrane armature zidova smjera Y s duljinom kritičnog područja

#### 7.4 DIMENZIONIRANJE AB STUPOVA

Konstruktivni elementi - stupovi u prostornom modelu konstrukcije modelirani su kao štapni elementi poprečnog presjeka  $b/h = 30/60 \text{ cm}$ . Izrađeni su iz betona klase C30/37 te armirani s B500B. Za predmetnu građevinu je karakteristično da gotovo svo horizontalno djelovanje (vjetar i potres) na konstrukciju preuzimaju zidovi tako da su stupovi izraženo izloženi vertikalnom djelovanju s ploča koje prenose na temeljnu ploču. Visine su 2,90 m i protežu se kroz svih 9 etaža građevine.

Proračun stupova izvršen je pomoću računalnog programa Aspalathos Section Design, a zasniva se na određivanju dijagrama nosivosti. Naime, za odabrani profil uzdužne armature, njezin razmještaj u presjeku te za geometriju stupa pomoću spomenutog računalnog programa dobiven je dijagram nosivosti koji predstavlja mogućnost tako definiranog sustava da preuzme rezne sile kojima je izložen.

Pomoću programskog paketa Microsoft Excel a na osnovu vrijednosti dobivenih iz Aspalathos Section Designa konstruirani su dijagrami nosivosti za različite profile te je na osnovu reznih sila stupova očitanih iz prostornog modela konstrukcije zaključeno koja i kako razmještena armatura u presjeku najbolje odgovara reznim silama u stupu.

Stupovi su dimenzionirani za uobičajenu kombinaciju opterećenja te po 2 izvanredne kombinacije u smjeru X i u smjeru Y budući se radi o pravokutnom presjeku stupa. Zbog toga su izrađena i 2 dijagrama nosivosti. Za maksimalni moment stupa očitana je pripadajuća uzdužna sila i obrnuto.

Uobičajena kombinacija (smjer X i smjer Y):

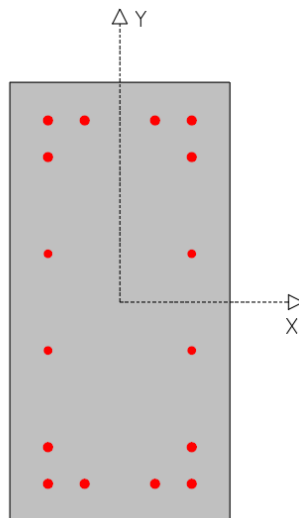
- $1,35g + 1,35\Delta g + 1,5q$

Izvanredne kombinacije (smjer X):

- $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_x$  (1)
- $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q - 1,0S_x$  (2)

Izvanredne kombinacije (smjer Y):

- $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_y$  (3)
- $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q - 1,0S_y$  (4)

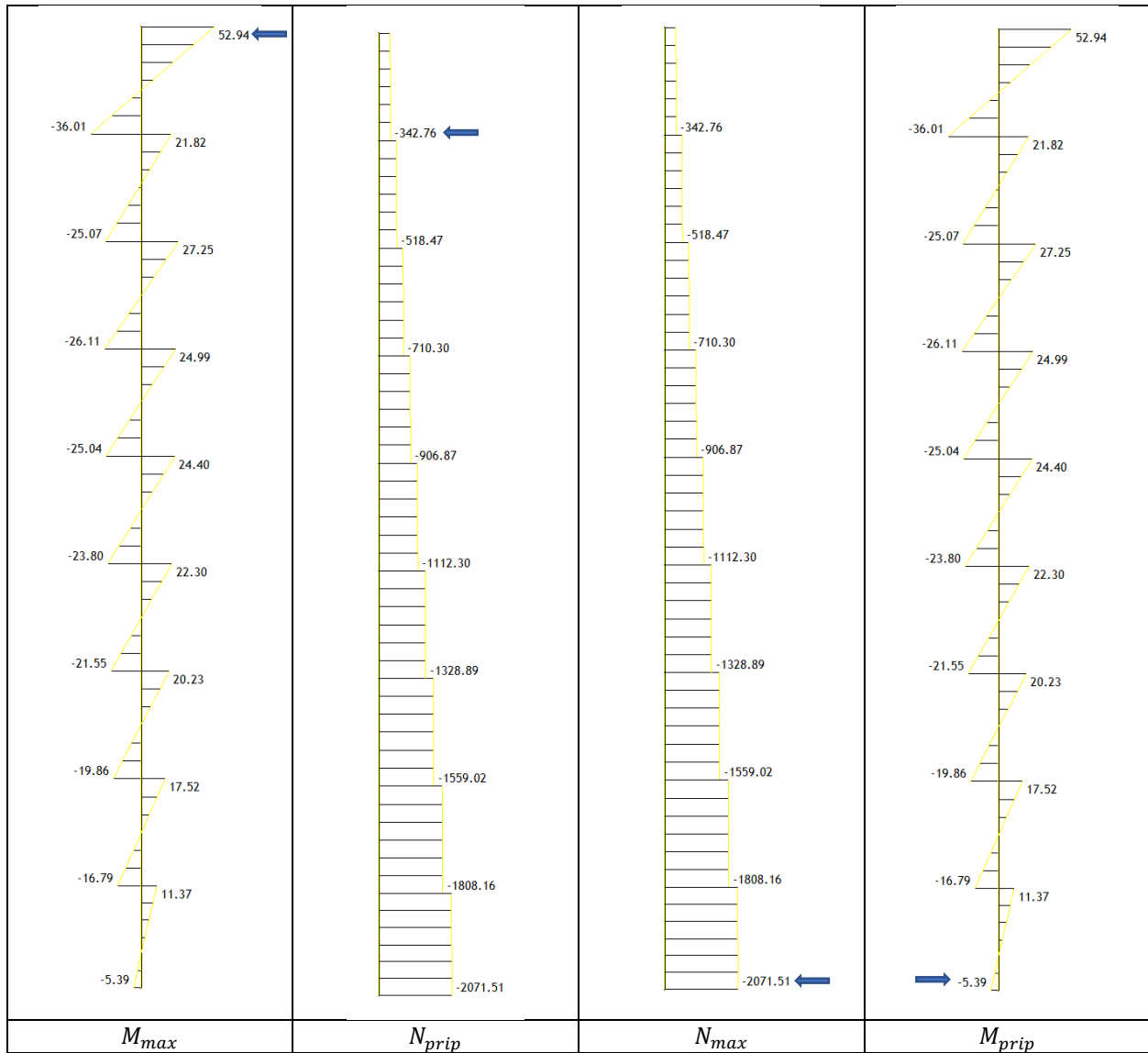


Slika 7.46. Poprečni presjek stupa s armaturom

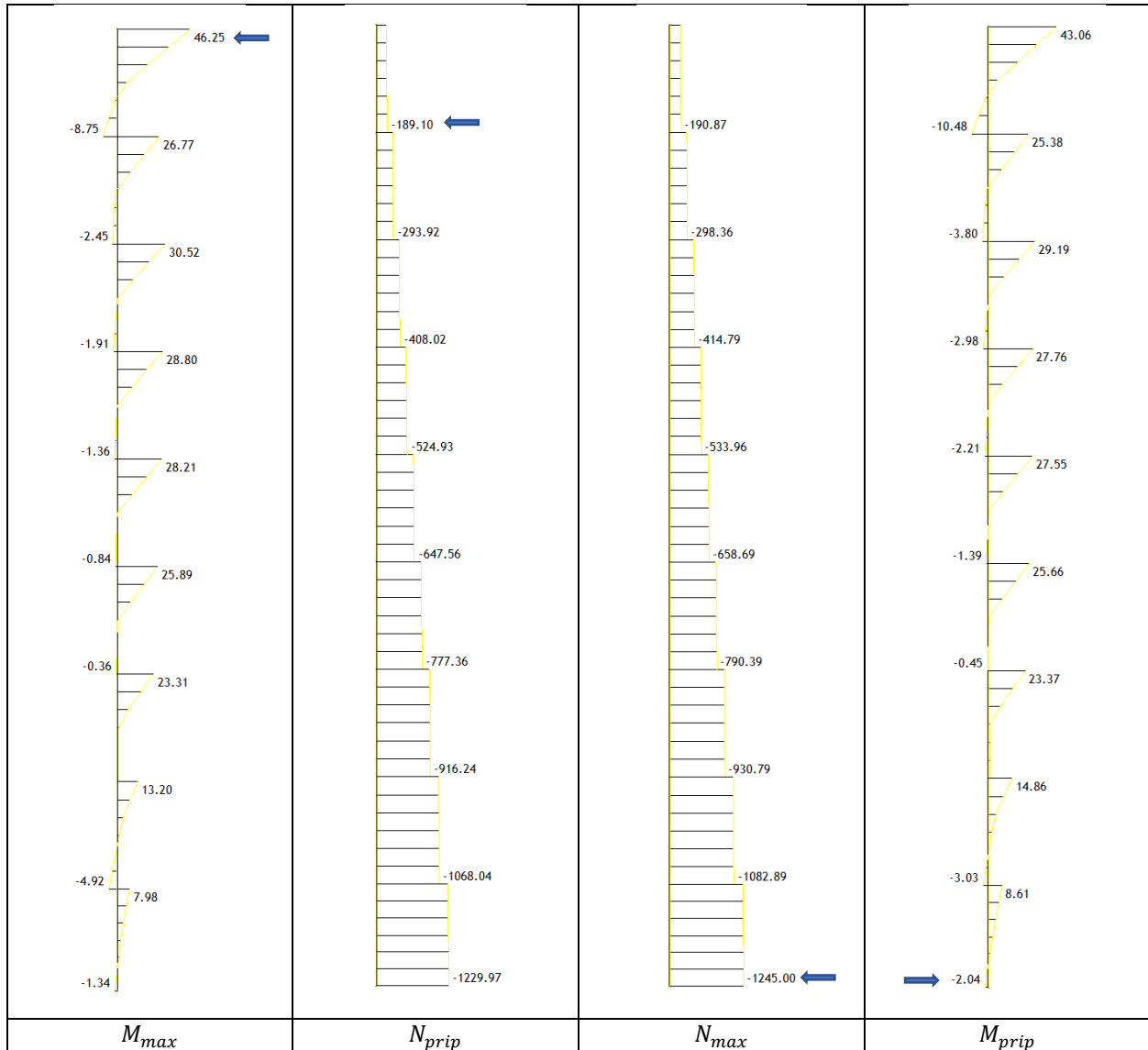
7.4.1 SMJER X

Prikaz reznih sila

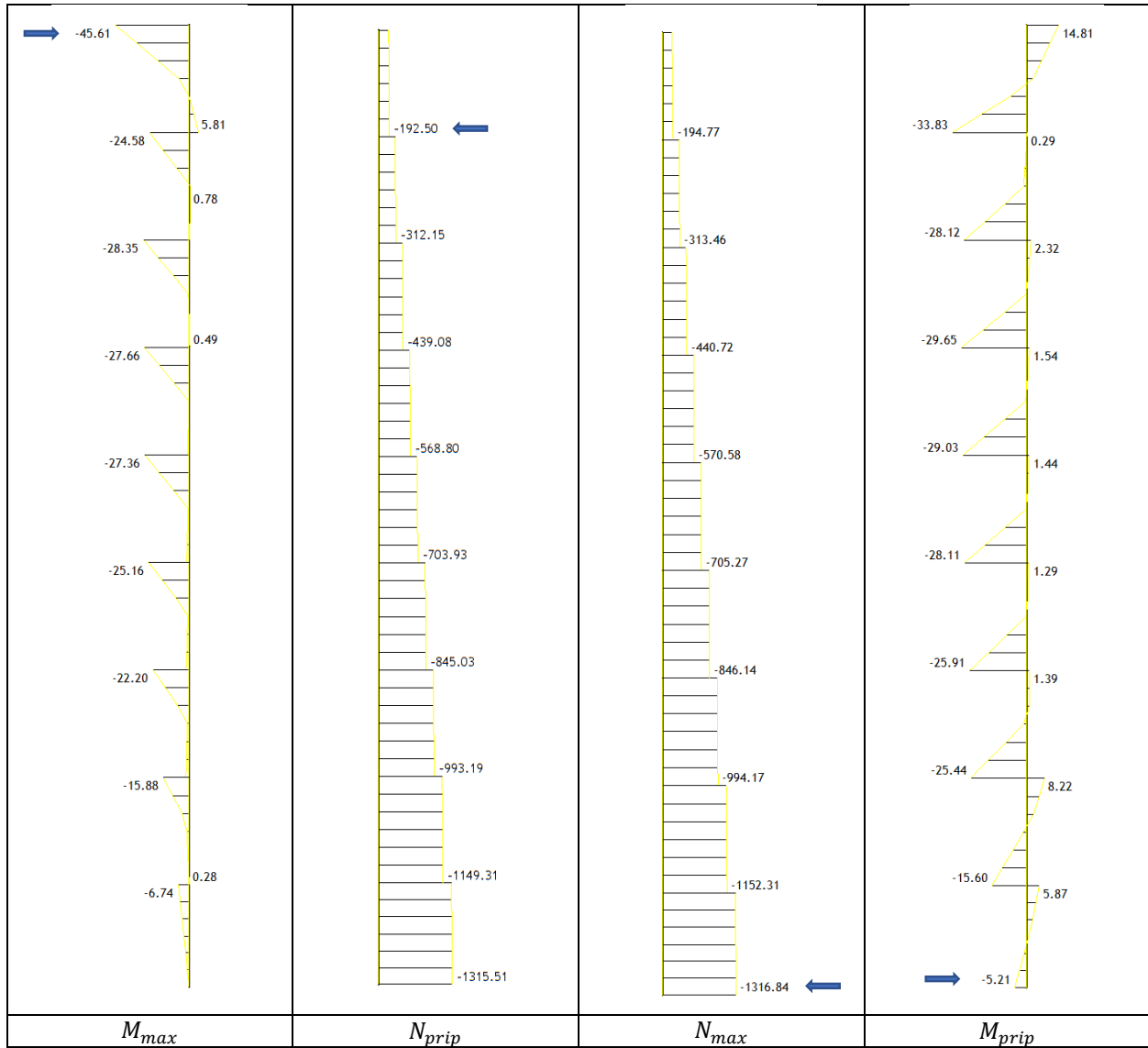
Uobičajena kombinacija opterećenja



Izvanredna kombinacija opterećenja (1)



Izvanredna kombinacija opterećenja (2)



## 7.4.1.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Određivanje korekcijskog faktora za dobivanje reznih sila 2. reda

$$C_{30/37} \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000 \text{ MPa} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2,6} = 8888,89 \text{ MPa} = 888,889 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{60 \cdot 30^3}{12} = 135000 \text{ cm}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 292 = 409 \text{ cm}$$

$$N_{ex} = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I_y}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{888,889 \cdot 135000}{409^2}$$

$$N_{ex} = 7080 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{ex}}}$$

$$M_{II} = \psi \cdot M_I$$

Rezultati proračuna

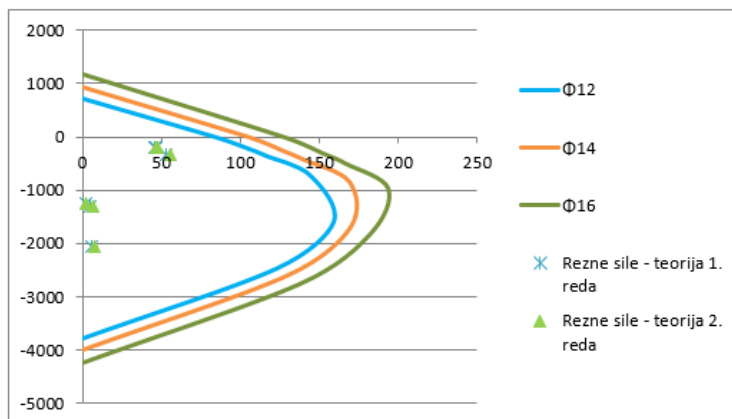
M (I) (kNm)	N (I) (kN)	$\psi$	M (II) (kNm)	N (II) (kN)
52.94	-342.76	1.0509	55.63	-342.76
46.25	-189.10	1.0274	47.52	-189.10
45.61	-192.50	1.0279	46.88	-192.50
5.39	-2071.51	1.4136	7.62	-2071.51
2.04	-1245.00	1.2134	2.48	-1245.00
5.21	-1316.84	1.2285	6.40	-1316.84

**Tablica 7.9.** Rezne sile u stupu - smjer x

Dijagram nosivosti stupa oko osi y					
$\Phi 12$		$\Phi 14$		$\Phi 16$	
M (kNm)	N (kN)	M (kNm)	N (kN)	M (kNm)	N (kN)
0	726.67	0	939.75	0	1185.61
84.19	0	105.4	0	127.69	0
104.16	-208.32	126.81	-253.63	152.04	-304.07
115.84	-347.53	140.02	-420.07	166.76	-500.27
143.98	-719.91	169.44	-847.18	193.43	-967.15
158.84	-1588.38	169.85	-1698.54	182.09	-1820.91
123.2	-2463.96	130	-2599.94	137.84	-2756.82
0	-3786.66	0	-3999.75	0	-4245.61

**Tablica 7.10.** Ulazni podatci za konstruiranje dijagrama nosivosti oko osi y



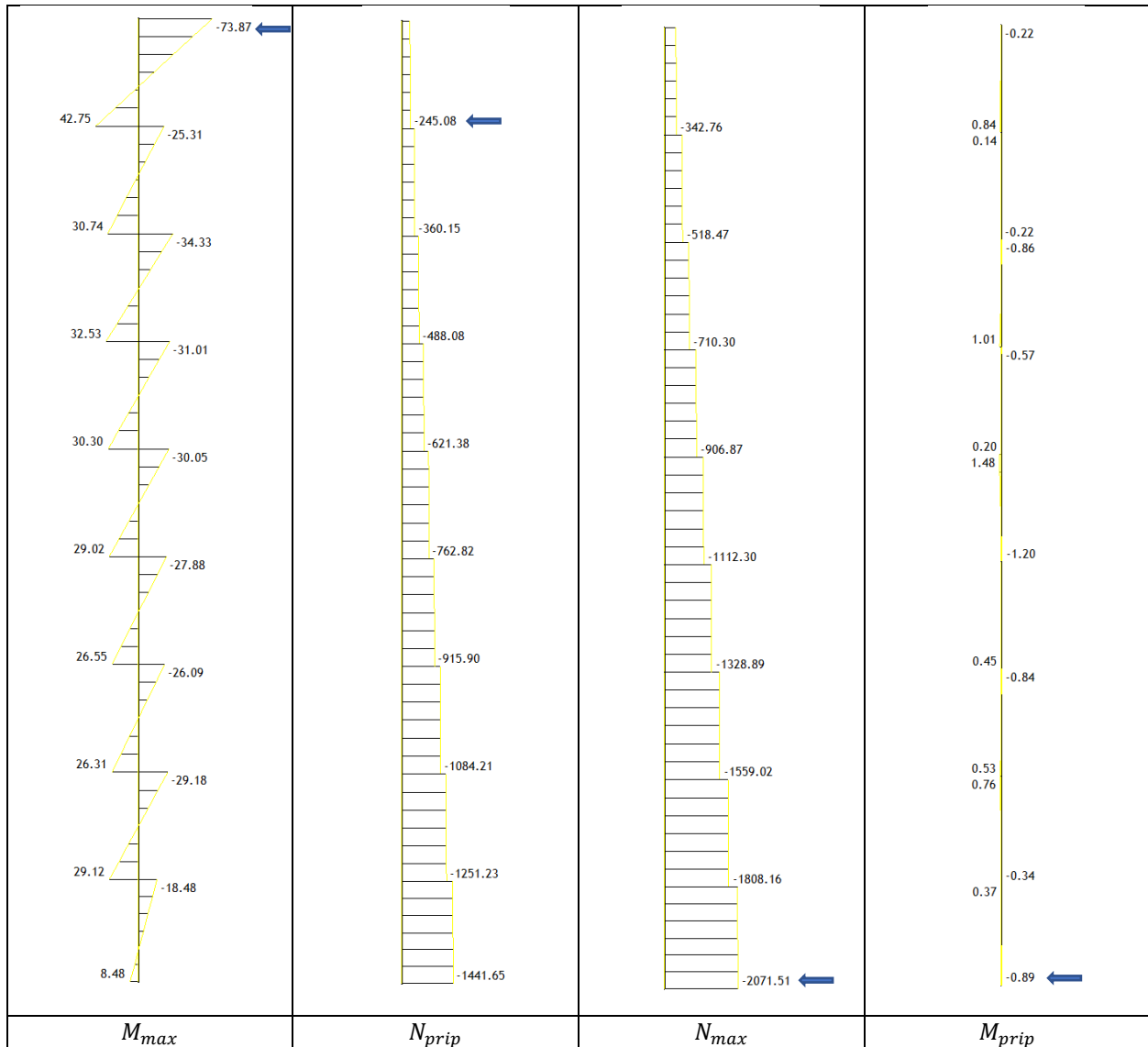


Slika 7.47. Dijagram nosivosti stupa oko osi y

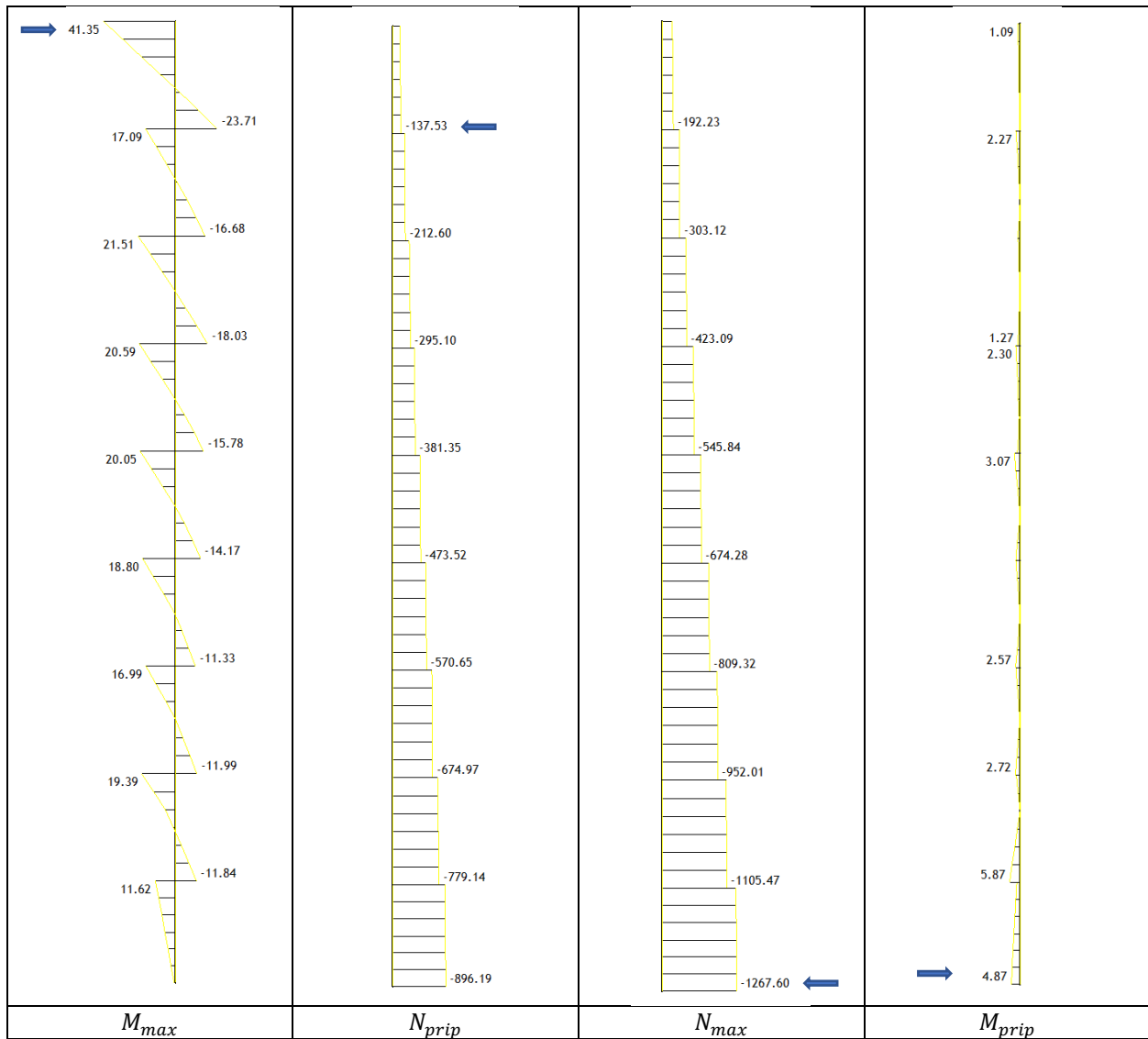
7.4.2 SMJER Y

Prikaz reznih sila

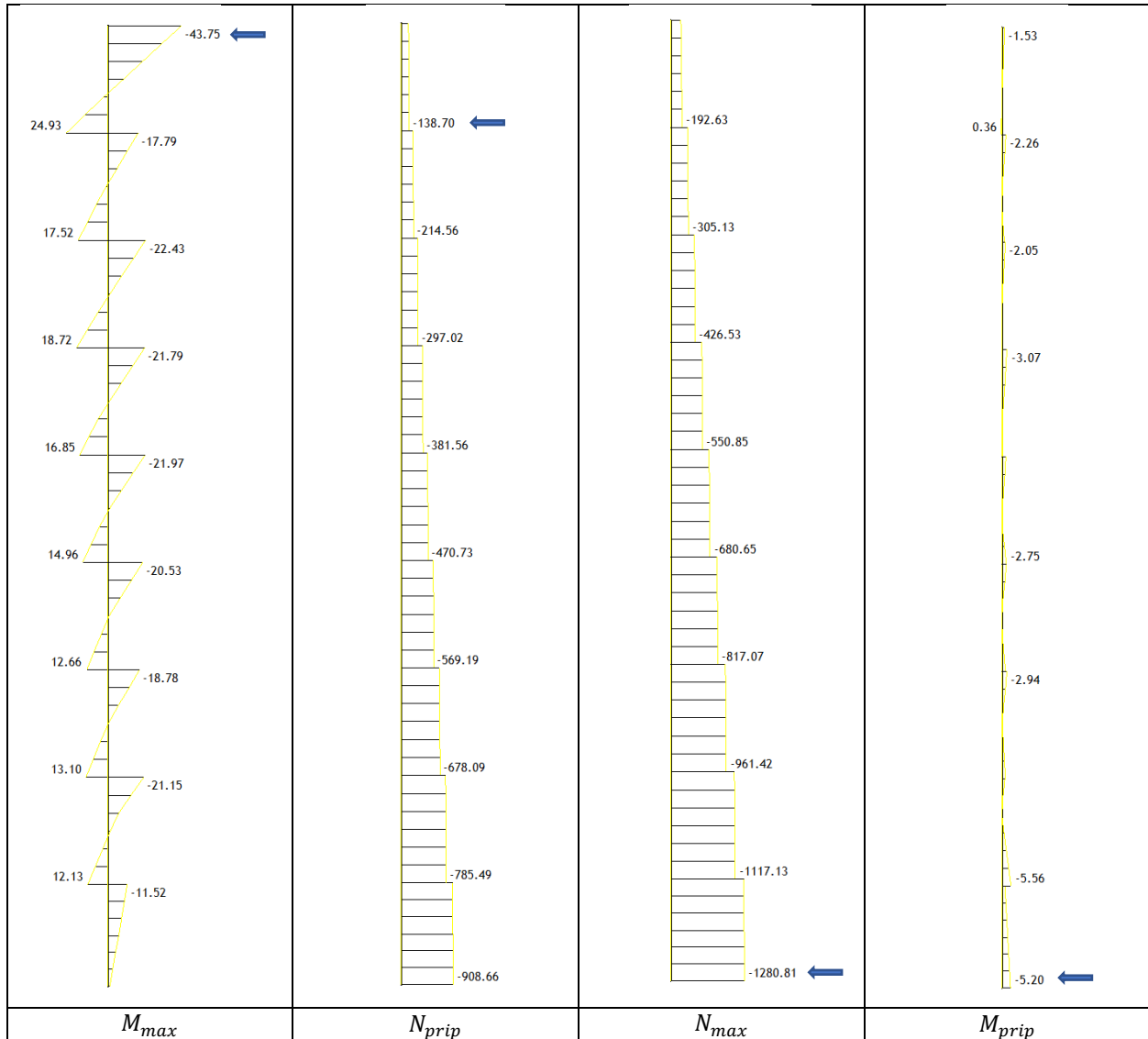
Uobičajena kombinacija opterećenja



Izvanredna kombinacija opterećenja (3)



Izvanredna kombinacija opterećenja (4)



## 7.4.2.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Određivanje korekcijskog faktora za dobivanje reznih sila 2. reda

$$C 30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000 \text{ MPa} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{32000}{1 + 2,6} = 8888,89 \text{ MPa} = 888,889 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \cdot 60^3}{12} = 540000 \text{ cm}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 292 = 409 \text{ cm}$$

$$N_{ey} = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I_x}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{888,889 \cdot 540000}{409^2}$$

$$N_{ey} = 28320 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{ey}}}$$

$$M_{II} = \psi \cdot M_I$$

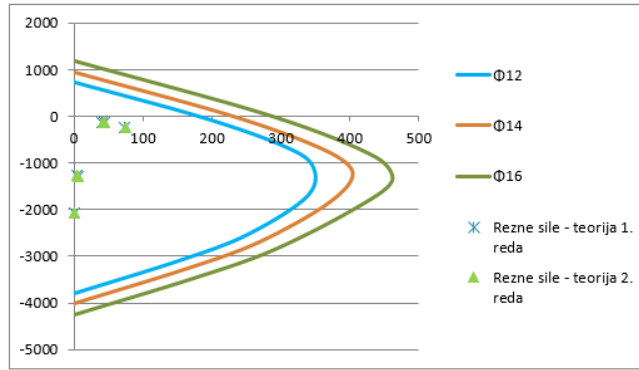
Rezultati proračuna

M (I) (kNm)	N (I) (kN)	$\psi$	M (II) (kNm)	N (II) (kN)
73.87	-245.08	1.0087	74.51	-245.08
41.35	-137.53	1.0049	41.55	-137.53
43.75	-138.70	1.0049	43.97	-138.70
0.89	-2071.51	1.0789	0.96	-2071.51
4.87	-1267.60	1.0469	5.10	-1267.60
5.20	-1280.81	1.0474	5.45	-1280.81

Tablica 7.11. Rezne sile u stupu - smjer y

Dijagram nosivosti stupa oko osi x					
$\Phi 12$		$\Phi 14$		$\Phi 16$	
M (kNm)	N (kN)	M (kNm)	N (kN)	M (kNm)	N (kN)
0	726.67	0	939.75	0	1185.61
180.65	0	230.52	0	287.83	0
297.91	-595.81	365.07	-730.14	438.39	-876.79
345.66	-1036.97	404.94	-1214.83	461.7	-1385.1
339.54	-1697.71	370.11	-1850.54	402.92	-2014.61
252.49	-2524.9	268.86	-2688.58	287.35	-2873.54
153.95	-3078.96	162.95	-3258.95	173.29	-3465.8
0	-3786.66	0	-3999.75	0	-4245.61

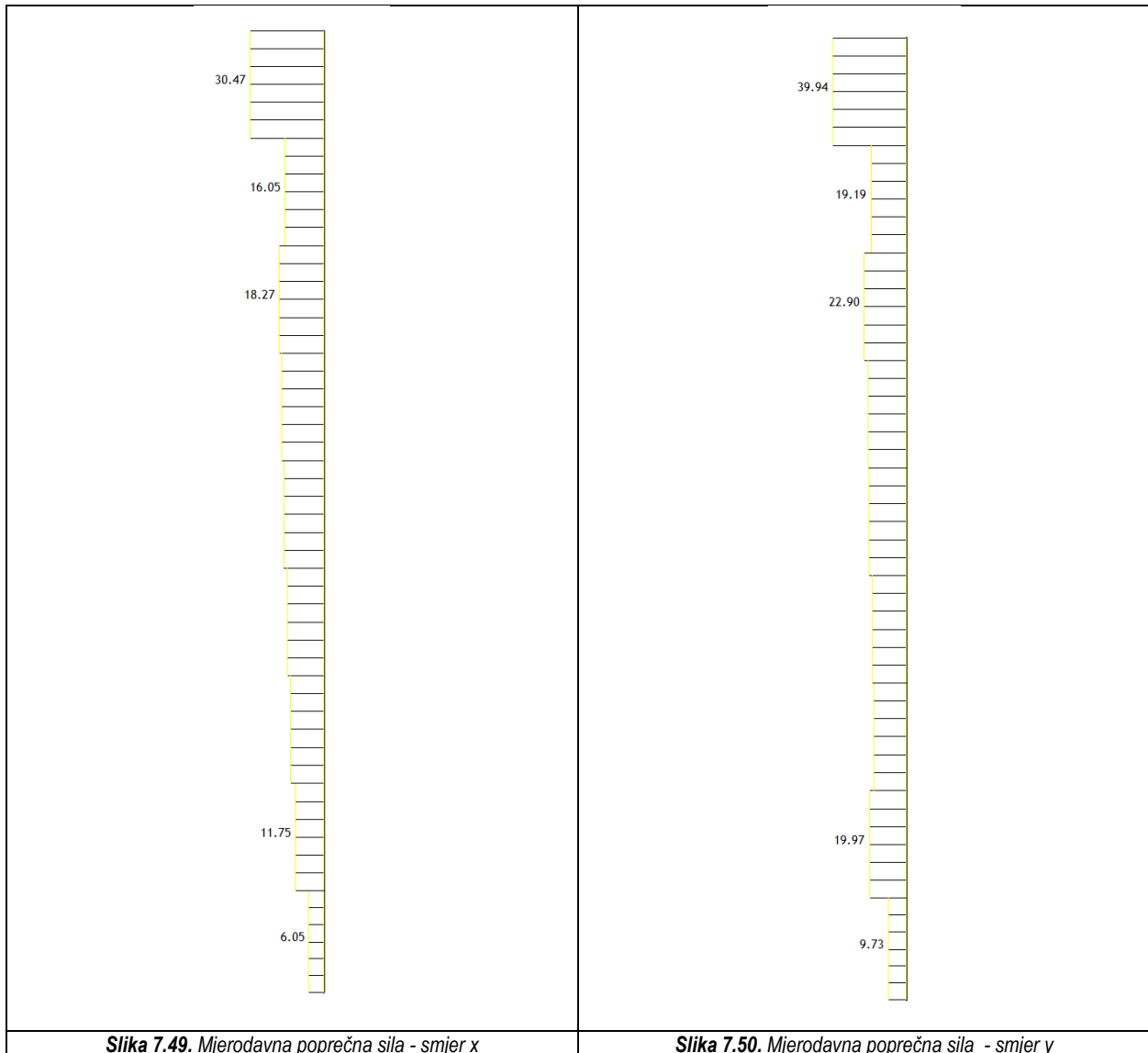
Tablica 7.12. Ulazni podatci za konstruiranje dijagrama nosivosti oko osi x



Slika 7.48. Dijagram nosivosti stupa oko osi x

7.4.3 DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

Mjerodavna kombinacija opterećenja za dimenzioniranje stupa na poprečnu silu jest uobičajena kombinacija.



Slika 7.49. Mjerodavna poprečna sila - smjer x

Slika 7.50. Mjerodavna poprečna sila - smjer y

Smjer X

$$V_{Ed} = 30,47 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -342,76 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,89 < 2 \rightarrow k = 1,89$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{16,71}{1800} = 0,00928$$

$$A_s = 12 \cdot \frac{1,2^2 \pi}{4} + 4 \cdot \frac{1,0^2 \pi}{4} = 16,71 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{342,76}{1800} = 0,19 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,89 \cdot (100 \cdot 0,00928 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,19 \right] \cdot 600 \cdot 250$$

$$V_{Rd,c} = 107,38 \text{ kN} > V_{Ed} = 30,47 \text{ kN}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,89^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,498$$

$$V_{Rd,c} > [0,498 + 0,15 \cdot 0,19] \cdot 600 \cdot 250 = 78,98 \text{ kN} - \text{zadovoljeno}$$

Nije potrebna računaska poprečna armatura, ali u skladu s uvjetom da presjek treba armirati barem minimalnom poprečnom armaturom usvajamo armaturu:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$\rho_{w,min} = 0,0010$$

$$s_{max} = \min\{0,75d; 30 \text{ cm}\} = \min\{0,75 \cdot 25; 30 \text{ cm}\} \rightarrow s_{max} = 15 \text{ cm}$$

$$b_w = 60 \text{ cm}$$

$$m = 2$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,0010 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0,450 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone:  $\emptyset 10/15$  ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

Smjer Y

$$V_{Ed} = 39,94 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -245,08 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,60 < 2 \rightarrow k = 1,60$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{16,71}{1800} = 0,00928$$

$$A_s = 12 \cdot \frac{1,2^2 \pi}{4} + 4 \cdot \frac{1,0^2 \pi}{4} = 16,71 \text{ cm}^2$$

$$A_c = b \cdot h = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{245,08}{1800} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,60 \cdot (100 \cdot 0,00928 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,14 \right] \cdot 300 \cdot 550$$

$$V_{Rd,c} = 99,48 \text{ kN} > V_{Ed} = 39,94 \text{ kN}$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,60^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,388$$

$$V_{Rd,c} > [0,388 + 0,15 \cdot 0,14] \cdot 300 \cdot 550 = 67,49 \text{ kN} - \text{zadovoljeno}$$

Nije potrebna računaska poprečna armatura, ali u skladu s uvjetom da presjek treba armirati barem minimalnom poprečnom armaturom usvajamo armaturu:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$\rho_{w,min} = 0,0010$$

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

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$m = 2$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,0010 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,450 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone:  $\emptyset$  **10/30** ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

Budući su svi stupovi istog poprečnog presjeka s istom uzdužnom armaturom usvajamo istu poprečnu armaturu, odnosno:  $\emptyset$  **10/15** ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ ).



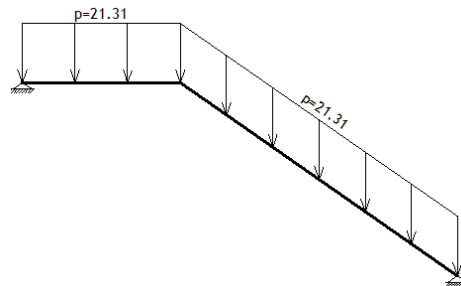
## 7.5 DIMENZIONIRANJE AB STUBIŠTA

Stubište je dimenzionirano sa slijedeću kombinaciju opterećenja:

$$q_s = 1,35 \cdot (g + \Delta g) \cdot d + 1,5 \cdot q \cdot d$$

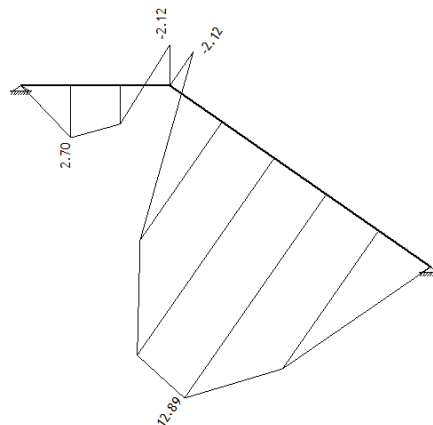
$$q_s = 1,35 \cdot (4,5 + 4,08) \cdot 1,325 + 1,5 \cdot 3,0 \cdot 1,325$$

$$q_s = 21,31 \text{ kN/m'}$$



Slika 7.51. Prikaz ukupnog opterećenja stubišta

### 7.5.1 DIMENZIONIRANJE NA MOMENT SAVIJANJA



Slika 7.52. Prikaz momenta savijanja na stubištu

Geometrijske karakteristike:

- $d_{pl} = 18 \text{ cm}$
- $d = 15 \text{ cm}$
- $d_1 = 3 \text{ cm}$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,89 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2} = 0,029$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰}; \xi = 0,091; \zeta = 0,968$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12,89 \cdot 100}{0,968 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,04 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,001 \cdot b \cdot d = 0,001 \cdot 100 \cdot 15 = 1,5 \text{ cm}^2$$

Maksimalna površina armature:

$$A_{s1,max} = 0,02 \cdot b \cdot d = 0,02 \cdot 100 \cdot 15 = 30,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q 257** ( $A_s = 2,57 \text{ cm}^2$ )

## 8 GRAFIČKI PRILOZI

<b>Sadržaj</b>	<b>Broj priloga</b>
1. Tlocrt etaže pozicije -100	1
2. Tlocrt etaže pozicije 000	2
3. Tlocrt etaža pozicija 100, 200, 300 i 400	3
4. Tlocrt etaža pozicija 500, 600 i 700	4
5. Presjek 1-1	5
6. Presjek 2-2	6
7. Plan pozicija - temeljna ploča -100 i -50	7
8. Plan pozicija - ploča 000	8
9. Plan pozicija - ploča 100	9
10. Plan pozicija - ploča 200	10
11. Plan pozicija - ploča 500	11
12. Plan pozicija - ploča 800	12
13. Armaturni plan - temeljna ploča - donja zona	13
14. Armaturni plan - temeljna ploča - gornja zona	14
15. Armaturni plan - ploča poz 000 - donja zona	15
16. Armaturni plan - ploča poz 000 - gornja zona	16
17. Armaturni plan - ploča poz 100 - donja zona	17
18. Armaturni plan - ploča poz 100 - gornja zona	18
19. Armaturni plan - ploča poz 200 - donja zona	19
20. Armaturni plan - ploča poz 200 - gornja zona	20
21. Armaturni plan - ploča poz 500 - donja zona	21
22. Armaturni plan - ploča poz 500 - gornja zona	22
23. Armaturni plan - ploča poz 800 - donja zona	23
24. Armaturni plan - ploča poz 800 - gornja zona	24
25. Armaturni plan - grede G1 i G2	25
26. Armaturni plan - grede G3 i G4	26
27. Armaturni plan - zid Z1	27
28. Armaturni plan - zid Z15	28
29. Armaturni plan - stup S1	29
30. Armaturni plan - stubište	30

## 9 LITERATURA

1. A. Harapin, J. Radnić: *Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta*
2. *Zapisi s predavanja: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split*
3. T. Kišiček, I. Petrić: *Preliminarno dimenzioniranje armiranobetonskih presjeka - Građevinar 12/2014*
4. HRN EN 1990: *Osnove projektiranja konstrukcija*
5. HRN EN 1991-1-1: *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije*
6. HRN EN 1992-1-1: *Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija*
7. HRN EN 1998-1: *Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija*
8. Banović, I., Radnić, J. & Grgić, N. (2020) *Effect of Structural Stiffness on The Efficiency of Seismic Base Isolation Using Layers of Stone Pebbles. Ingegneria Sismica, 37 (2), 66-91.*
9. Sunara Kusić, M., Radnić, J., Grgić, N. & Harapin, A. (2019) *Fluid Structure Interaction Analysis of Liquid Tanks by the Coupled SPH - FEM Method with Experimental Verification. Defect and Diffusion Forum, 391, 152-173 doi:10.4028/www.scientific.net/ddf.391.152.*
10. Banović, I., Radnić, J. & Grgić, N. (2019) *Geotechnical Seismic Isolation System Based on Sliding Mechanism Using Stone Pebble Layer: Shake- Table Experiments. Shock and Vibration, 2019, 1-26 doi:10.1155/2019/9346232.*
11. Baloević, G., Radnić, J. & Grgić, N. (2019) *Numerical model for dynamic analysis of masonry- infilled steel and concrete frames. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 50 (5), 519-532 doi:10.1002/mawe.201900006.*
12. Buzov, A., Radnić, J. & Grgić, N. (2019) *Effects of several bolt parameters on the bearing capacity of a composite multi-drum stone column under an earthquake. Composites Part B: Engineering, 162, 250-258 doi:10.1016/j.compositesb.2018.10.104.*
13. Buzov, A., Radnić, J., Grgić, N. & Baloević, G. (2019) *Effect of the joint type on the seismic behaviour of a free-standing multi-drum column. Construction and Building Materials, 214, 121-132 doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.04.118.*
14. Radnić, J., Markić, R., Grgić, N. & Čubela, D. (2019) *New approach for Ductility analysis of partially prestressed concrete girders. Structural engineering and mechanics, 70 (3), 257-267 doi:10.12989/sem.2019.70.3.257.*
15. Banović, I., Radnić, J., Grgić, N. & Matešan, D. (2018) *The Use of Limestone Sand for the Seismic Base Isolation of Structures. Advances in Civil Engineering, 2018, 9734283, 12 doi:10.1155/2018/9734283.*
16. Banović, I., Radnić, J. & Grgić, N. (2018) *Shake Table Study on the Efficiency of Seismic Base Isolation Using Natural Stone Pebbles. Advances in Materials Science and Engineering, 2018, 1012527, 20 doi:10.1155/2018/1012527.*
17. Sunara Kusić, M., Radnić, J., Grgić, N. & Harapin, A. (2018) *Sloshing in medium size tanks caused by earthquake studied by SPH. Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera, 70 (08), 671-684 doi:10.14256/jce.2169.2017.*
18. Buzov, A., Radnić, J., Grgić, N. & Baloević, G. (2018) *Effect of the drum height on the seismic behaviour of a free-standing multi-drum column. Advances in Materials Science and Engineering, 2018, 5729068, 12*

doi:10.1155/2018/5729068.

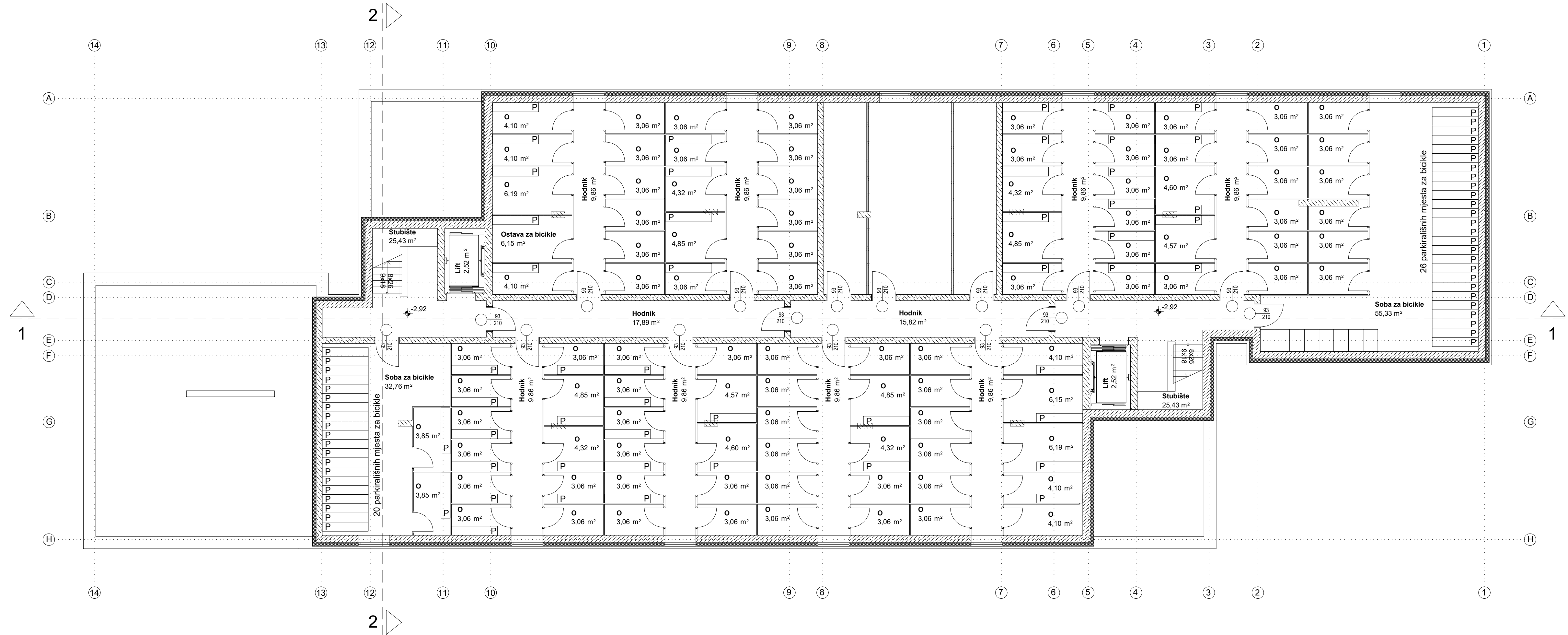
19. Grgić, N., Radnić, J., Smilović, M. & Baloević, G. (2018) *The shake-table study of the effect of longitudinal reinforcement ratio on the behavior of concrete cantilever columns*. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 49 (5), 606-618 doi:10.1002/mawe.201700246.
20. Buzov, A., Radnić, J., Grgić, N. & Baloević, G. (2018) *Effect of the drum height on the bearing capacity of composite multi-drum column under static load*. *Composites. Part B, Engineering*, 148 (1), 243-251 doi:10.1016/j.compositesb.2018.05.005.
21. Radnić, J., Grgić, N., Sunara Kusić, M. & Harapin, A. (2018) *Shake table testing of an open rectangular water tank with water sloshing*. *Journal of fluids and structures*, 81, 97-115 doi:10.1016/j.jfluidstructs.2018.04.020.
22. Baloević, G., Radnić, J., Grgić, N. & Matešan, D. (2018) *Behavior of fiber reinforced mortar composites under impact load*. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 15 (2), 1-13 doi:10.1590/1679-78254168.
23. Buzov, A., Radnić, J., Grgić, N. & Baloević, G. (2018) *Effect of the joint type on the bearing capacity of a multi-drum column under static load*. *International Journal of Architectural Heritage*, 12 (1), 137-152 doi:10.1080/15583058.2017.1396380.
24. Grgić, N., Radnić, J., Matešan, D. & Banović, I. (2017) *Stirrups effect on the behavior of concrete columns during an earthquake*. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 48 (5), 406-419 doi:10.1002/mawe.201700014.
25. Baloević, G., Radnić, J., Grgić, N. & Matešan, D. (2017) *Shake-table study of plaster effects on the behavior of masonry-infilled steel frames*. *Steel and composite structures*, 23 (2), 195-204 doi:10.12989/scs.2017.23.2.195.
26. Baloević, G., Radnić, J., Grgić, N., Matešan, D. & Smilović, M. (2016) *Numerical model for nonlinear analysis of composite concrete-steel-masonry bridges*. *Coupled Systems Mechanics, An International Journals*, 5 (1), 1-20 doi:10.12989/csm.2016.5.1.001.
27. Grgić, N., Radnić, J., Matešan, D. & Buzov, A. (2016) *Effect of mass on the behavior of concrete columns under seismic load*. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 47 (5/6), 483-494 doi:10.1002/mawe.201600524.
28. Radnić, J., Markić, R., Grgić, N., Glibić, M. & Banović, I. (2016) *Comparison of numerical models for nonlinear static analysis of planar concrete frames based on 1D and 2D finite elements*. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Volume 47 (Issue 5-6)*, 369-581 doi:10.1002/mawe.201600523.
29. Baloević, G., Radnić, J., Matešan, D., Grgić, N. & Banović, I. (2016) *Comparison of developed numerical macro and micro masonry models for static and dynamic analysis of masonry-infilled steel frames*. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 13 (12), 2251-2265 doi:10.1590/1679-78252520.
30. Radnić, J., Markić, R., Glibić, M., Čubela, D. & Grgić, N. (2016) *Experimental testing of concrete beams with different levels of prestressing*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part L : journal of materials : design and applications*, 230 (3(S.I.)), 760-779 doi:10.1177/1464420715585069.
31. Baloević, G., Radnić, J., Grgić, N. & Matešan, D. (2016) *The application of a reinforced plaster mortar for seismic strengthening of masonry structures*. *Composites. Part B, Engineering*, 93, 190-202 doi:10.1016/j.compositesb.2016.03.007.
32. Radnić, J., Grgić, N., Matešan, D. & Baloević, G. (2015) *Shake table testing of reinforced concrete columns with different layout size of foundation*. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 46 (4/5), 348-367

doi:10.1002/mawe.201500410.

33. Radnić, J., Matešan, D., Grgić, N. & Baloević, G. (2015) Impact testing of RC slabs strengthened with CFRP strips. *Composite structures*, 121, 90-103 doi:10.1016/j.compstruct.2014.10.033.
34. Radnić, J., Baloević, G., Grgić, N., Harapin, A. & Buzov, A. (2014) The effect of flexibility in ground storey of concrete walls and infilled frames on their seismic response = Über den Einfluss der Flexibilität des Erdgeschosses aus Betonwänden und ausgefüllten Rahmen auf deren seismische Antwort. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 45 (4), 244-257 doi:10.1002/mawe.201400224.
35. Matešan, D., Radnić, J., Grgić, N. & Baloević, G. (2013) Strength capacity of simply supported circular concrete slab. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 44, 416-422 doi:10.1002/mawe.201300145.
36. Radnić, J., Matešan, D., Grgić, N. & Čamber, V. (2012) Strength capacity of square reinforced concrete slabs. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 43 (5), 399-404 doi:10.1002/mawe.201200972.
37. Matešan, D., Radnić, J. & Grgić, N. (2011) Effect of reinforcement arrangement on the limit strength capacity of concrete slabs. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 42 (5), 393-397 doi:10.1002/mawe.201100797.
38. Matešan, D., Radnić, J., Grgić, N. & Čamber, V. (2011) EFFECT OF REBARS LENGTH ABOVE INNER SUPPORTS OF CONTINUOUS RC SLABS. *World journal of engineering*, 8, 369-374.
39. Radnić, J., Matešan, D. & Grgić, N. (2010) Analiza prednapetih betonskih ljsaka pod dugotrajnim opterećenjem. *Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera*, 62, 183-196.
40. Radnić, J., Borovina, F., Borovina, B., Mlinar, A., Smilović, M. & Grgić, N. (2017) Retrofitting of the three historic stone arch bridges over the Cetina River in Croatia. *Structural engineering international*, 27 (3), 449-453 doi:10.2749/222137917X14881938991320.
41. Radnić, J., Matešan, D., Grgić, N. & Čamber, V. (2012) Utjecaj dužine vlačne armature iznad srednjih oslonaca na nosivost kontinuiranih betonskih ploča. *Ceste i mostovi : glasilo Hrvatskog društva za ceste*, 1-6, 64-67.
42. Radnić, J., Harapin, A., Smilović, M., Grgić, N. & Glibić, M. (2012) Statička i dinamička analiza starog kamenog mosta u Mostaru. *Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera*, 64, 655-665.
43. Radnić, J., Harapin, A., Matešan, D., Trogrlić, B., Smilović, M., Grgić, N. & Baloević, G. (2011) Numerički model za statički i dinamički proračun zidanih konstrukcija. *Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera*, 63, 529-546.

Računalni programi i programski paketi:

1. Autodesk AutoCAD\_2019
2. Radimpex ArmCAD\_2005
3. Radimpex Tower 6
4. Microsoft Office Excel
5. Microsoft Office Word
6. Aspalathos Section Design



**Legenda**

	Vlaknasto-cementna fasada
	Armirani beton
	Zaštitni mort
	Pregradni zid od knaufa

<p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
	TEMA <b>GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU</b>	
	STUDENT Filip Pleić	
	MENTOR dr. sc. Nikola Grgić	
	SADRŽAJ TLOCRT ETAŽE POZICIJE -100	MJERILO 1:100
	DATUM rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 1



**Legenda**

- Vlaknasto-cementna fasada
- Termoizolacija
- Armirani beton
- Pregradni zid od knaufa

<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>TEMA</b>	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU
<b>STUDENT</b>	Filip Pleić
<b>MENTOR</b>	dr. sc. Nikola Grgić
<b>SADRŽAJ</b>	TLOCRT ETAŽE POZICIJE 000
<b>DATUM</b>	rujan, 2020.
<b>MJERILO</b>	1:100
<b>BROJ PRILOGA</b>	2

**UCA**  
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15





Legenda

	Vlaknasto-cementna fasada
	Termoizolacija
	Armirani beton
	Pregradni zid od knaufa

<p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
	TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU
	STUDENT	Filip Pleić
	MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić
	SADRŽAJ	TLOCRT ETAŽA POZICIJA 100, 200, 300 I 400
DATUM	rujan, 2020.	MJERILO BROJ PRILOGA 1:100 3



**Legenda**

- Vlaknasto-cementna fasada
- Termoizolacija
- Armirani beton
- Pregradni zid od knaufa

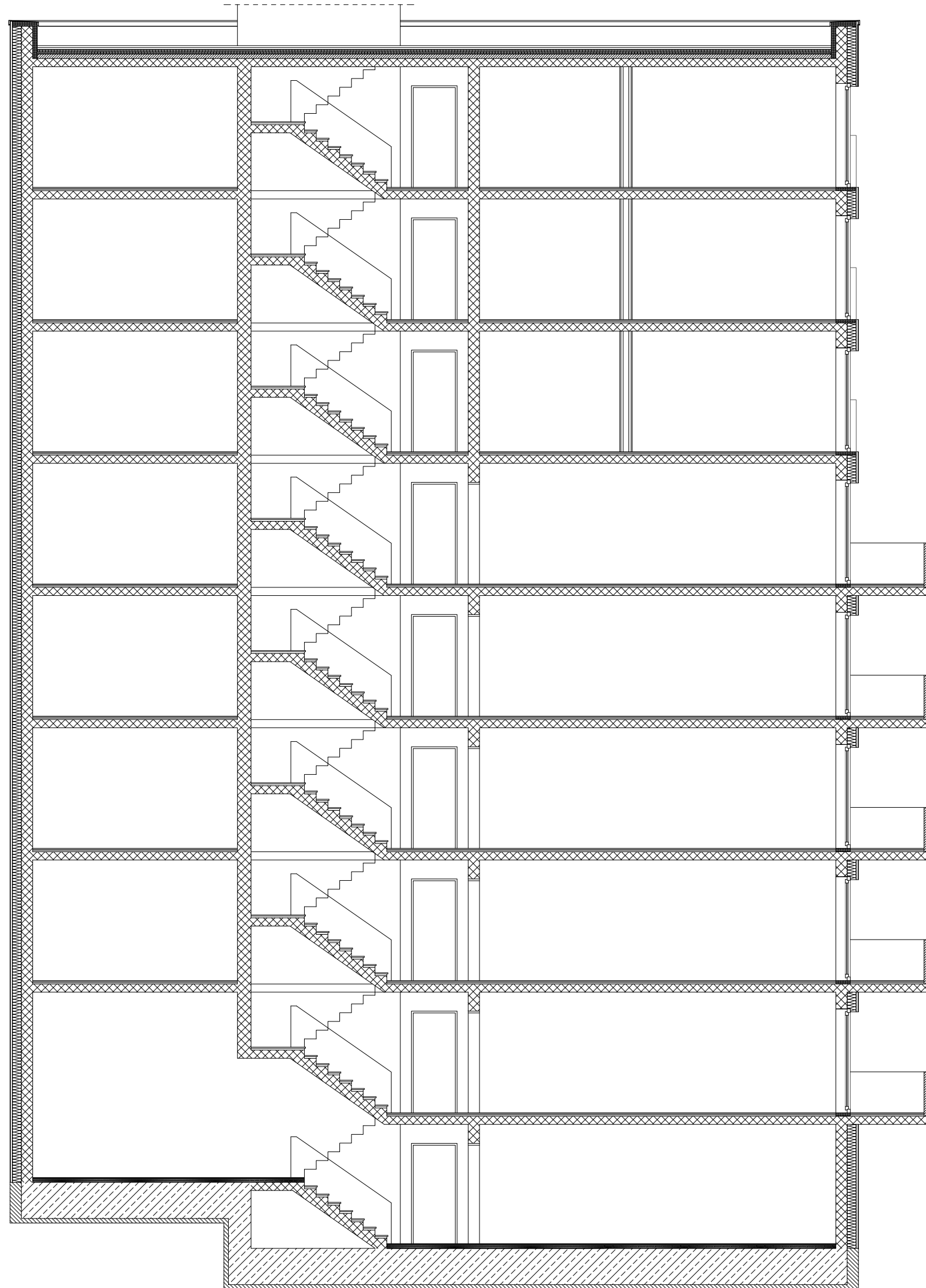
		<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
		<b>GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU</b>	
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	TLOCRT ETAŽA POZICIJA 500, 600 I 700	MJERILO	1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	4
<small>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</small>			

297 x 420



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

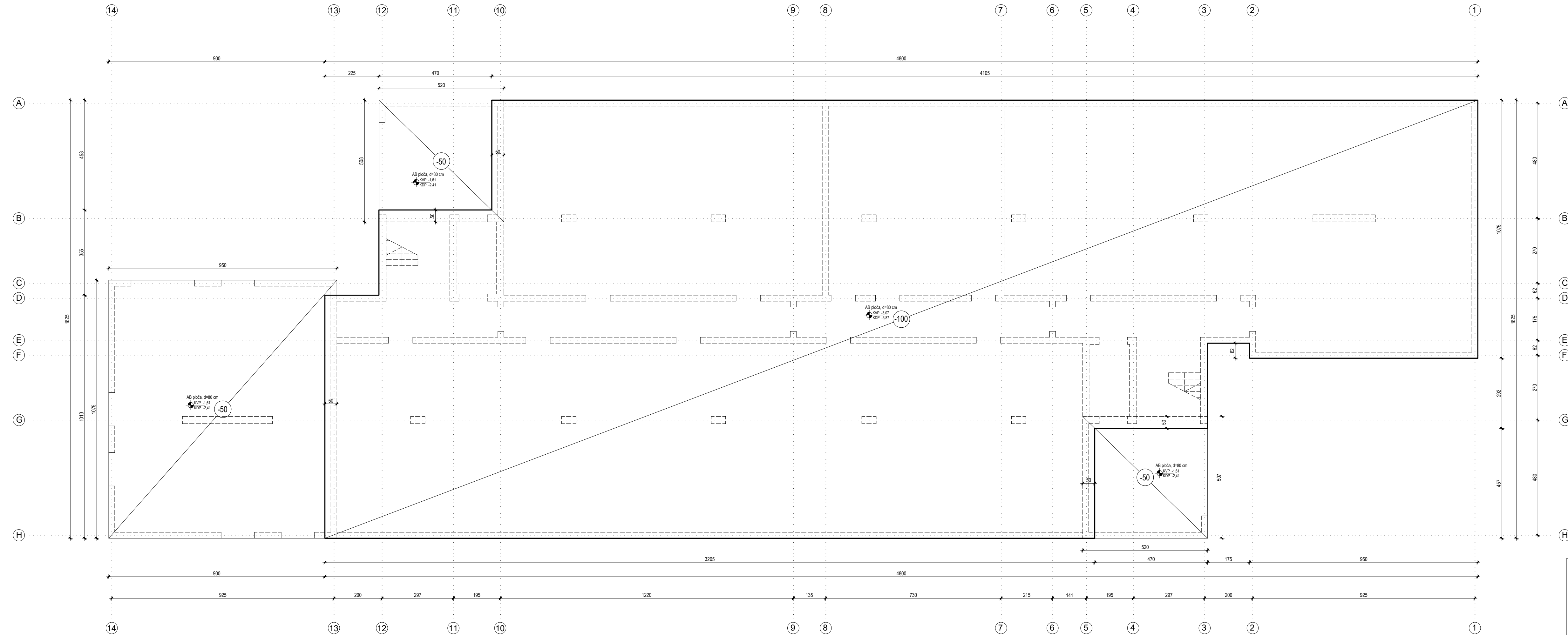
<b>DIPLOMSKI RAD</b>		
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU	
STUDENT	Filip Pleić	
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić	
SADRŽAJ	PRESJEK 1-1	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 5



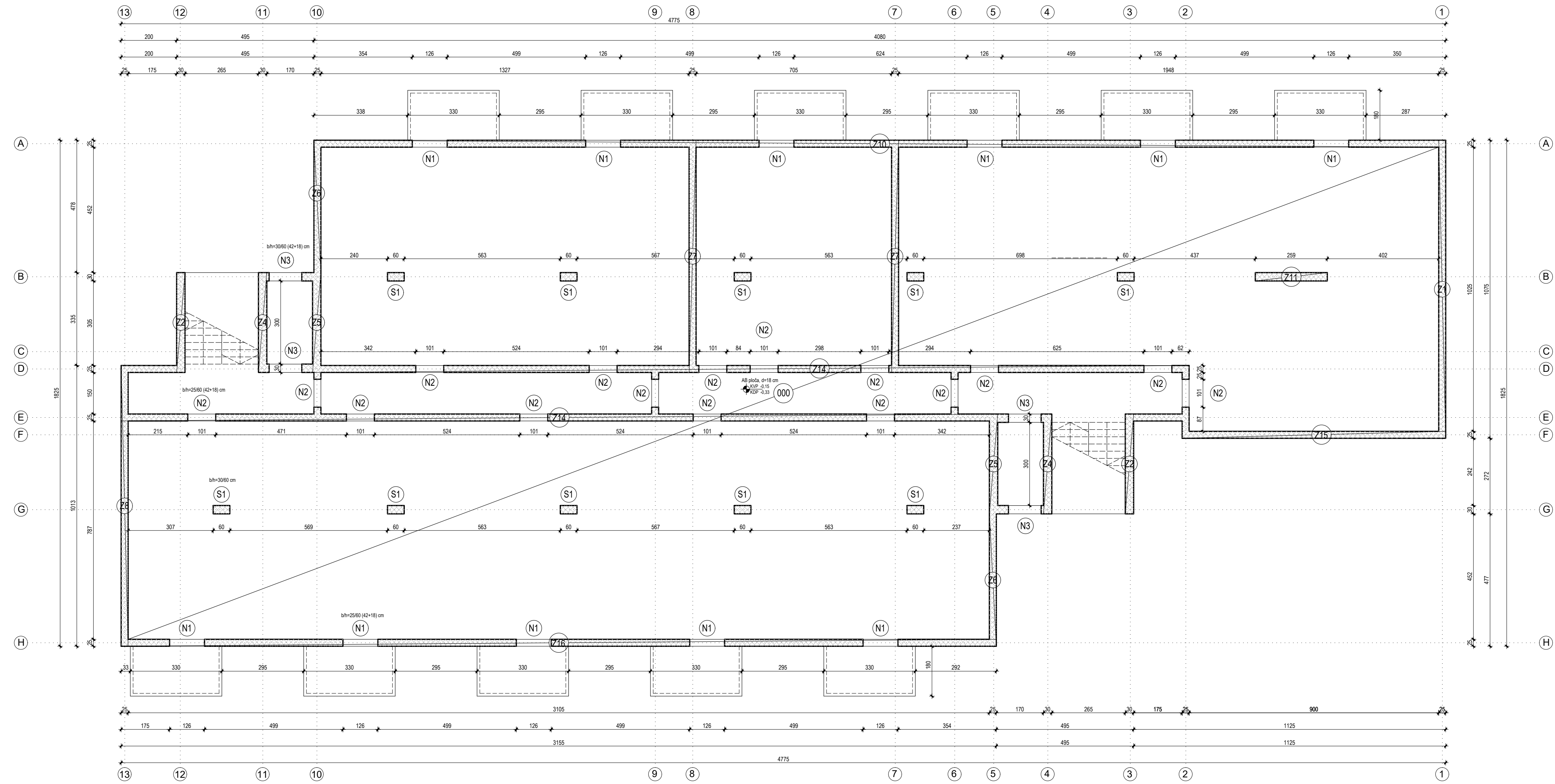
+23,91  
▽  
+23,21  
▽  
+20,29  
▽  
+17,37  
▽  
+14,45  
▽  
+11,53  
▽  
+8,61  
▽  
+5,69  
▽  
+2,77  
▽  
-0,15  
▽  
-1,61  
▽  
-3,07  
▽  
-3,87  
▽

FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD			
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	PRESJEK 2-2	MJERILO	1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	6

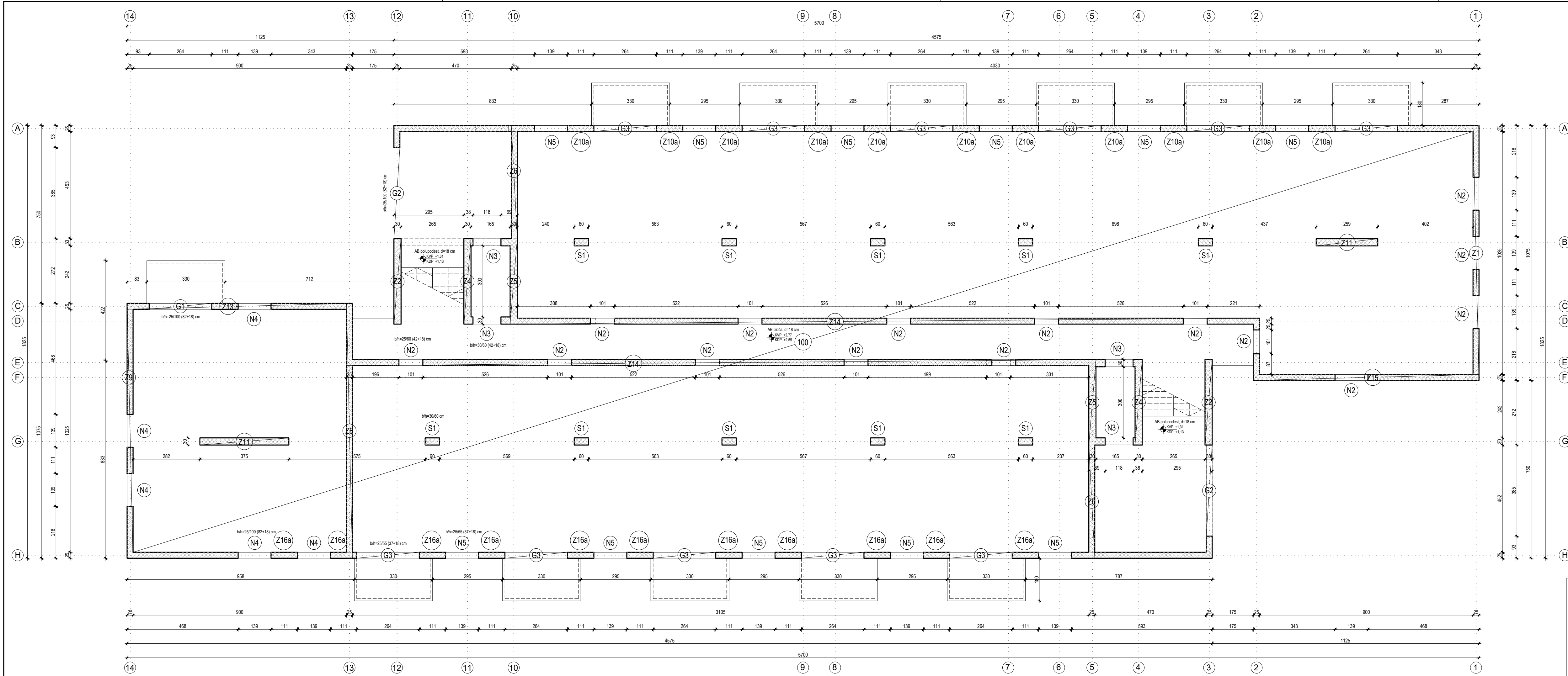


<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU
STUDENT	Filip Pleić
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić
SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - TEMELJNA PLOČA -100 I -50
DATUM	rujan, 2020.
MJERILO	1:100
BROJ PRILOGA	7

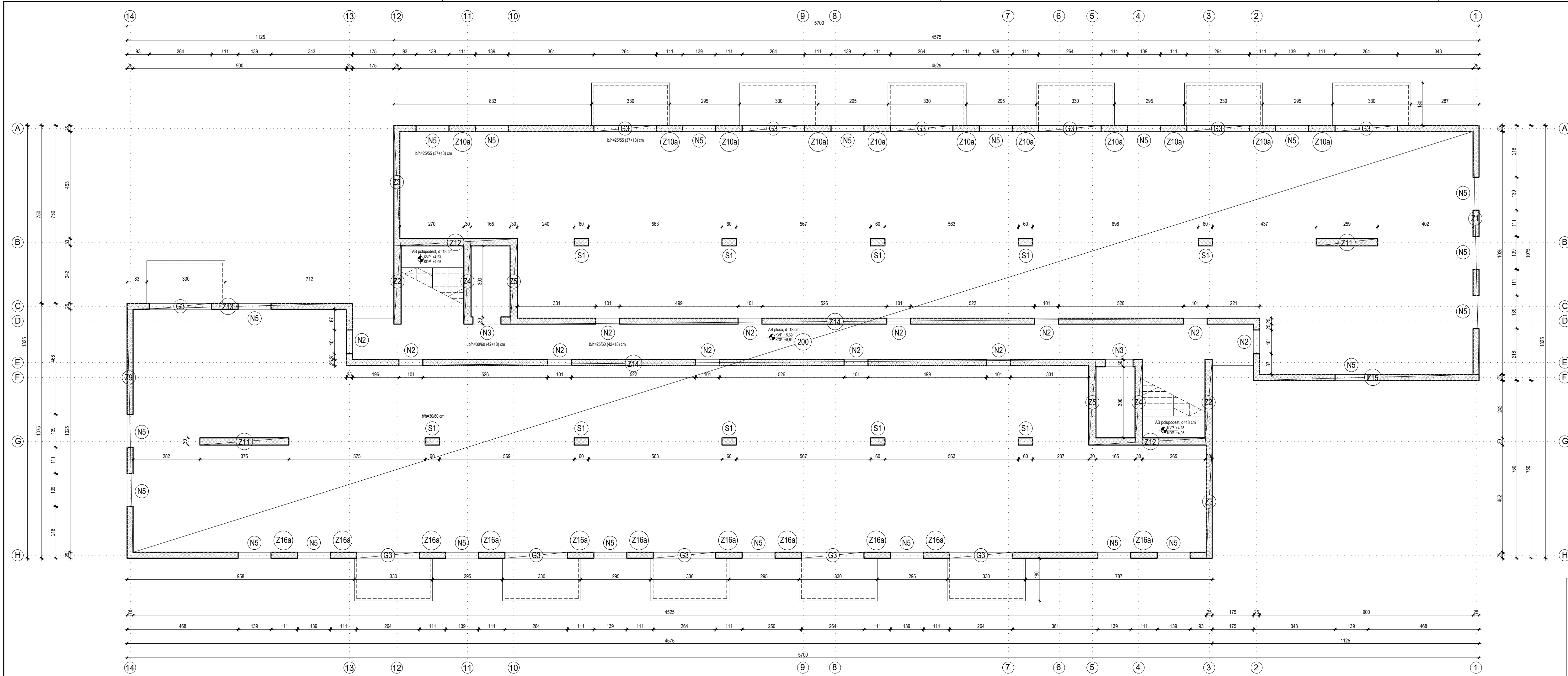


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU
STUDENT	Filip Pleić
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić
SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - PLOČA 000
DATUM	rujan, 2020.
MJERILO	1:100
BROJ PRILOGA	8

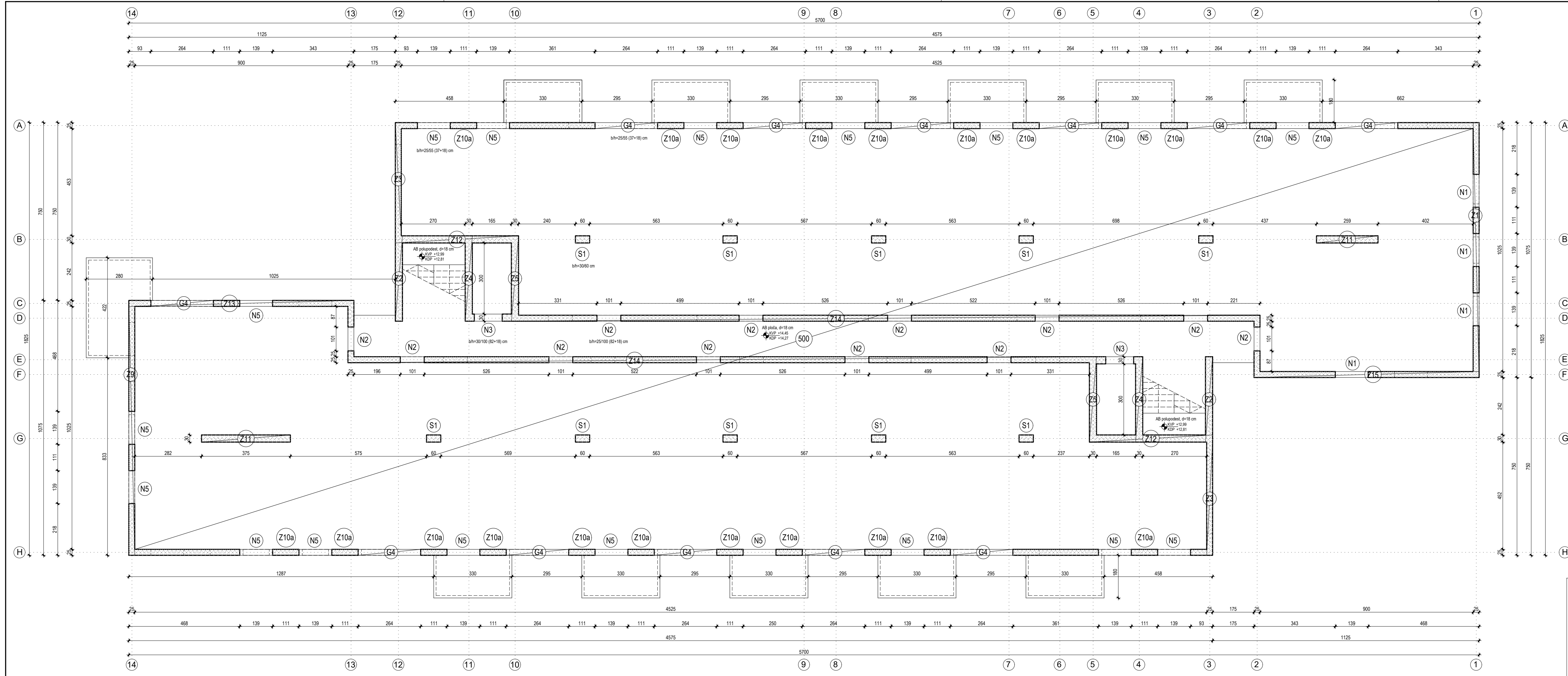



<p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
	TEMA <b>GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU</b>	
	STUDENT	Filip Pleić
	MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić
	SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - PLOČA 100
	DATUM	rujan, 2020.
MJERILO	1:100	
BROJ PRILOGA	9	

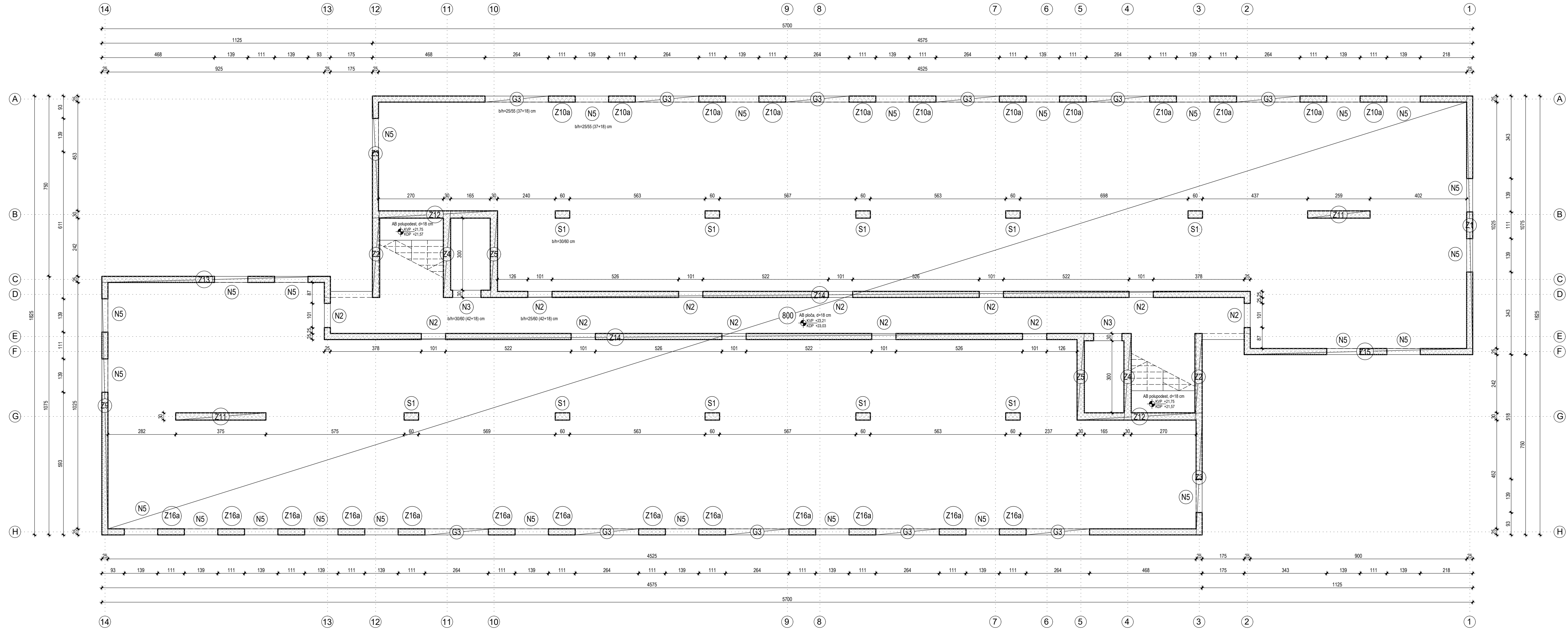


		<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
		<b>GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU</b>	
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - PLOČA 200	MJERILO	1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	10





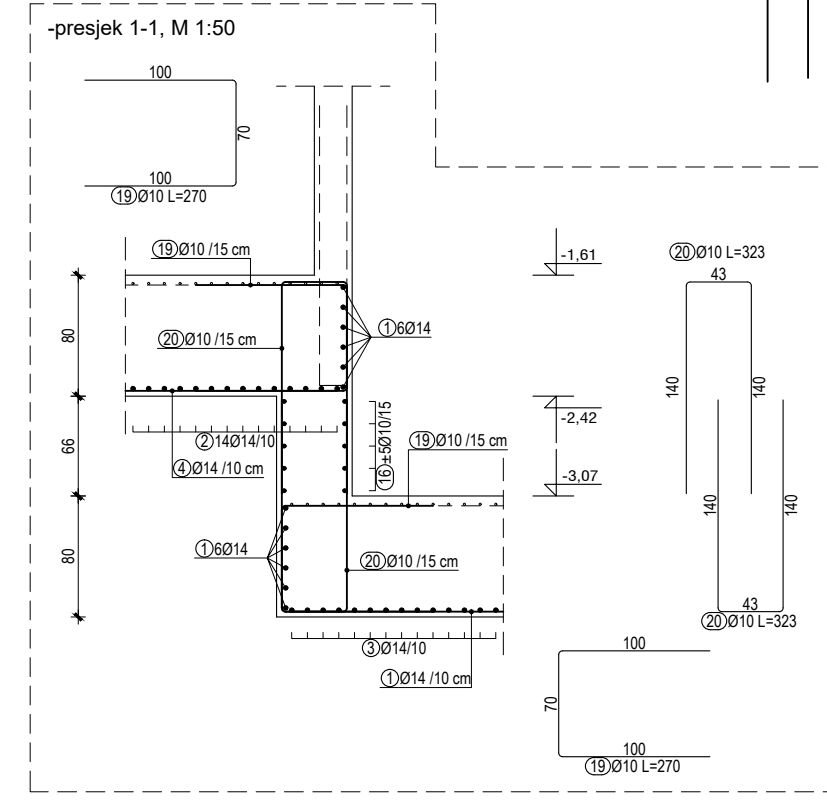
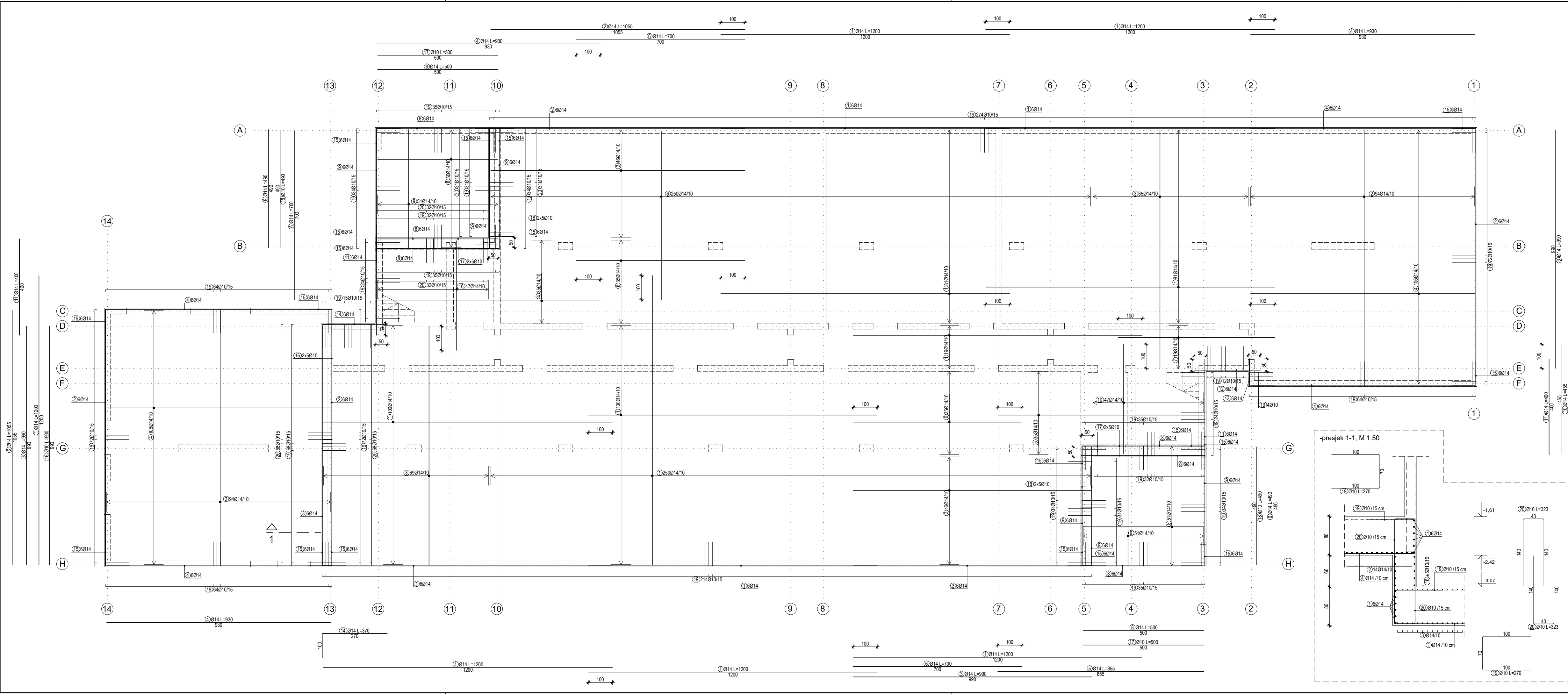
 <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15</p>	<b>DIPLOMSKI RAD</b>	
	TEMA <b>GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU</b>	
	STUDENT	Filip Pleić
	MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić
	SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - PLOČA 500
	DATUM	rujan, 2020.
MJEŠTO BROJ PRILOGA		1:100 11



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
 GEODEZIJE  
 KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU	
STUDENT	Filip Pleić	
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić	
SADRŽAJ	PLAN POZICIJA - PLOČA 800	MJERILO 1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA 12



Šipke - specifikacija					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgm [m]
Temeljna ploča - donja zona					
1	1200	14	12.00	655	7860.00
2	1055	14	10.55	258	2721.90
3	990	14	9.90	192	1900.80
4	930	14	9.30	271	2520.30
5	855	14	8.55	35	299.25
6	700	14	7.00	320	2240.00
7	650	14	6.50	19	123.50
8	500	14	5.00	137	685.00
9	490	14	4.90	138	676.20
10	455	14	4.55	94	427.70
11	400	14	4.00	12	48.00
12	275	14	2.75	6	16.50
13	110	14	2.10	6	12.60
14	270	14	3.70	6	22.20
15	100	14	2.00	114	228.00
16	990	10	9.90	10	99.00
17	500	10	5.00	20	100.00
18	490	10	4.90	20	98.00
19	100	10	2.70	1445	3901.50
20	140	10	3.23	262	846.26
21	140	14	2.09	870	1818.30
Jahač 1 kom/m <sup>2</sup>					

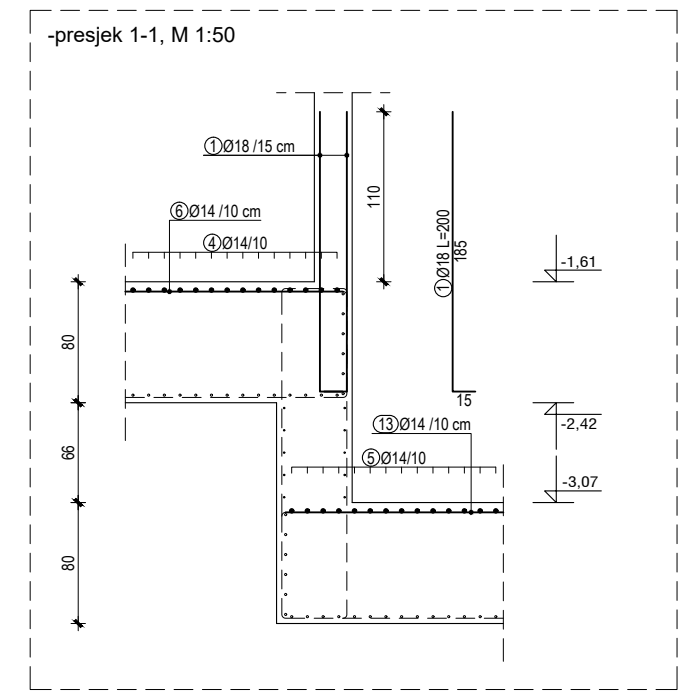
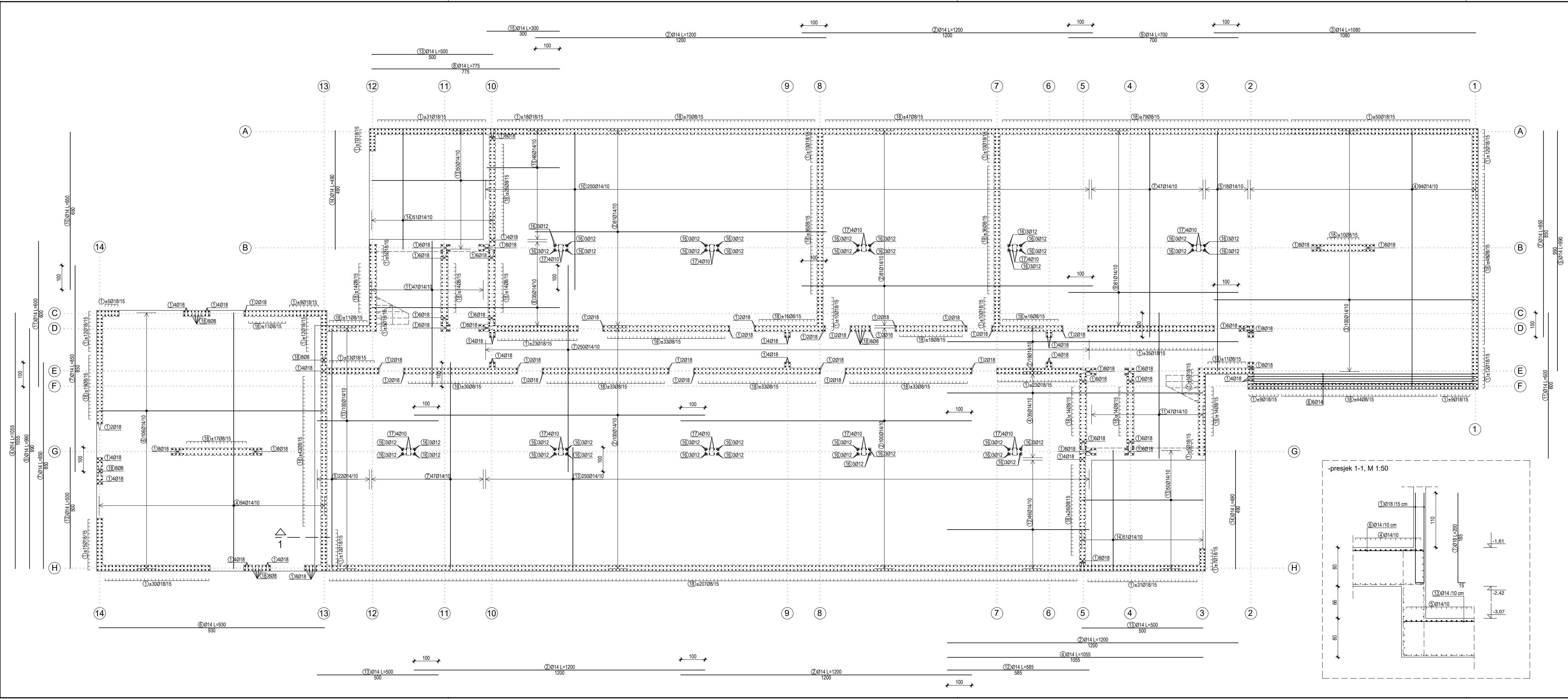
  

Šipke - rekapitulacija				
Ø [mm]	lgm [m]	Jedinična težina [kg/m <sup>3</sup> ]	Težina [kg]	
B 500B				
10	5044.76	0.62	3112.62	
14	21600.25	1.21	26136.30	
Ukupno			29248.92	



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD			
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - TEMELJNA PLOČA DONJA ZONA	MJERILO BROJ PRILOGA	1:100
DATUM	rujan, 2020.		13



Šipke - specifikacija					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgm [m]
Temeljna ploča - gornja zona					
1	185	18	2.00	1158	2316.00
2	1200	14	12.00	381	4572.00
3	1080	14	10.80	100	1080.00
4	1055	14	10.55	223	2352.65
5	990	14	9.90	40	396.00
6	930	14	9.30	112	1041.60
7	850	14	8.50	344	2924.00
8	775	14	7.75	35	271.25
9	700	14	7.00	81	567.00
10	650	14	6.50	250	1625.00
11	600	14	6.00	94	564.00
12	585	14	5.85	46	269.10
13	500	14	5.00	450	2250.00
14	490	14	4.90	102	499.80
15	300	14	3.00	46	138.00
16	155	12	1.70	120	204.00
17	135	10	1.50	40	60.00
18	125	8	1.40	2112	2956.80

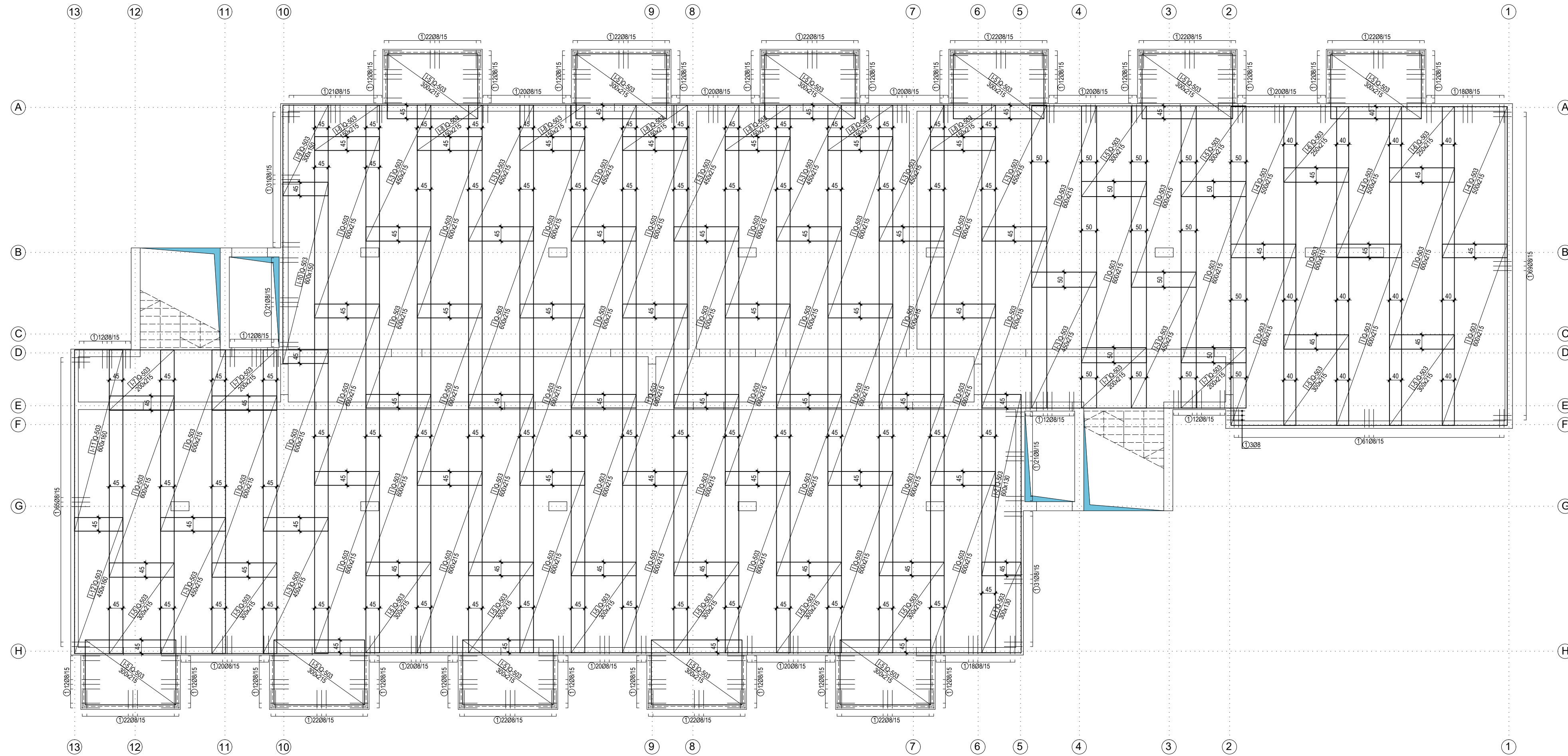
Šipke - rekapitulacija				
Ø [mm]	lgm [m]	Jedinična težina [kg/m³]	Težina [kg]	
B 500B				
8	2956.80	0.40	1167.94	
10	60.00	0.62	37.02	
12	204.00	0.89	181.15	
14	18550.40	1.21	22445.98	
18	2316.00	2.00	4627.37	
Ukupno			28459.46	



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - TEMELJNA PLOČA GORNJA ZONA	MJERILO BROJ PRILOGA	1:100
DATUM	rujan, 2020.		



Špika - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 000 - donja zona					
1	60	8	1.31	1093	1431.83

Špika - rekapitulacija

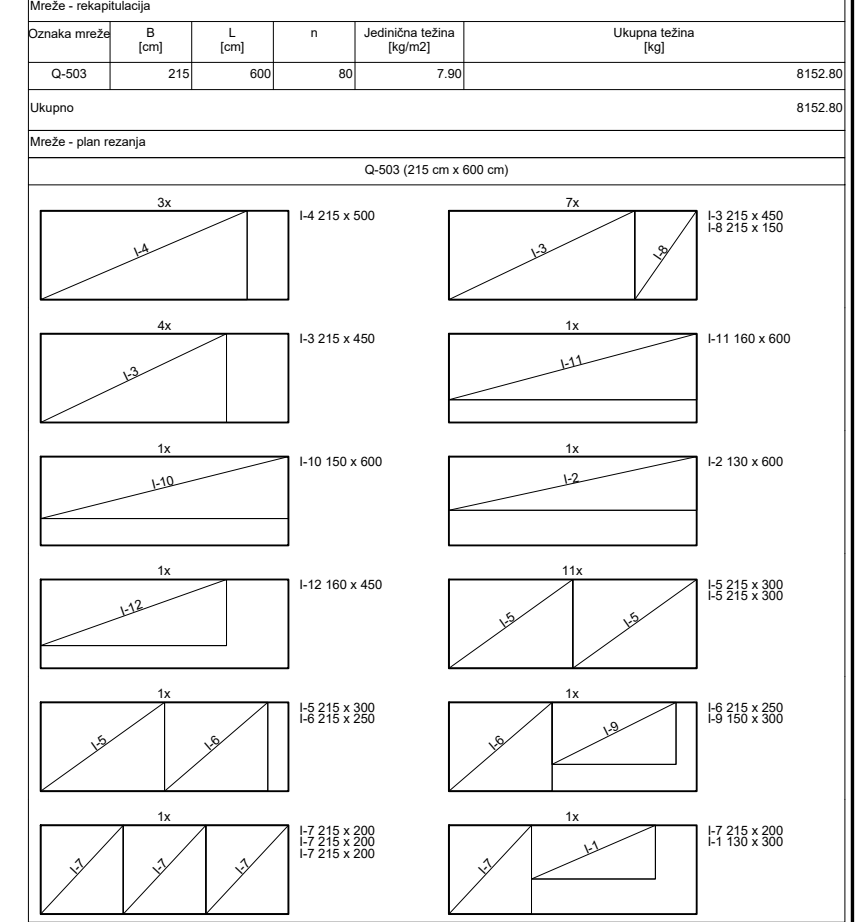
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
8	1431.83	0.40	565.57
Ukupno			565.57

Mreže - specifikacija

pozicija	oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 000 - donja zona						
1	Q-503	215	600	47	7.90	4789.77
1-1	Q-503	130	300	1	7.90	30.81
1-2	Q-503	130	600	1	7.90	61.62
1-3	Q-503	215	450	11	7.90	840.76
1-4	Q-503	215	500	3	7.90	254.77
1-5	Q-503	215	300	23	7.90	1171.96
1-6	Q-503	215	250	2	7.90	84.92
1-7	Q-503	215	200	4	7.90	135.88
1-8	Q-503	215	150	7	7.90	178.34
1-9	Q-503	150	300	1	7.90	35.55
1-10	Q-503	150	600	1	7.90	71.10
1-11	Q-503	160	600	1	7.90	75.84
1-12	Q-503	160	450	1	7.90	58.88
Ukupno						7788.22

Mreže - rekapitulacija

oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-503	215	600	80	7.90	8152.80
Ukupno					8152.80



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: **GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT: **Filip Pleić**

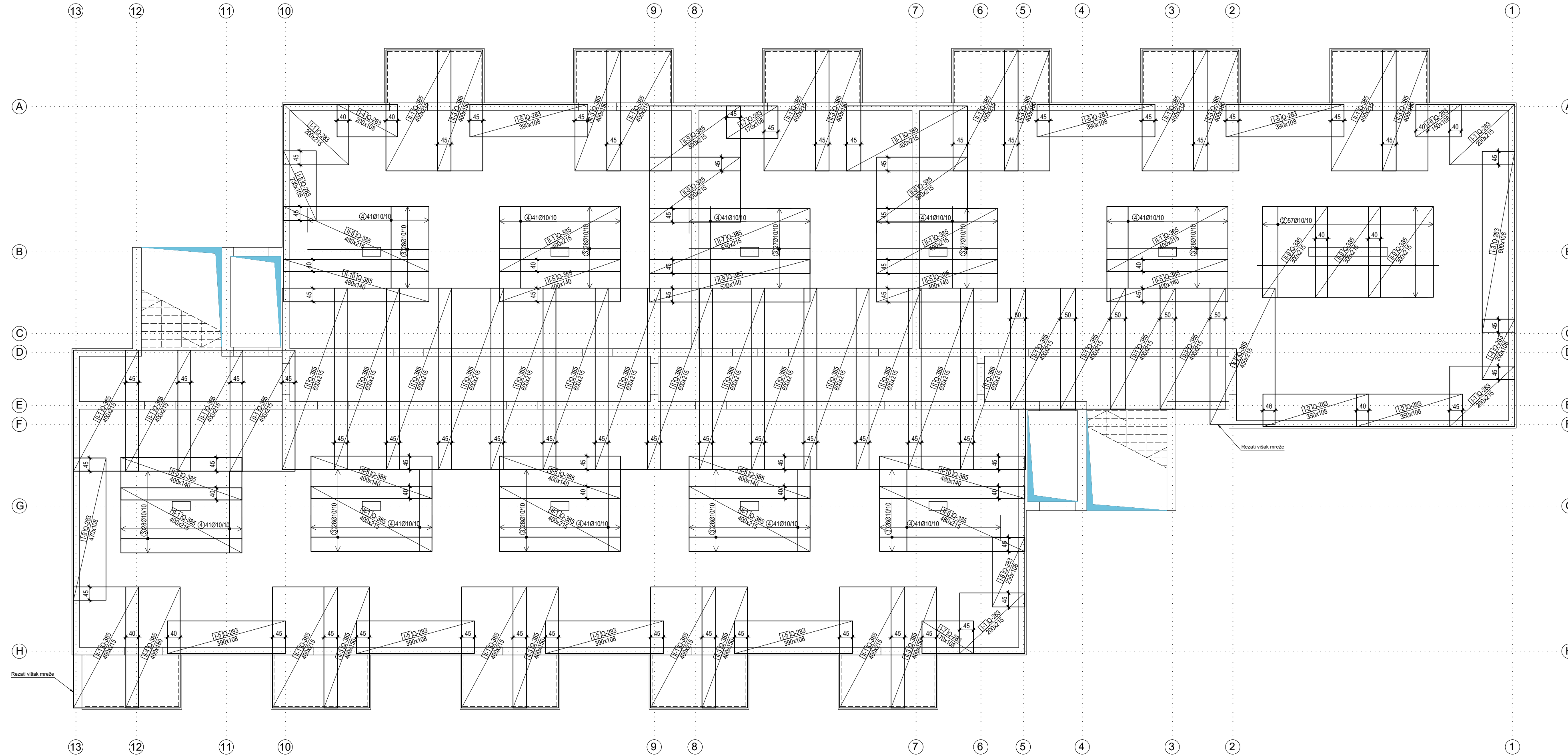
MENTOR: **dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ: **ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 000 DONJA ZONA**

DATUM: **rujan, 2020.**

MJERILO: **1:100**

BROJ PRILOGA: **15**



Špiko - specifikacija

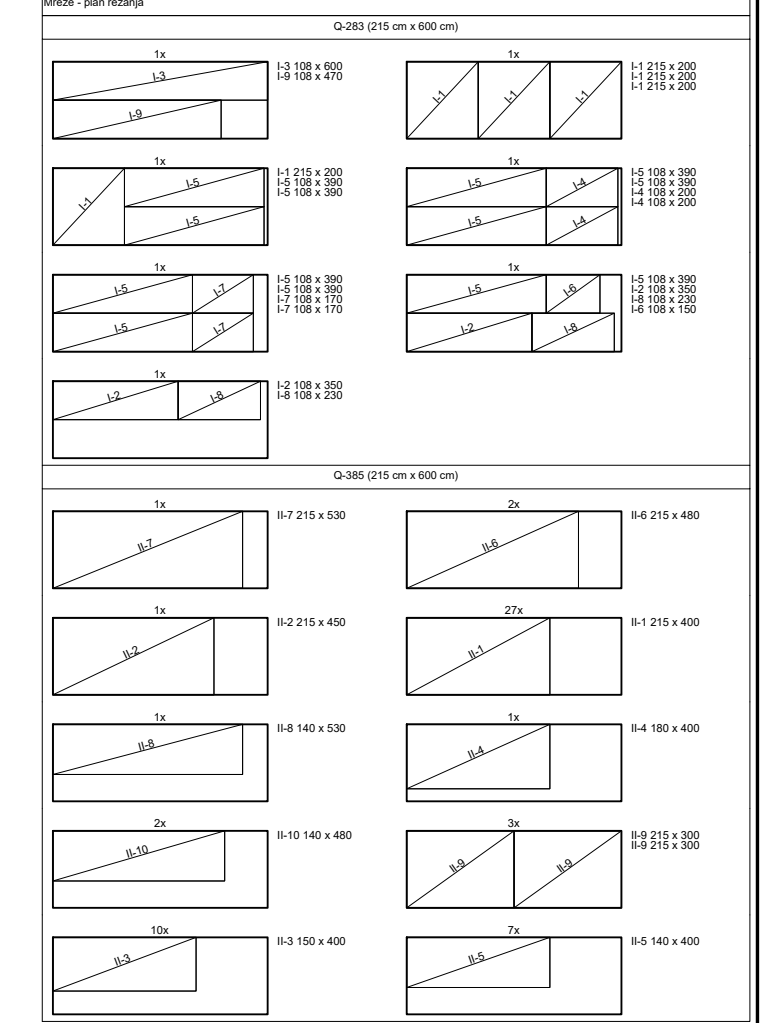
ozn	oblik i mjera [mm]	Ø [mm]	lg [mm]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 000 - gornja zona					
1	500	10	6.00	31	186.00
2	300	10	3.00	57	171.00
3	400	10	4.00	278	1112.00
4	270	10	2.70	410	1107.00
Špika - rekapitulacija					
Ø [mm]	lgn [m]	Jednina težina [kg/m]	Težina [kg]		
10	2576.00	B 500B	0.62	1589.39	
Ukupno				1589.39	

Mreže - specifikacija

pozicija	Dizajn mreže	B [mm]	L [mm]	n	Jednina težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 000 - gornja zona						
I-1	Q-283	215	200	4	4.44	76.37
I-2	Q-283	108	350	2	4.44	33.41
I-3	Q-283	108	600	1	4.44	28.64
I-4	Q-283	108	200	2	4.44	19.09
I-5	Q-283	108	390	7	4.44	130.30
I-6	Q-283	108	150	1	4.44	7.16
I-7	Q-283	108	170	2	4.44	16.23
I-8	Q-283	108	230	2	4.44	21.96
I-9	Q-283	108	470	1	4.44	22.43
II	Q-385	215	600	14	6.10	1101.66
II-1	Q-385	215	400	27	6.10	1416.42
II-2	Q-385	215	450	1	6.10	59.02
II-3	Q-385	150	400	10	6.10	366.00
II-4	Q-385	180	400	1	6.10	43.92
II-5	Q-385	140	400	7	6.10	239.12
II-6	Q-385	215	480	2	6.10	125.90
II-7	Q-385	215	530	1	6.10	69.51
II-8	Q-385	140	530	1	6.10	45.28
II-9	Q-385	215	300	6	6.10	230.07
II-10	Q-385	140	480	2	6.10	81.98
Ukupno						4140.40

Mreže - rekapitulacija

Dizajn mreže	B [mm]	L [mm]	n	Jednina težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]	
Q-283	215	600	7	4.44	400.93	
Q-385	215	600	69	6.10	5429.61	
Ukupno						5830.54



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

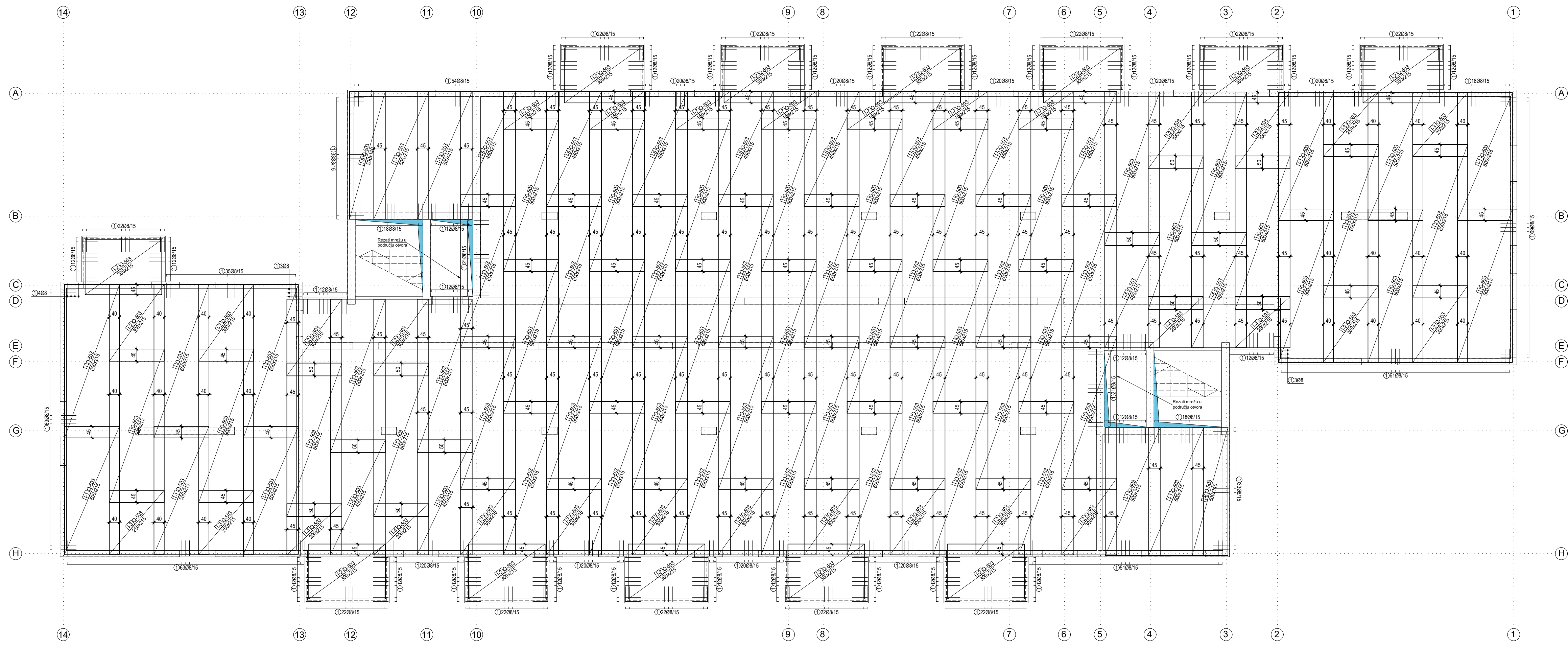
MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 000  
GORNJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
BROJ PRILOGA  
**1:100**

**16**

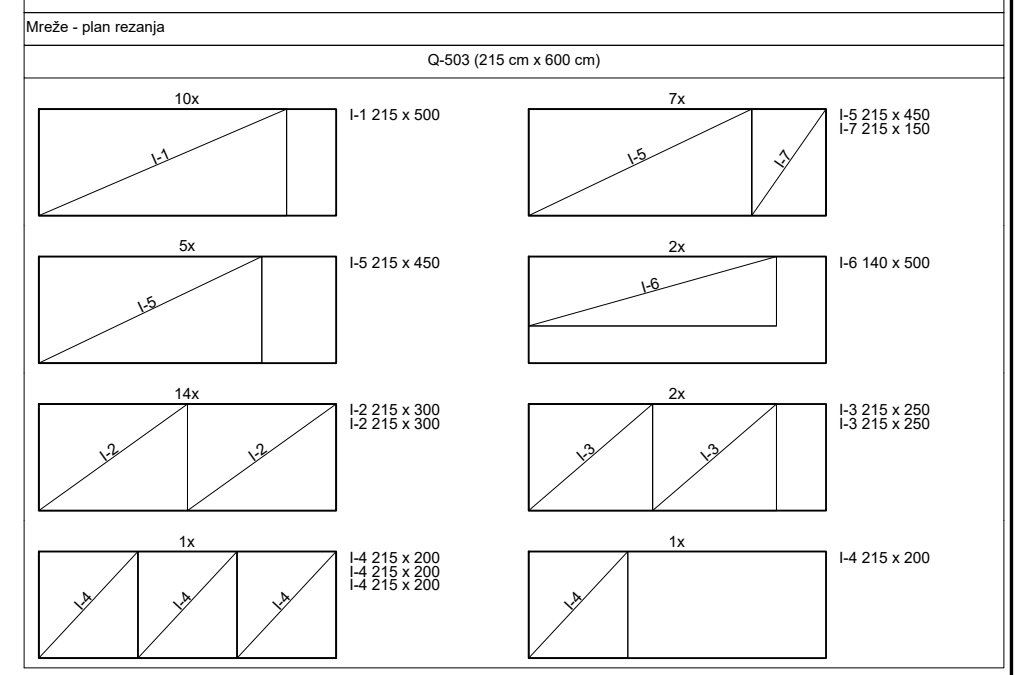


Mreže - specifikacija

pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 100 - donja zona						
I	Q-503	215	600	55	7.90	5605.05
I-1	Q-503	215	500	10	7.90	849.25
I-2	Q-503	215	300	28	7.90	1426.74
I-3	Q-503	215	250	4	7.90	169.85
I-4	Q-503	215	200	4	7.90	135.88
I-5	Q-503	215	450	12	7.90	917.19
I-6	Q-503	140	500	2	7.90	110.59
I-7	Q-503	215	150	7	7.90	178.34
Ukupno						9392.89

Mreže - rekapitulacija

Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-503	215	600	97	7.90	9885.27
Ukupno					9885.27



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

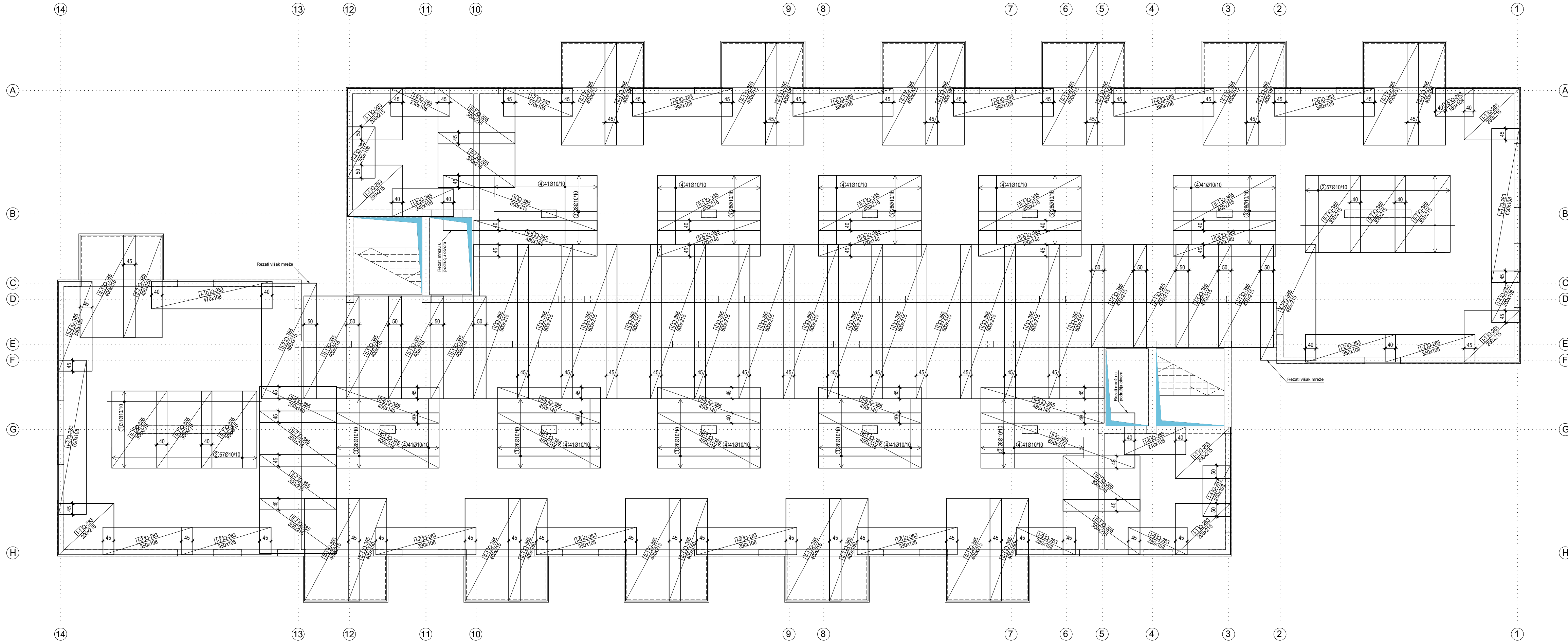
MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 100  
DONJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
BROJ PRILOGA  
**1:100**

**17**



**Spisak - specifikacija**

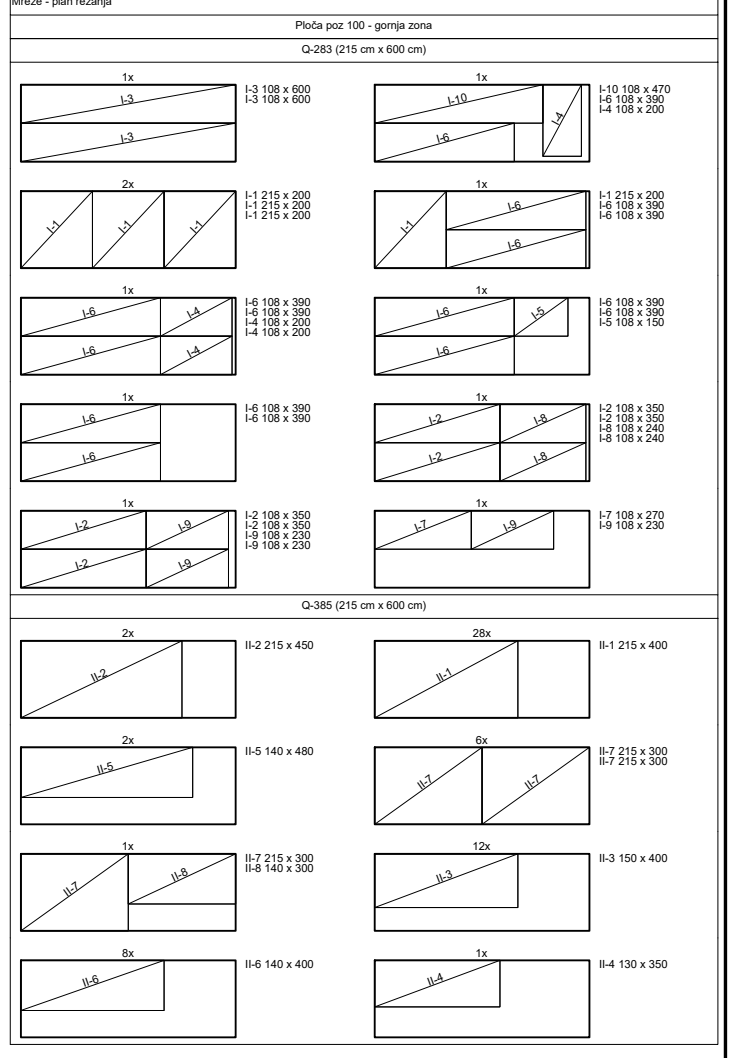
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	l <sub>0</sub> [mm]	n [kom]	l <sub>0n</sub> [m]
Ploča poz 100 - gornja zona					
1	600	10	6.00	62	372.00
2	300	10	3.00	114	342.00
3	400	10	4.00	286	1120.00
4	270	10	2.70	410	1107.00
Spisak - rekapitulacija					
Ø [mm]	l <sub>0n</sub> [m]	Jedinična težina [kg/m <sup>3</sup> ]	Težina [kg]		
10	2941.00	0.62	1814.60		
Ukupno			1814.60		

**Mreže - specifikacija**

pozicija	oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 100 - gornja zona						
I-1	Q-283	215	200	7	4.44	133.64
I-2	Q-283	108	350	4	4.44	66.82
I-3	Q-283	108	600	2	4.44	57.28
I-4	Q-283	108	200	3	4.44	28.64
I-5	Q-283	108	150	1	4.44	7.16
I-6	Q-283	108	390	9	4.44	167.53
I-7	Q-283	108	270	1	4.44	12.89
I-8	Q-283	108	240	2	4.44	22.91
I-9	Q-283	108	230	3	4.44	32.93
I-10	Q-283	108	470	1	4.44	22.43
II	Q-385	215	600	16	6.10	1259.04
II-1	Q-385	215	400	28	6.10	1468.88
II-2	Q-385	215	450	2	6.10	118.03
II-3	Q-385	150	400	12	6.10	439.20
II-4	Q-385	130	350	1	6.10	27.76
II-5	Q-385	140	480	2	6.10	81.98
II-6	Q-385	140	400	6	6.10	273.28
II-7	Q-385	215	300	15	6.10	511.48
II-8	Q-385	140	300	1	6.10	25.62
Ukupno						4757.52

**Mreže - rekapitulacija**

oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-283	215	600	11	4.44	630.04
Q-385	215	600	76	6.10	5980.44
Ukupno					6610.48



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grgić**

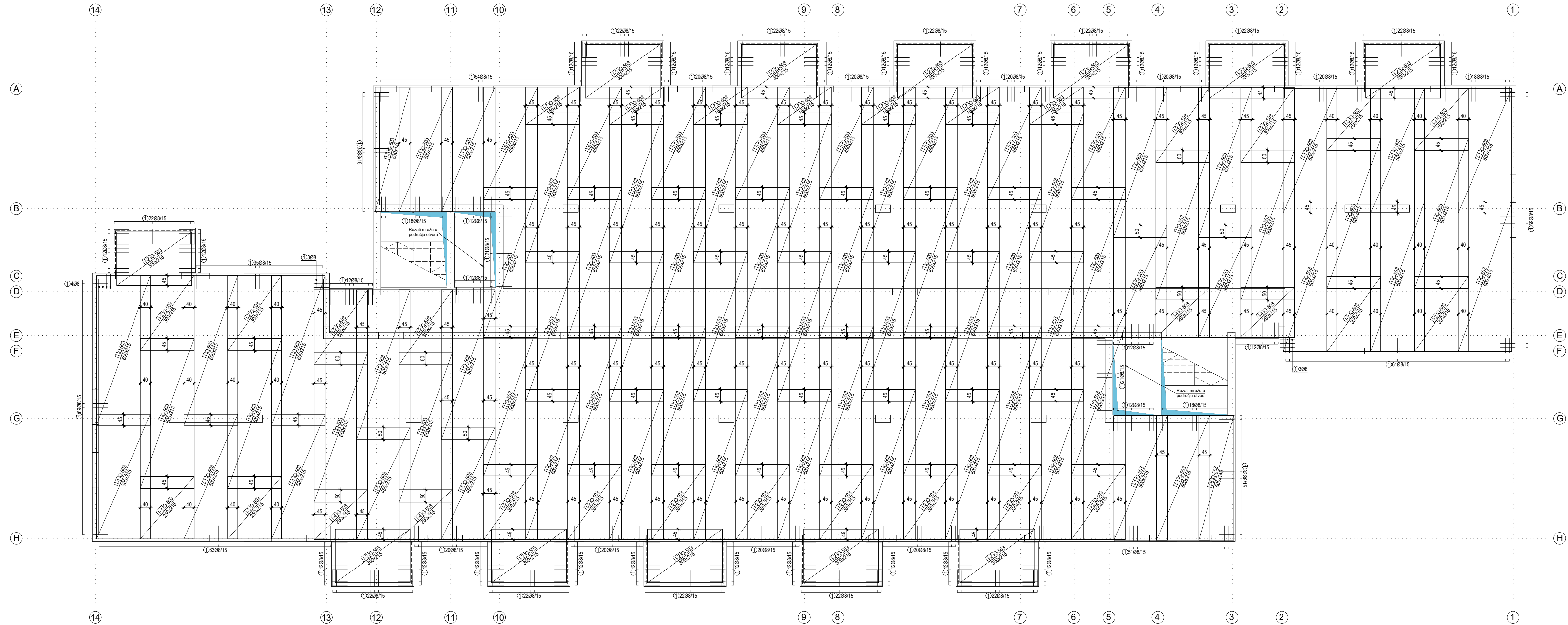
SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 100  
GORNJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
BROJ PRILOGA  
**1:100**

**18**





Sipke - specifikacija

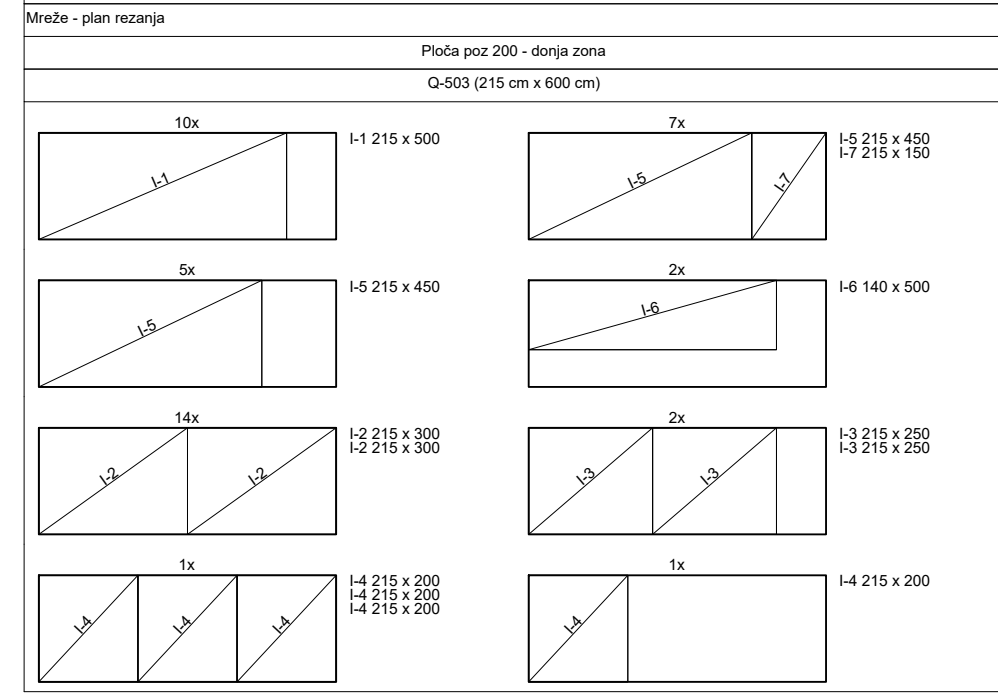
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 200 - donja zona					
1		8	1.31	1378	1805.18
Sipke - rekapitulacija					
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Težina [kg]		
8	1805.18	B 500B	713.05		
Ukupno			713.05		

Mreže - specifikacija

pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 200 - donja zona						
I	Q-503	215	600	55	7.90	5605.05
I-1	Q-503	215	500	10	7.90	849.25
I-2	Q-503	215	300	28	7.90	1426.74
I-3	Q-503	215	250	4	7.90	169.85
I-4	Q-503	215	200	4	7.90	135.88
I-5	Q-503	215	450	12	7.90	917.19
I-6	Q-503	140	500	2	7.90	110.59
I-7	Q-503	215	150	7	7.90	178.34
Ukupno						9392.89

Mreže - rekapitulacija

Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-503	215	600	97	7.90	9885.27
Ukupno					9885.27



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

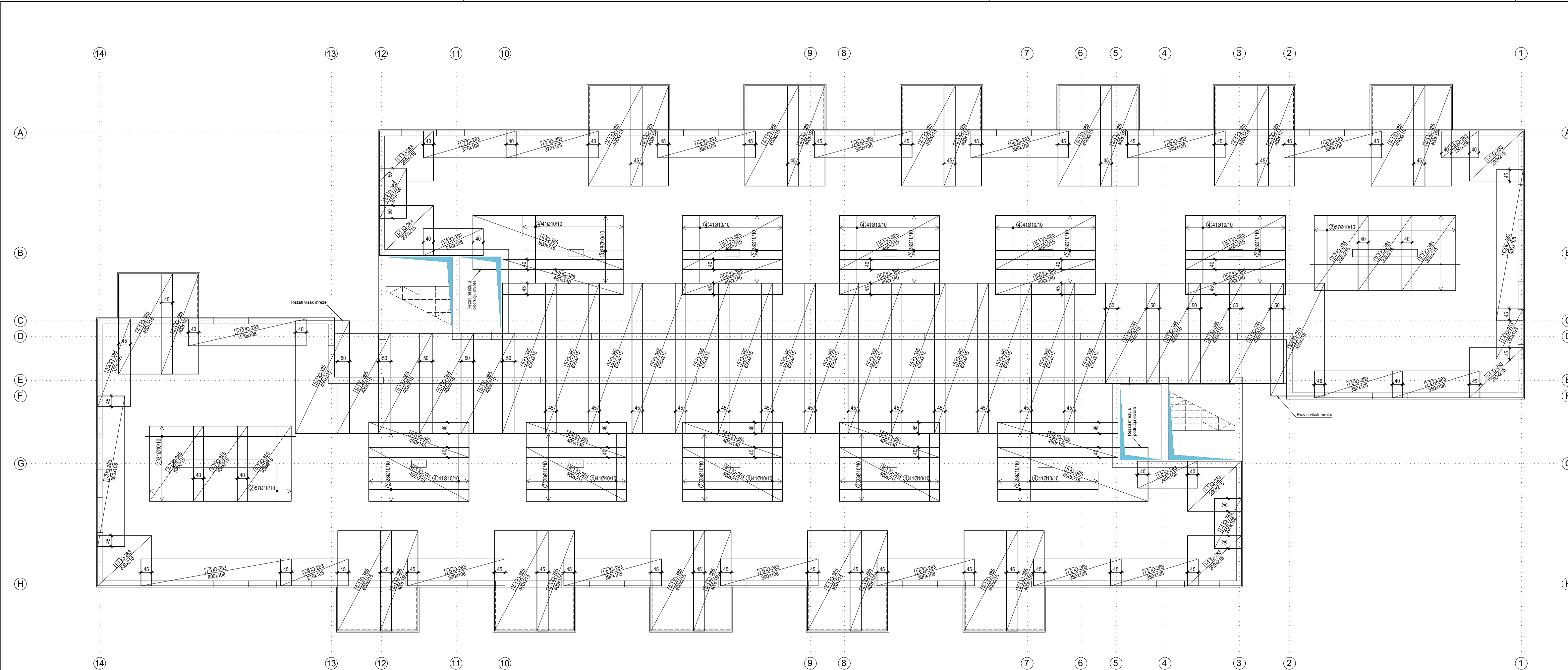
MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 200  
DONJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
BROJ PRILOGA  
**1:100**

**19**



**Šipke - specifikacija**

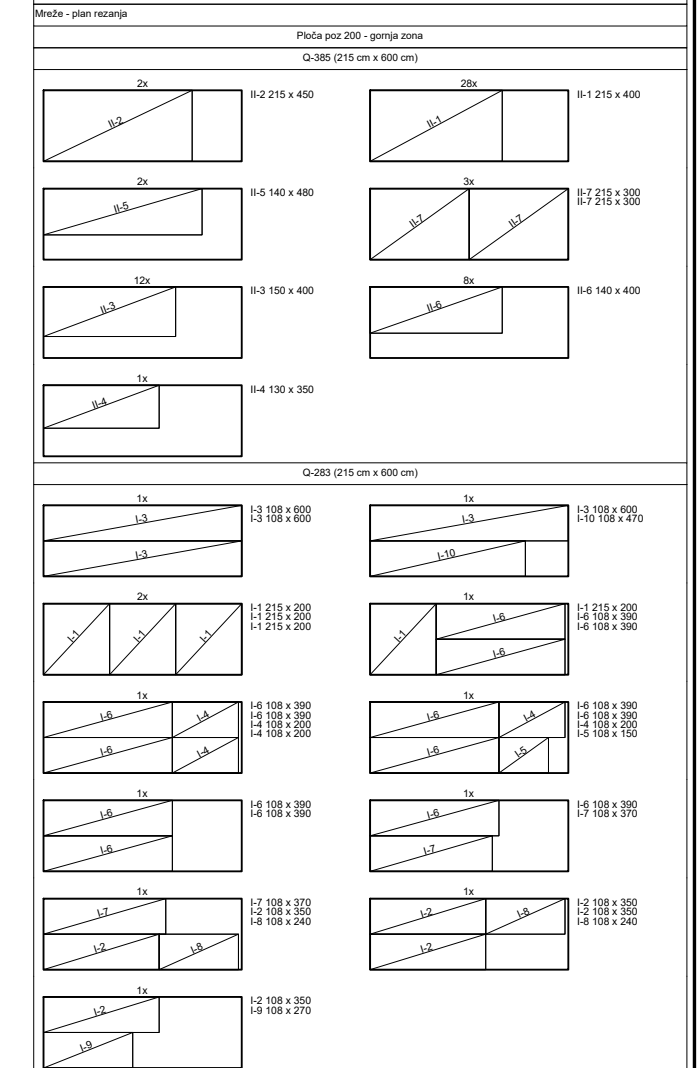
ozn	ozn i mjera [mm]	l [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 200 - gornja zona				
1	600	10	6.00	60
2	300	10	3.00	114
3	400	10	4.00	280
4	270	10	2.70	410
Šipke - rekapitulacija				
Ø [mm]	lgn [m]	Jednolična težina [kg/m]	Težina [kg]	
10	2941.00	0.62	1814.60	
B 500B			1814.60	
Ukupno			1814.60	

**Mreže - specifikacija**

pozicija	oznaka mreže	B [mm]	L [mm]	n	Jednolična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 200 - gornja zona						
I-1	Q-283	215	200	7	4.44	133.64
I-2	Q-283	108	300	4	4.44	66.82
I-3	Q-283	108	600	3	4.44	19.91
I-4	Q-283	108	200	3	4.44	26.66
I-5	Q-283	108	150	3	4.44	7.16
I-6	Q-283	108	300	3	4.44	16.73
I-7	Q-283	108	370	2	4.44	35.32
I-8	Q-283	108	240	2	4.44	22.91
I-9	Q-283	108	270	1	4.44	12.89
I-10	Q-283	108	470	1	4.44	22.43
II	Q-385	215	600	16	6.10	1259.04
II-1	Q-385	215	400	28	6.10	1468.88
II-2	Q-385	215	480	2	6.10	116.03
II-3	Q-385	108	400	13	6.10	439.30
II-4	Q-385	130	350	1	6.10	27.70
II-5	Q-385	140	480	2	6.10	81.98
II-6	Q-385	140	400	6	6.10	273.28
II-7	Q-385	215	300	6	6.10	236.07
Ukupno						
4487.50						

**Mreže - rekapitulacija**

oznaka mreže	B [mm]	L [mm]	n	Jednolična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-385	215	600	72	6.10	5665.68
Q-283	215	600	12	4.44	687.31
Ukupno					6352.99



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

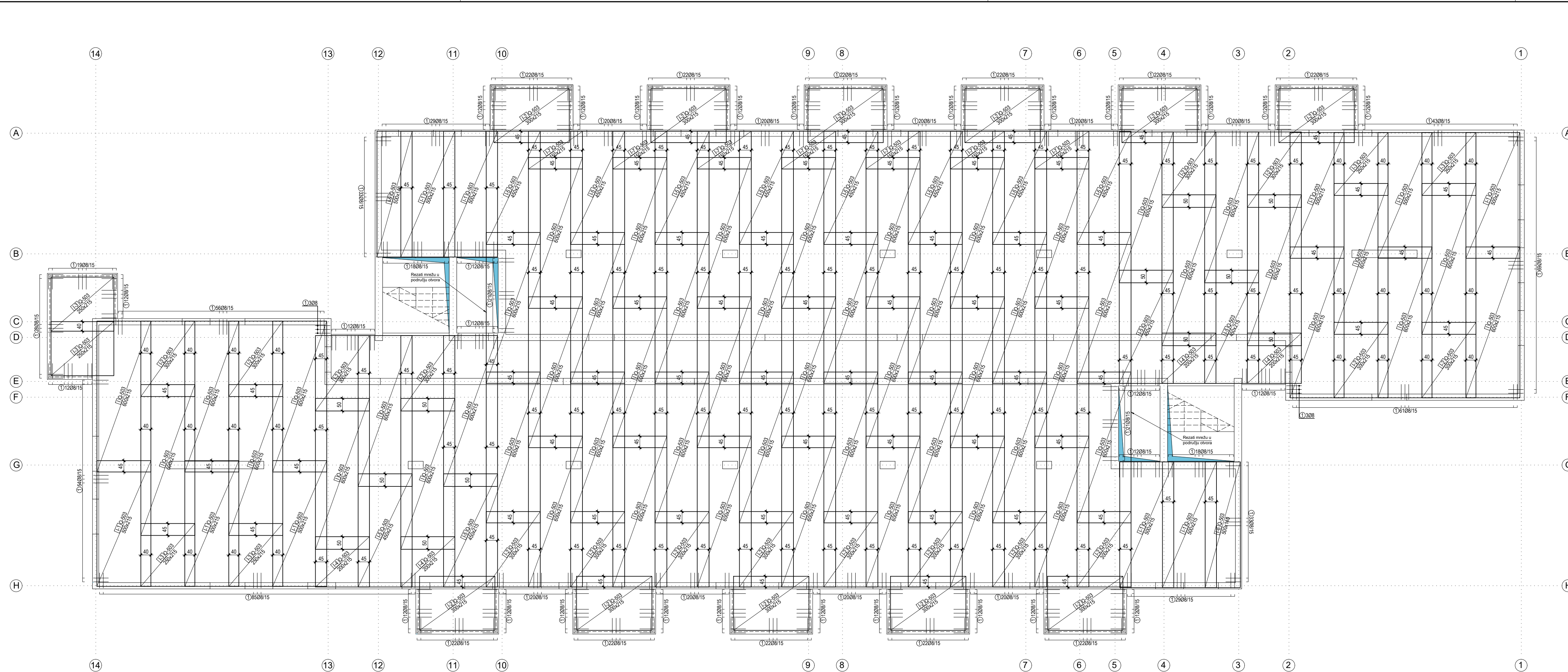
MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grčić**

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 200  
GORNJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
BROJ PRILOGA  
**1:100**

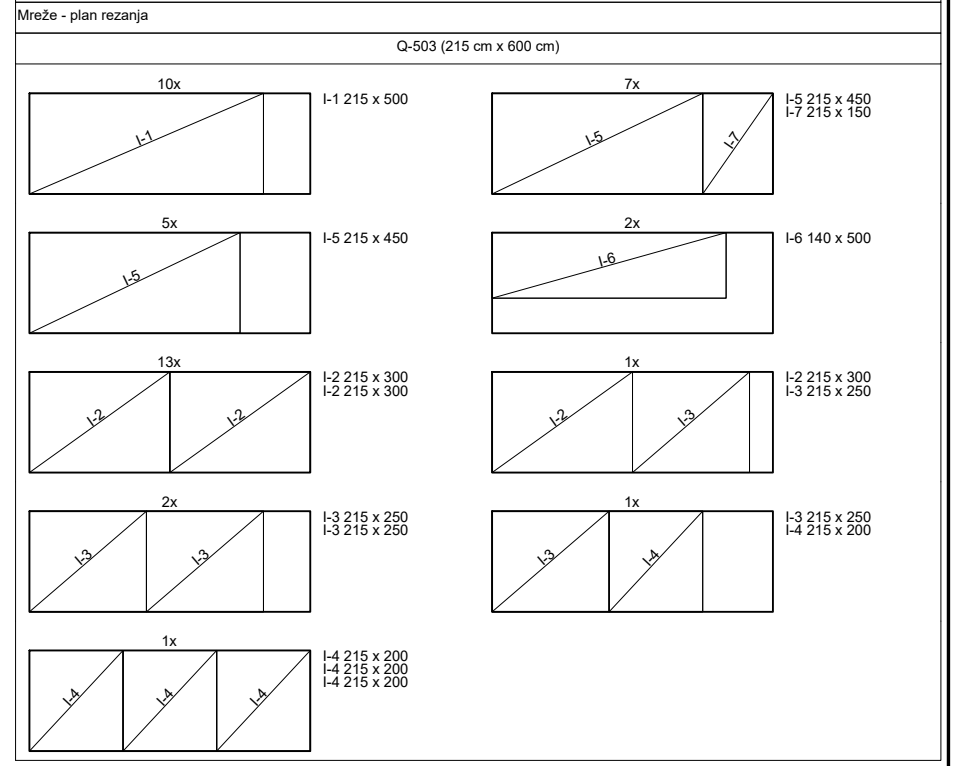
**20**



Šipke - specifikacija					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 500 - donja zona					
1	60	8	1.31	1405	1840.55
Šipke - rekapitulacija					
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]		
8	1840.55	0.40	727.02		
Ukupno			727.02		

Mreže - specifikacija						
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 500 - donja zona						
I	Q-503	215	600	55	7.90	5605.05
I-1	Q-503	215	500	10	7.90	849.25
I-2	Q-503	215	300	27	7.90	1375.78
I-3	Q-503	215	250	6	7.90	254.77
I-4	Q-503	215	200	4	7.90	135.88
I-5	Q-503	215	450	12	7.90	917.19
I-6	Q-503	140	500	2	7.90	110.59
I-7	Q-503	215	150	7	7.90	178.34
Ukupno						9426.86

Mreže - rekapitulacija						
Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]	
Q-503	215	600	97	7.90	9885.27	
Ukupno						9885.27



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: **GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT: **Filip Pleić**

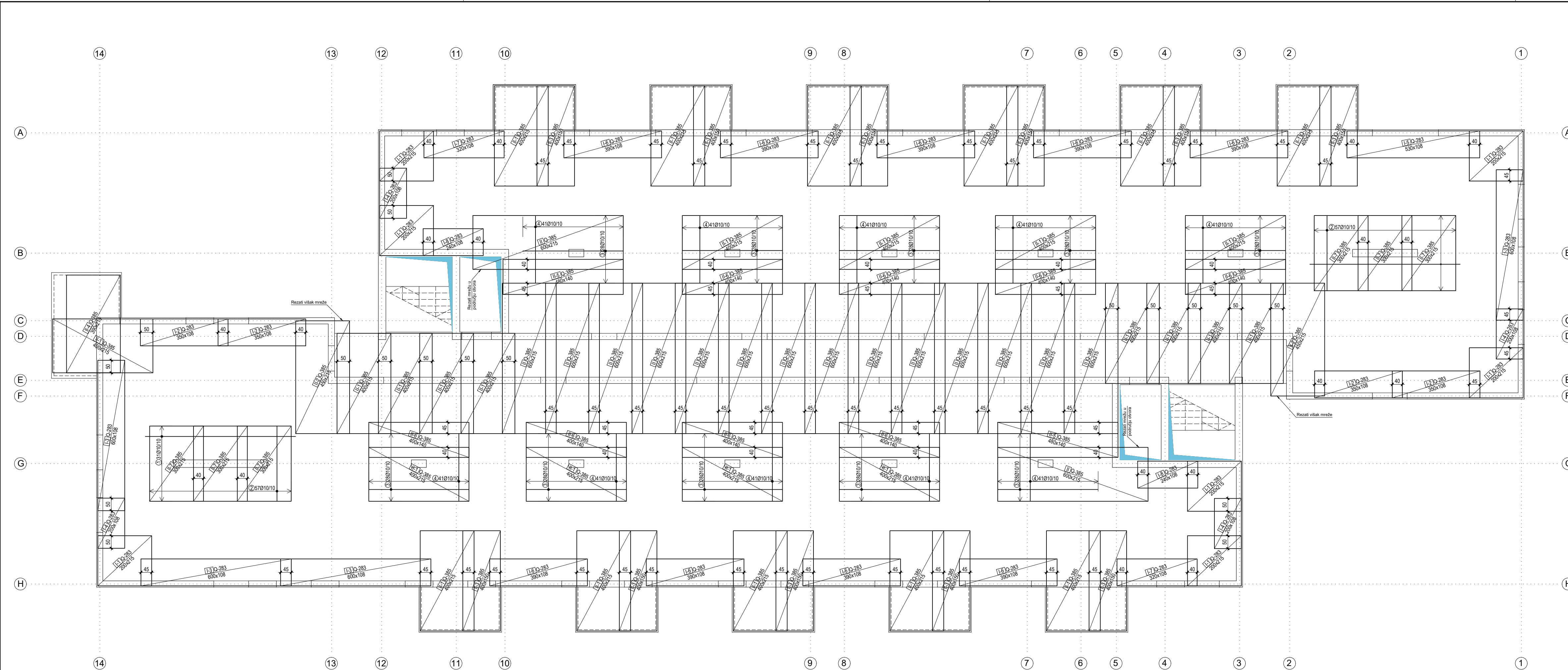
MENTOR: **dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ: **ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 500  
DONJA ZONA**

DATUM: **rujan, 2020.**

MJERILO: **1:100**

BROJ PRILOGA: **21**



Opis - specifikacija

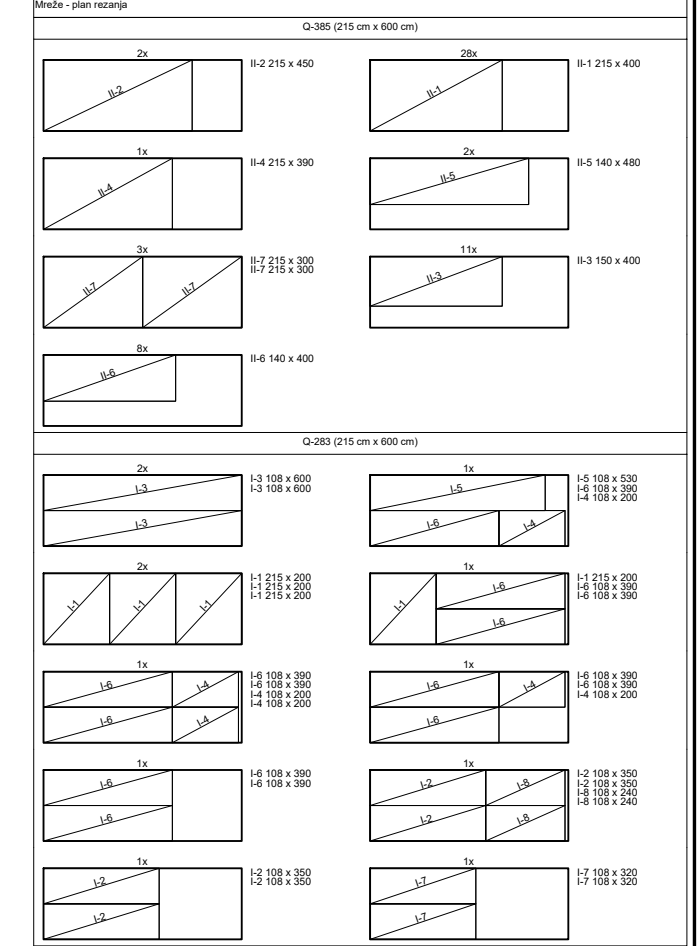
ozn	debljina (mm)	Ø (mm)	l <sub>0</sub> (mm)	n	l <sub>1</sub> (mm)	l <sub>2</sub> (mm)
Ploča poz 500 - gornja zona						
1	600	10	6.00	62	372.00	
2	300	10	3.00	114	342.00	
3	400	10	4.00	280	1120.00	
4	270	10	2.70	410	1107.00	
Opis - rekapitulacija						
Ø (mm)	l <sub>1</sub> (mm)	Jedinična težina (kg/m <sup>2</sup> )	Težina (kg)			
10	2941.00	0.62	1814.60			
Ukupno			1814.60			

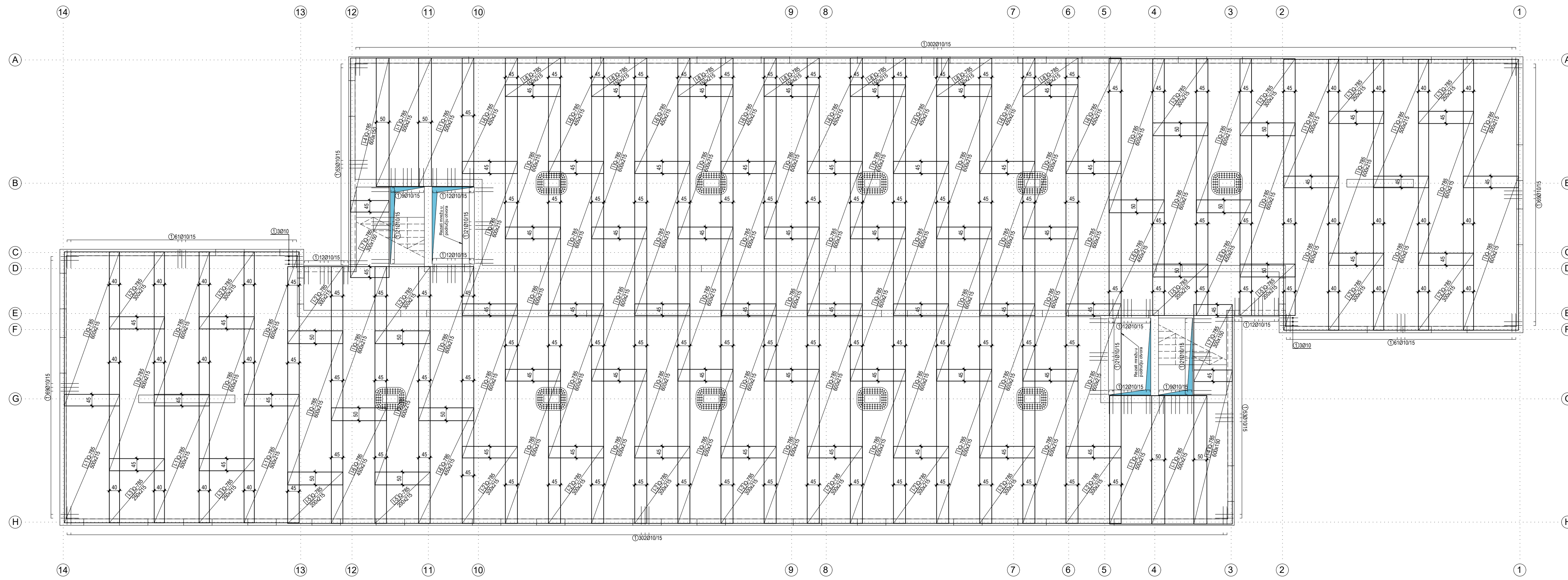
Mreža - specifikacija

pozicija	oznaka mreže	B (mm)	L (mm)	n	Jedinična težina (kg/m <sup>2</sup> )	Ukupna težina (kg)
Ploča poz 500 - gornja zona						
I-1	Q-283	215	200	7	4.44	133.64
I-2	Q-283	108	300	4	4.44	66.82
I-3	Q-283	108	600	4	4.44	133.64
I-4	Q-283	108	200	4	4.44	66.82
I-5	Q-283	108	530	1	4.44	22.91
I-6	Q-283	108	300	3	4.44	133.64
I-7	Q-283	108	300	2	4.44	66.82
I-8	Q-283	108	240	2	4.44	44.55
II	Q-385	215	600	18	6.10	1299.04
II-1	Q-385	215	400	28	6.10	1468.88
II-2	Q-385	215	400	2	6.10	118.03
II-3	Q-385	150	400	11	6.10	402.60
II-4	Q-385	215	380	1	6.10	37.18
II-5	Q-385	140	400	3	6.10	51.98
II-6	Q-385	140	400	8	6.10	273.28
II-7	Q-385	215	300	6	6.10	236.07
Ukupno			4460.53			

Mreža - rekapitulacija

oznaka mreže	B (mm)	L (mm)	n	Jedinična težina (kg/m <sup>2</sup> )	Ukupna težina (kg)	
Q-385	215	600	7	6.10	5586.99	
Q-283	215	600	12	4.44	687.31	
Ukupno			6274.30			





Spjeka - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 800 - donja zona					
1		10	1.51	1150	1736.50
2		8	0.49	860	421.40

Spjeka - rekapitulacija

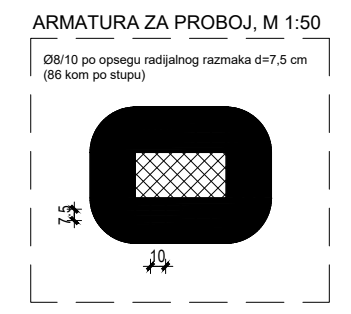
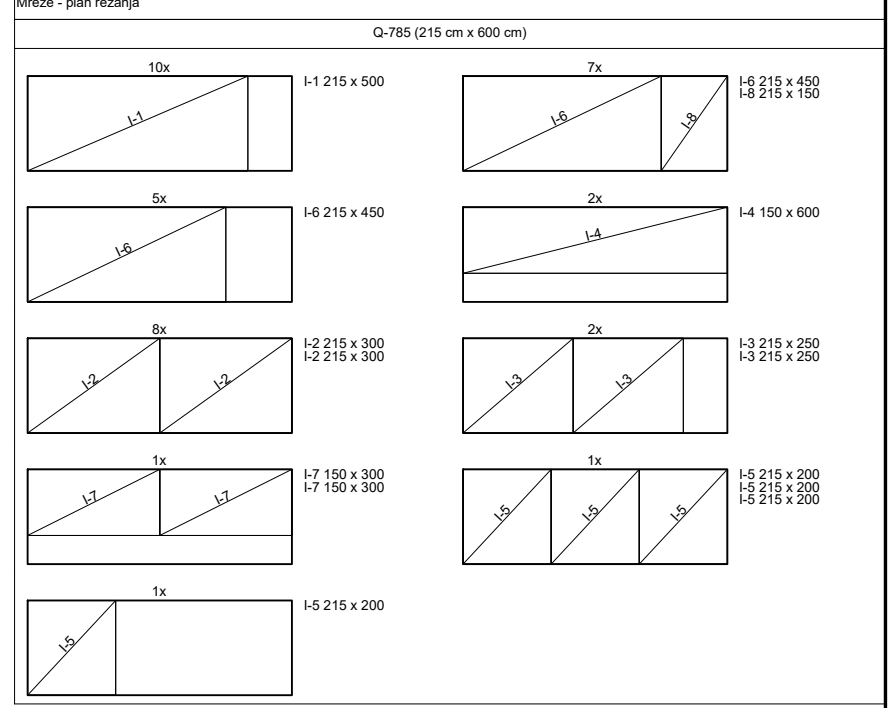
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B 600B			
8	421.40	0.40	166.40
10	1736.50	0.62	1071.42
<b>Ukupno</b>			<b>1237.87</b>

Mreže - specifikacija

Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 800 - donja zona						
I	Q-785	215	600	55	8.22	5832.00
I-1	Q-785	215	500	10	8.22	883.65
I-2	Q-785	215	300	16	8.22	848.30
I-3	Q-785	215	250	4	8.22	176.73
I-4	Q-785	150	600	2	8.22	147.96
I-5	Q-785	215	200	4	8.22	141.38
I-6	Q-785	215	450	12	8.22	954.34
I-7	Q-785	150	300	2	8.22	73.98
I-8	Q-785	215	150	7	8.22	185.57
<b>Ukupno</b>						<b>9244.01</b>

Mreže - rekapitulacija

Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Q-785	215	600	92	8.22	9755.50
<b>Ukupno</b>					<b>9755.50</b>



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
**Filip Pleić**

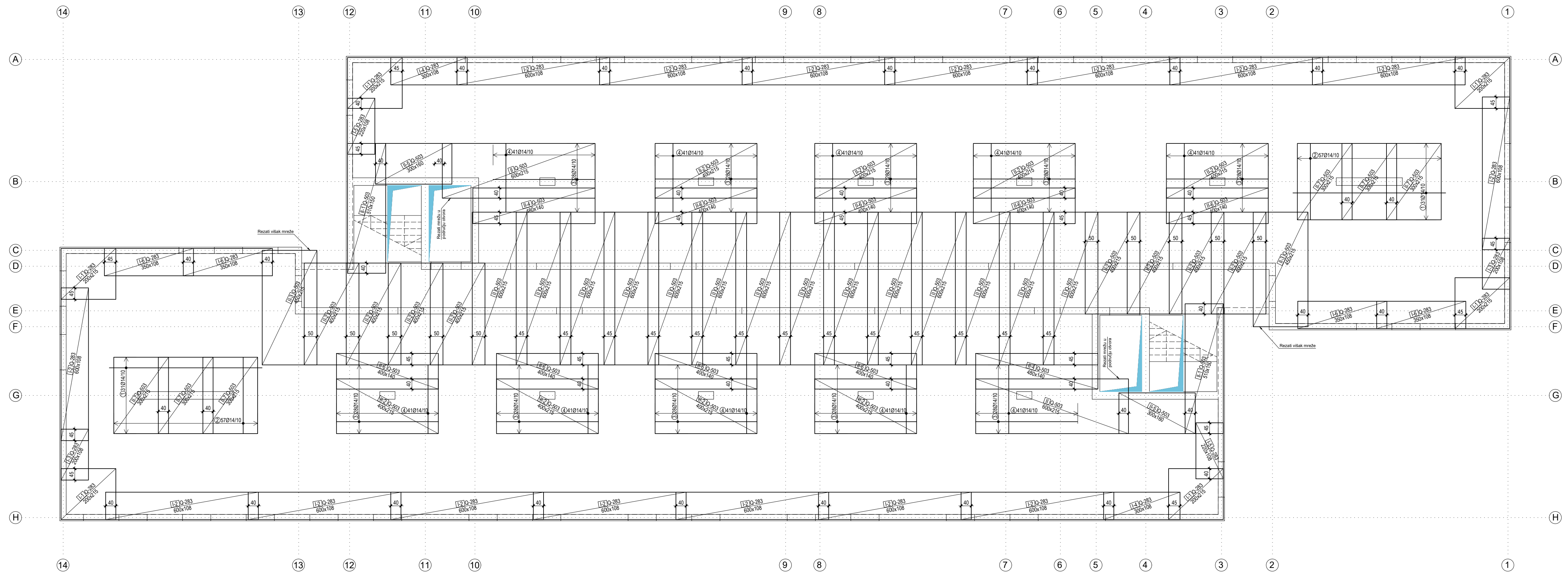
MENTOR  
**dr. sc. Nikola Grgić**

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 800  
DONJA ZONA**

DATUM  
**rujan, 2020.**

MJERILO  
**1:100**

BROJ PRILOGA  
**23**



Sipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø [mm]	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Ploča poz 800 - gornja zona					
1	600	14	6.00	62	372.00
2	300	14	3.00	114	342.00
3	400	14	4.00	280	1120.00
4	200	14	2.70	410	1107.00

Sipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B 5008			
14	2941.00	1.21	3558.61
Ukupno			3558.61

Mreže - specifikacija

pozicija	oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Ploča poz 800 - gornja zona						
I-1	Q-283	215	200	6	4.44	114.50
I-2	Q-283	108	600	16	4.44	458.21
I-3	Q-283	108	200	2	4.44	19.00
I-4	Q-283	108	300	2	4.44	28.64
I-5	Q-283	108	220	2	4.44	21.00
I-6	Q-283	108	350	4	4.44	68.82
II	Q-503	215	600	16	7.90	1630.56
II-1	Q-503	150	510	2	7.90	120.87
II-2	Q-503	215	400	16	7.90	1087.04
II-3	Q-503	215	450	2	7.90	152.86
II-4	Q-503	140	480	2	7.90	109.16
II-5	Q-503	160	300	2	7.90	75.68
II-6	Q-503	140	400	6	7.90	333.92
II-7	Q-503	215	300	6	7.90	305.73
Ukupno						4541.31

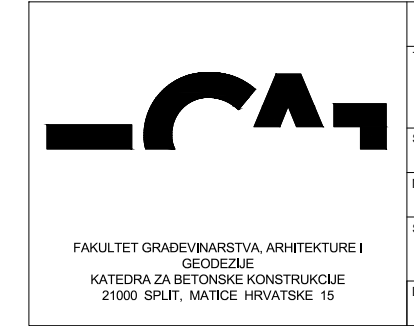
Mreže - rekapitulacija

oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Q-283	215	600	13	4.44	744.59
Q-503	215	600	50	7.90	5095.50
Ukupno					5840.09

Mreže - plan rezanja

Q-283 (215 cm x 600 cm)

Q-503 (215 cm x 600 cm)



**DIPLOMSKI RAD**

TEMA: **GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

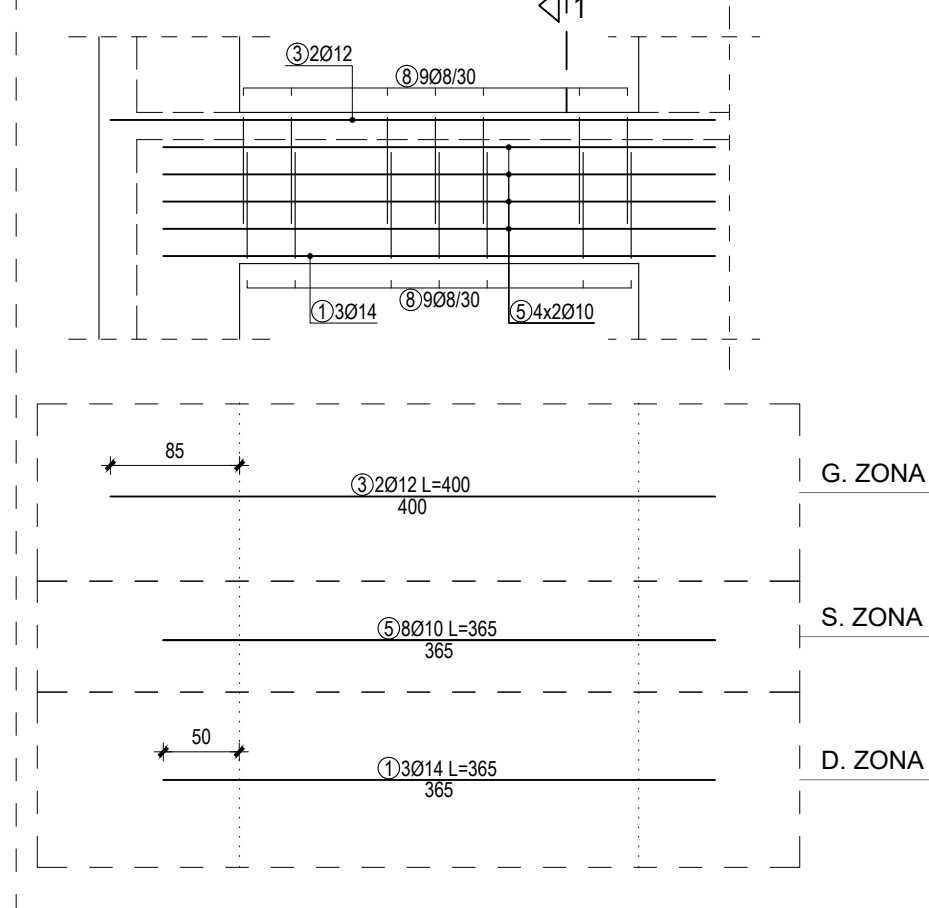
STUDENT: **Filip Pleić**

MENTOR: **dr. sc. Nikola Grgić**

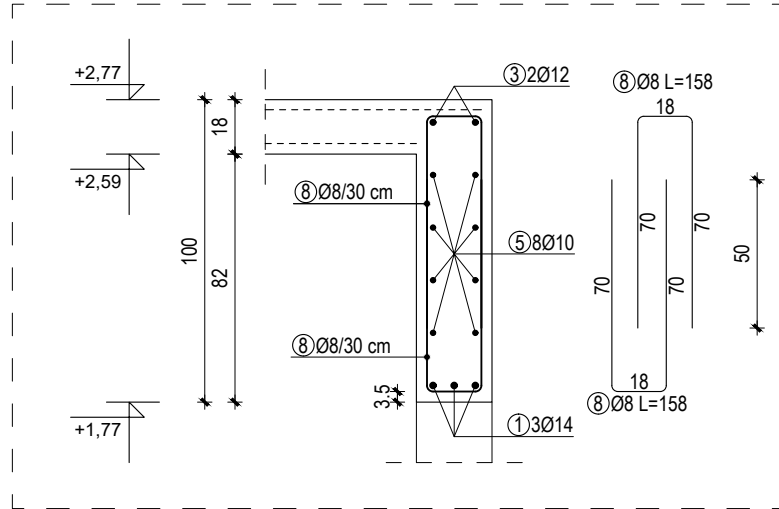
SADRŽAJ: **ARMATURNI PLAN - PLOČA POZ 800 GORNJA ZONA** MJERILO: **1:100**

DATUM: **rujan, 2020.** BROJ PRILOGA: **24**

GREDA G1, b/h=25/100 cm, C30/37



- presjek 1-1, M 1:25



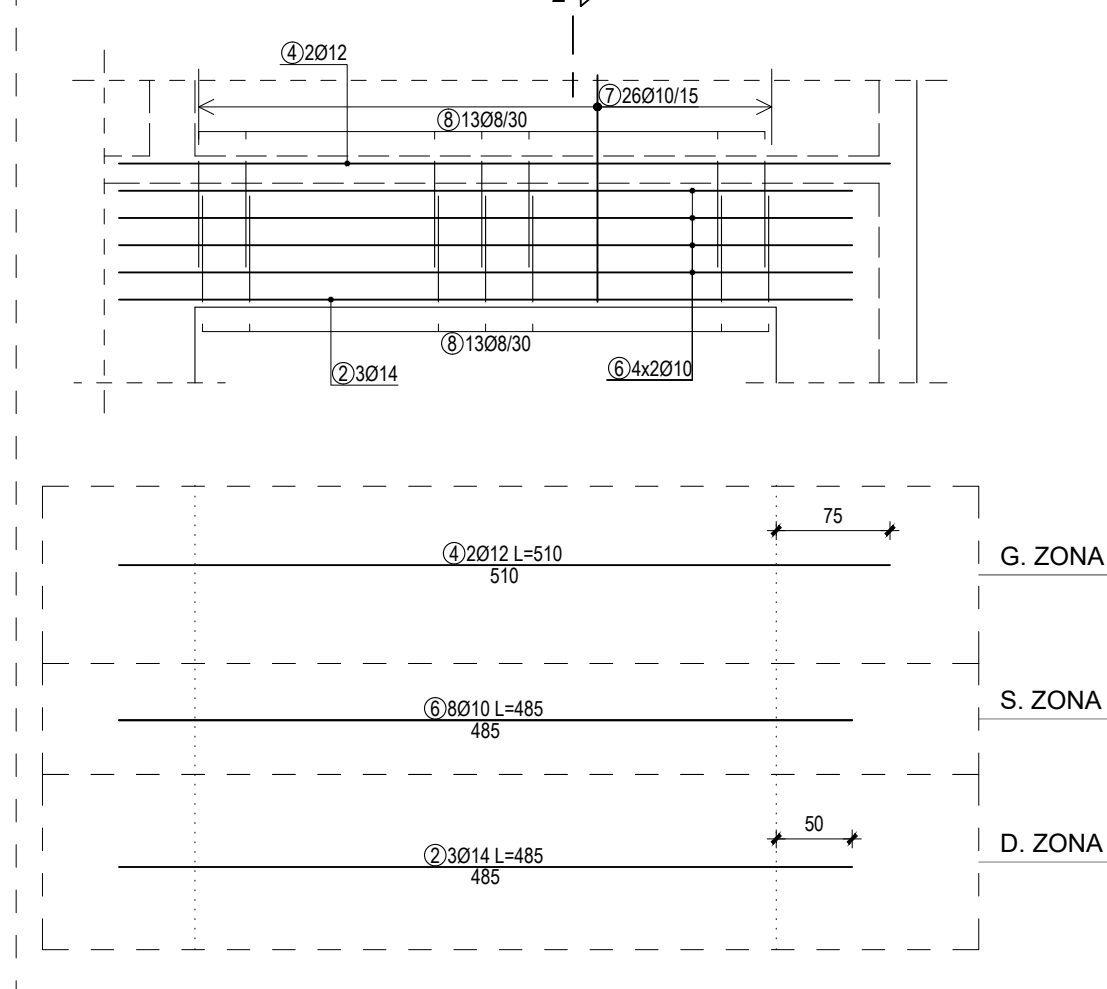
Šipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Grede G1 i G2					
1	365	14	3.65	3	10.95
2	485	14	4.85	3	14.55
3	400	12	4.00	2	8.00
4	510	12	5.10	2	10.20
5	365	10	3.65	8	29.20
6	485	10	4.85	8	38.80
7	150	10	1.50	26	39.00
8	70	8	1.58	44	69.52

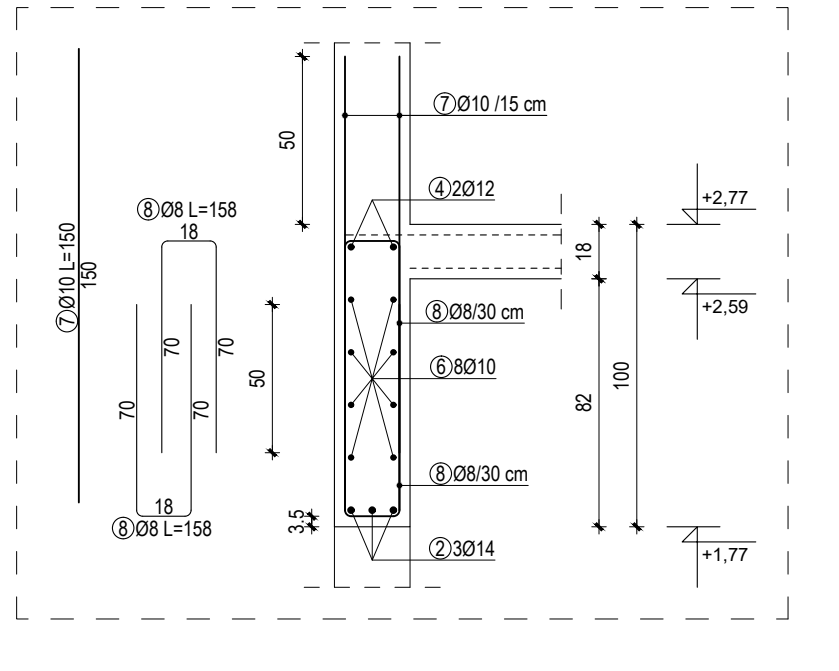
Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m³]	Težina [kg]
B 500B			
8	69.52	0.40	27.46
10	107.00	0.62	66.02
12	18.20	0.89	16.16
14	25.50	1.21	30.86
Ukupno			140.50

GREDA G2, b/h=25/100 cm, C30/37



- presjek 2-2, M 1:25



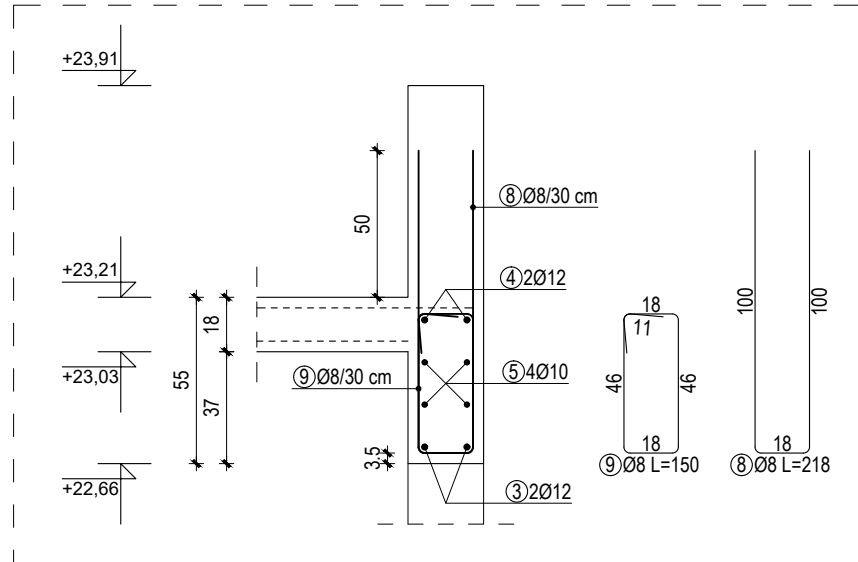
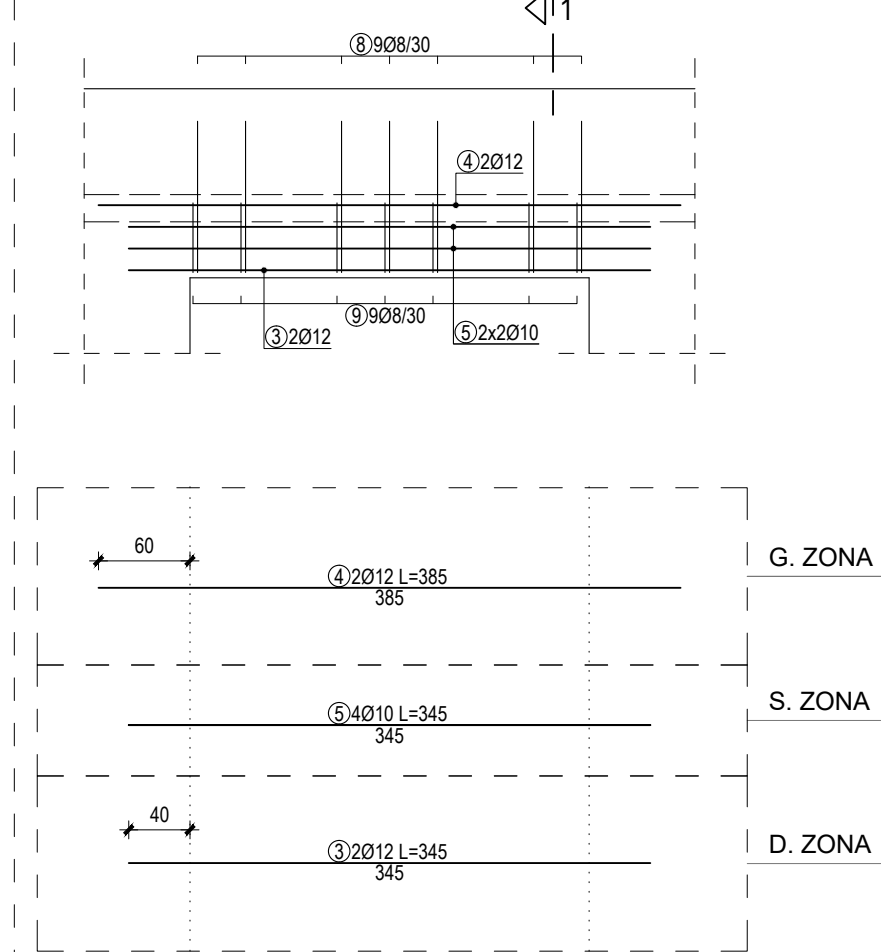
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - GREDE G1 I G2	MJERILO	1:50
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	25

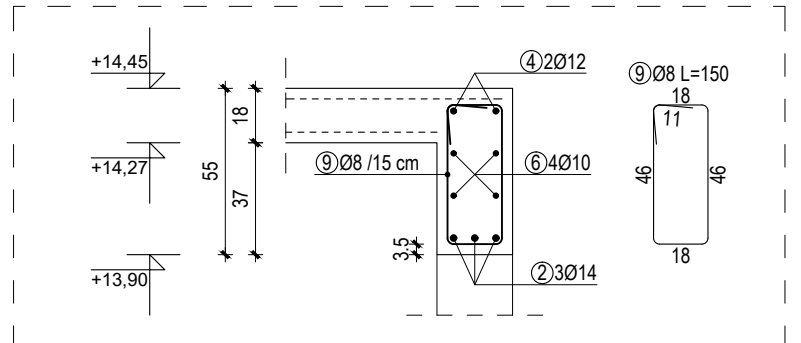
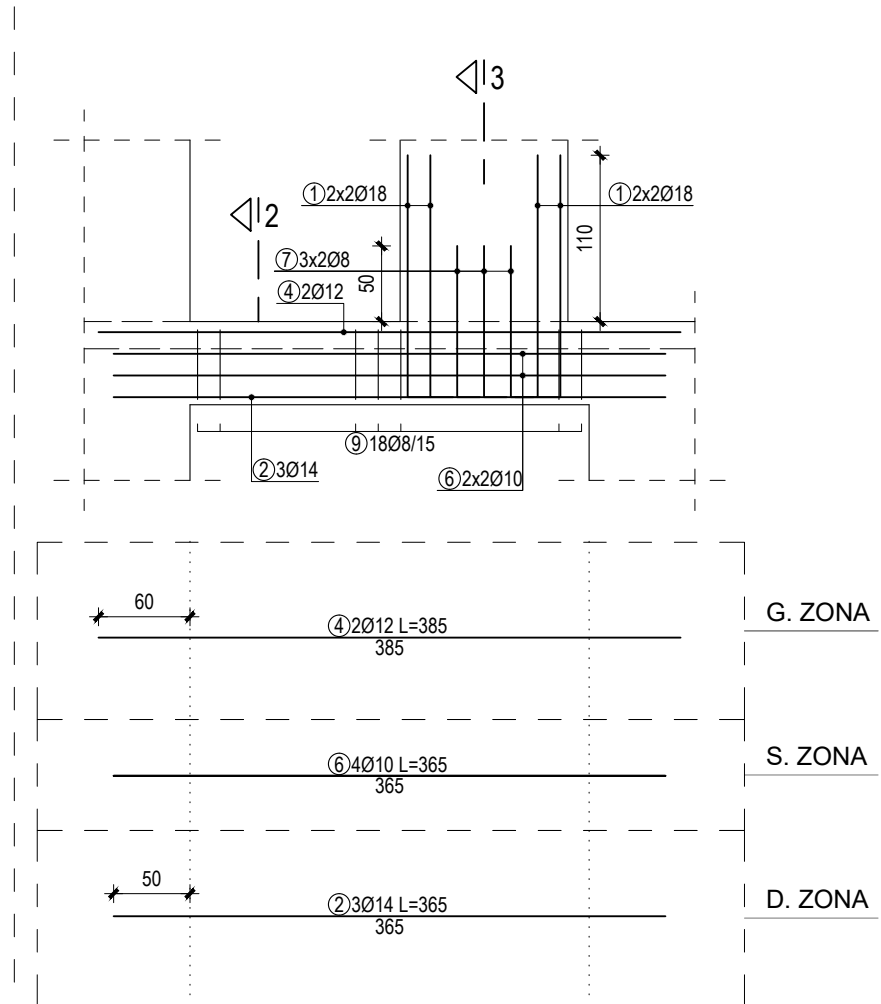
GREDA G3, b/h=25/55 cm, C30/37

- presjek 1-1, M 1:25

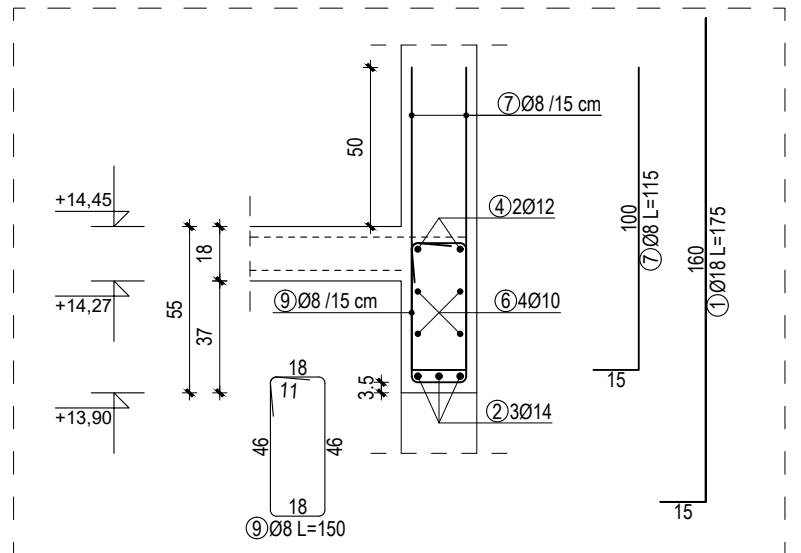


GREDA G4, b/h=25/55 cm, C30/37

- presjek 2-2, M 1:25



- presjek 3-3, M 1:25



Šipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Grede G3 i G4					
1	160	18	1.75	8	14.00
2	365	14	3.65	3	10.95
3	345	12	3.45	2	6.90
4	385	12	3.85	4	15.40
5	345	10	3.45	4	13.80
6	365	10	3.65	4	14.60
7	100	8	1.15	6	6.90
8	100	8	2.18	9	19.62
9	46	8	1.50	27	40.50

Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m <sup>3</sup> ]	Težina [kg]
B 500B			
8	67.02	0.40	26.47
10	28.40	0.62	17.52
12	22.30	0.89	19.80
14	10.95	1.21	13.25
18	14.00	2.00	27.97
<b>Ukupno</b>			<b>105.02</b>

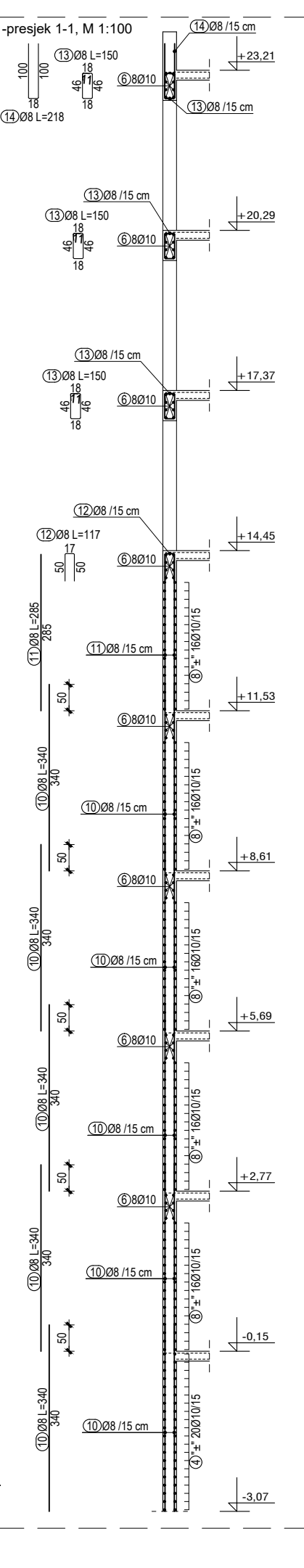
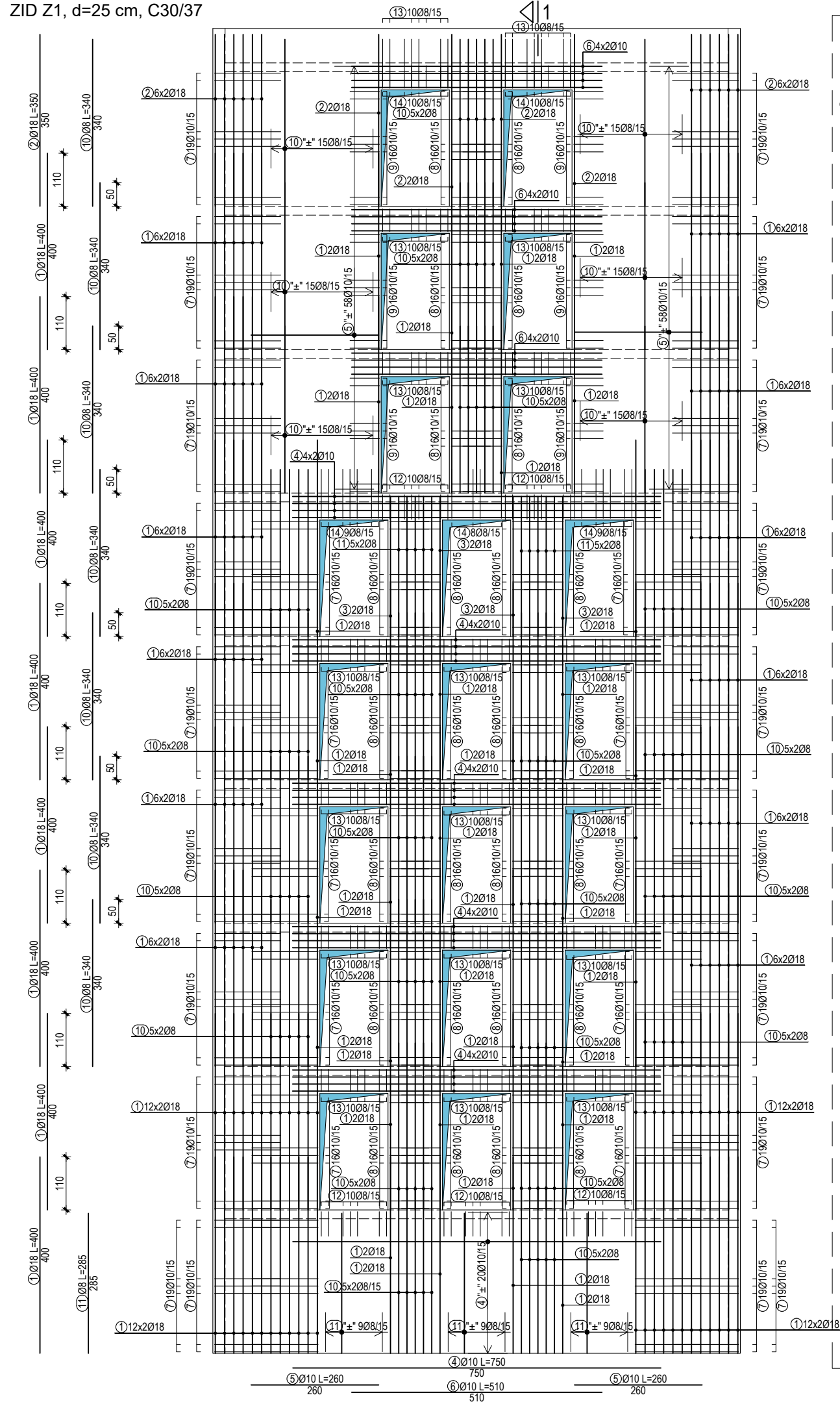


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - GREDE G3 I G4	MJERILO	1:50
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	26





Šipke - specifikacija					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Zid Z1					
1	400	18	4.00	312	1248.00
2	350	18	3.50	32	112.00
3	285	18	2.85	8	22.80
4	750	10	7.50	80	600.00
5	260	10	2.60	232	603.20
6	510	10	5.10	24	122.40
7	165	10	3.50	540	1890.00
8	80	10	1.80	416	748.80
9	60	10	1.40	96	134.40
10	340	8	3.40	390	1326.00
11	285	8	2.85	74	210.90
12	50	8	1.17	50	58.50
13	46	8	1.50	180	270.00
14	100	8	2.18	46	100.28

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B 500B			
8	1965.68	0.40	776.44
10	4098.80	0.62	2528.96
18	1382.80	2.00	2762.83
<b>Ukupno</b>			<b>6068.24</b>

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

**DIPLOMSKI RAD**

TEMA  
**GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU**

STUDENT  
Filip Pleić

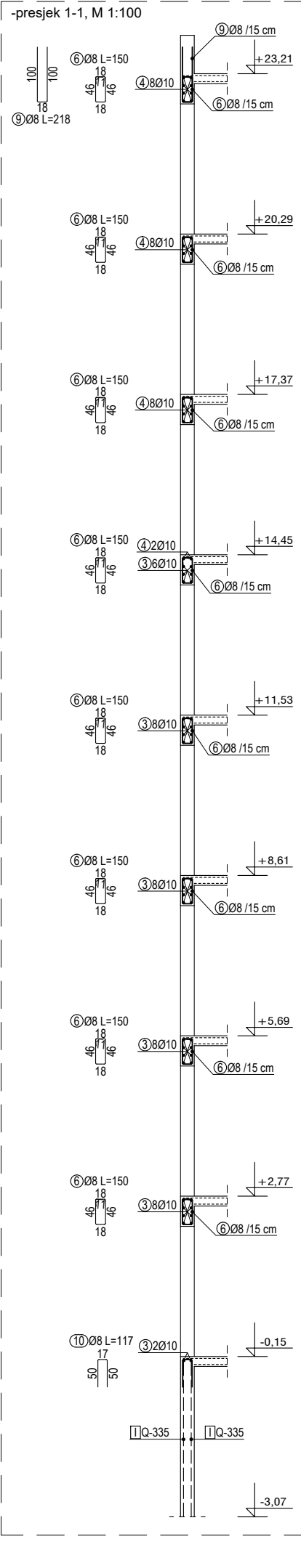
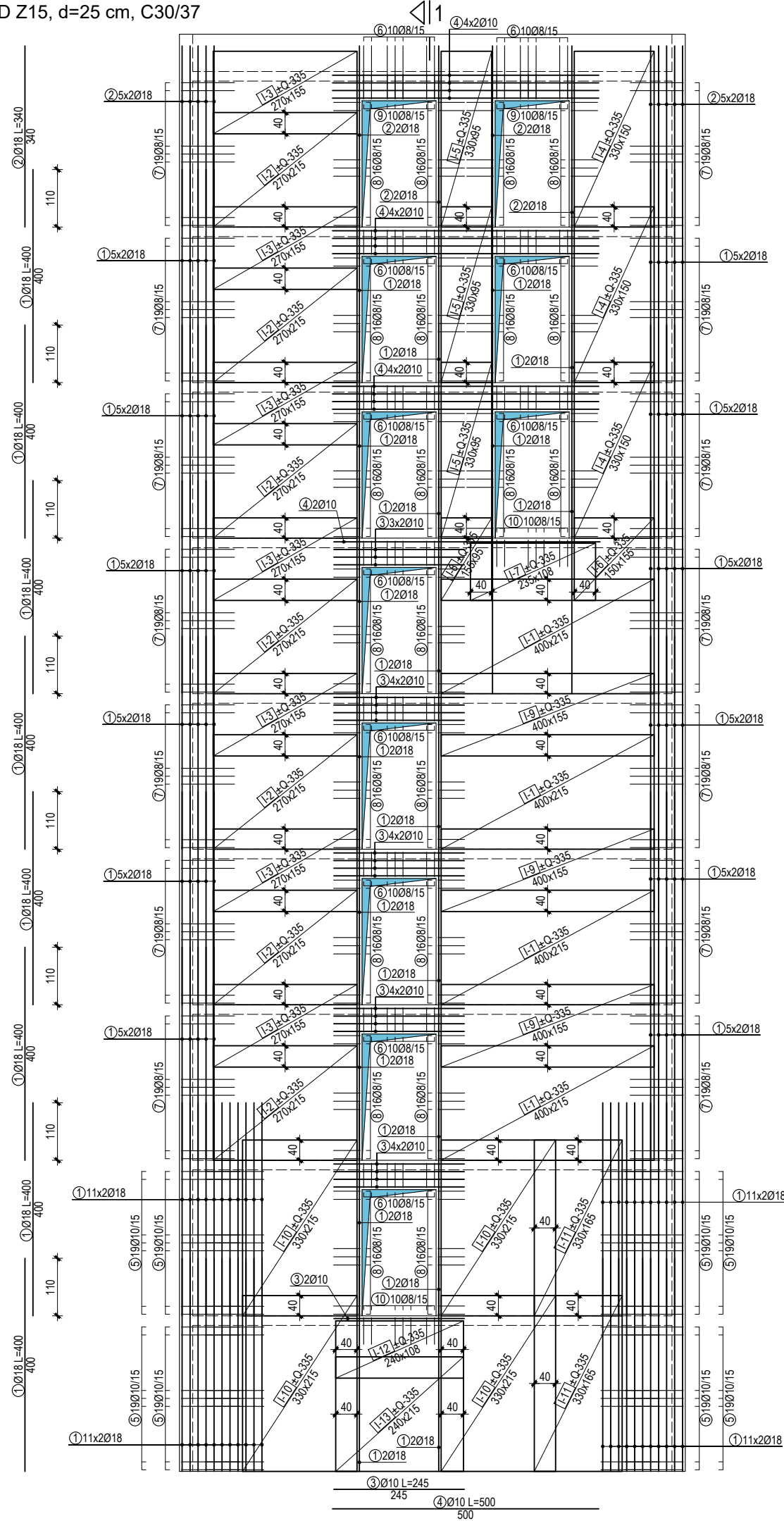
MENTOR  
dr. sc. Nikola Grgić

SADRŽAJ  
**ARMATURNI PLAN - ZID Z1**

DATUM  
rujan, 2020.

MJERILO  
**1:100**

BROJ PRILOGA  
**27**



Sipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Zid Z15					
1	400	18	4.00	252	1008.00
2	340	18	3.40	28	95.20
3	245	10	2.45	40	98.00
4	500	10	5.00	26	130.00
5	110				
	20		2.40	152	364.80
	110				
	46		1.50	110	165.00
	46				
	100				
	20		1.20	352	422.40
	50				
	100				
	50		2.18	20	43.60
	50				
	17		1.17	20	23.40

Sipke - rekapitulacija

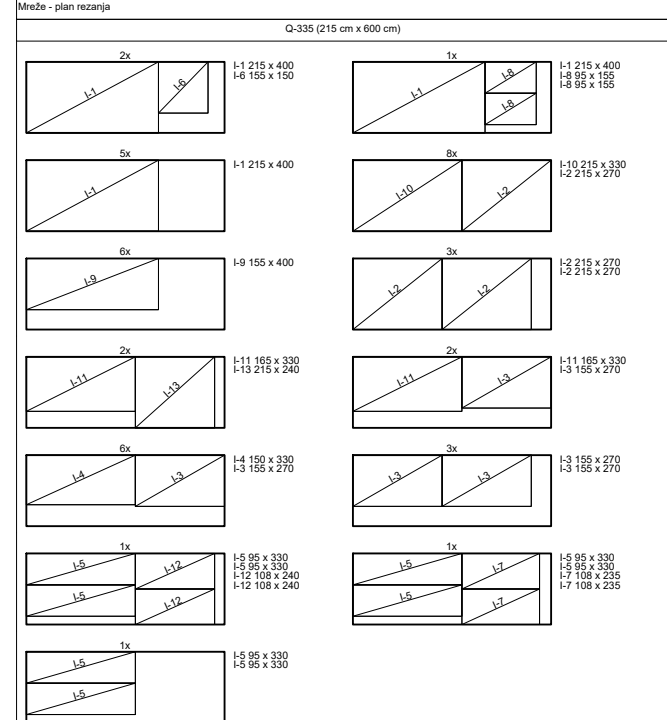
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B 500B			
8	1239.60	0.40	499.64
10	592.80	0.62	365.76
18	1103.20	2.00	2206.40
<b>Ukupno</b>			<b>3059.59</b>

Mreže - specifikacija

Pozicija	Dzaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Zid Z15						
I-1	Q-335	215	400	8	5.26	361.89
I-2	Q-335	215	270	14	5.26	427.48
I-3	Q-335	155	270	14	5.26	308.18
I-4	Q-335	150	330	6	5.26	156.22
I-5	Q-335	95	330	6	5.26	98.94
I-6	Q-335	155	150	2	5.26	24.48
I-7	Q-335	108	235	2	5.26	26.58
I-8	Q-335	95	155	2	5.26	15.49
I-9	Q-335	155	400	6	5.26	195.67
I-10	Q-335	215	330	8	5.26	298.56
I-11	Q-335	165	330	4	5.26	114.56
I-12	Q-335	108	240	2	5.26	27.14
I-13	Q-335	215	240	2	5.26	54.28
<b>Ukupno</b>						<b>2109.46</b>

Mreže - rekapitulacija

Dzaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
Q-335	215	600	41	5.26	2782.01
<b>Ukupno</b>					<b>2782.01</b>

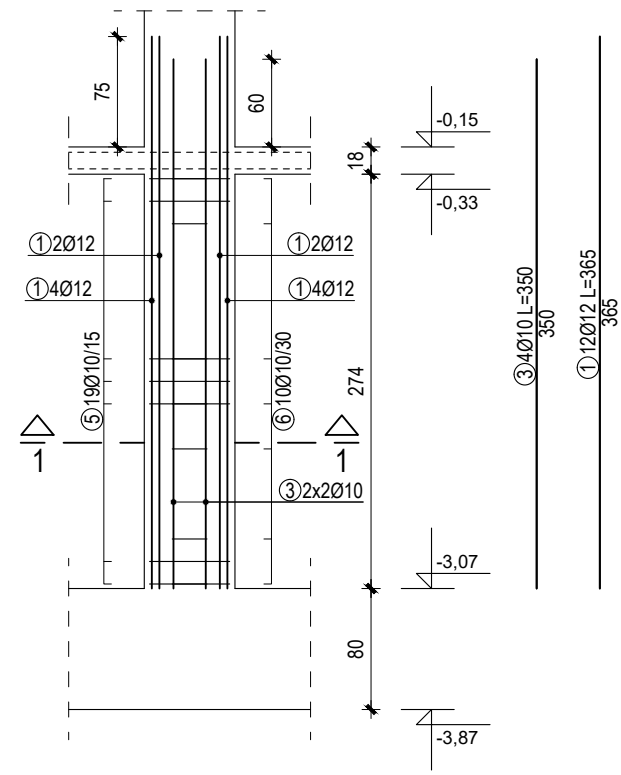


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

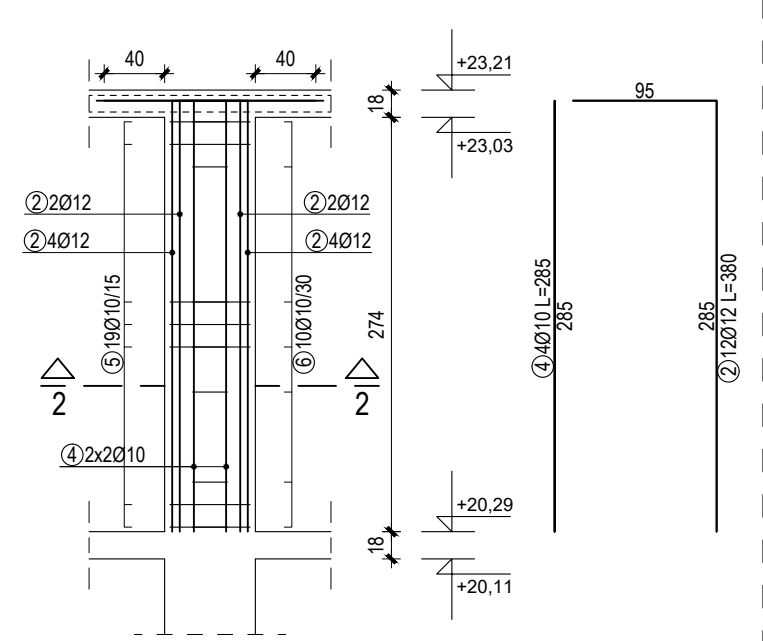
DIPLOMSKI RAD			
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - ZID Z15	MJERILO	1:100
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	28

STUP S1, b/h=30/60 cm, C30/37

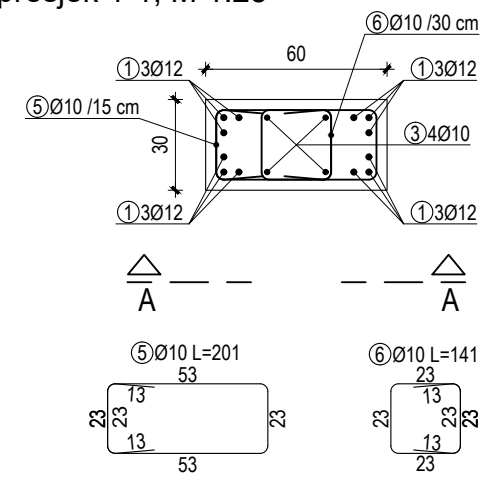
- pogled A-A, M 1:50



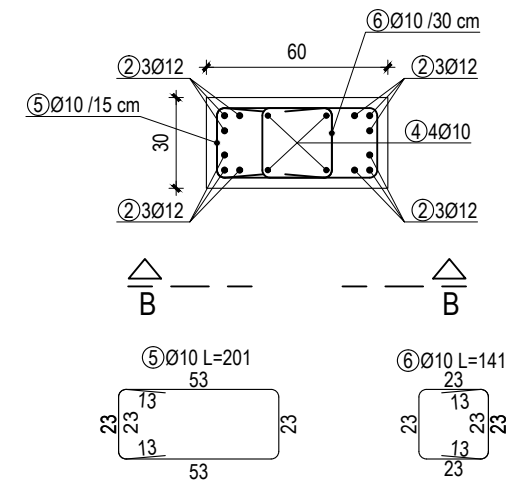
- pogled B-B, M 1:50



- presjek 1-1, M 1:25



- presjek 2-2, M 1:25



Šipke - specifikacija					
ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Stup S1					
1	365	12	3.65	96	350.40
2	285 95	12	3.80	12	45.60
3	350	10	3.50	32	112.00
4	285	10	2.85	4	11.40
5		10	2.01	171	343.71
6		10	1.41	90	126.90
Šipke - rekapitulacija					
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m³]		Težina [kg]	
B 500B					
10	594.01	0.62		366.50	
12	396.00	0.89		351.65	
Ukupno					718.15



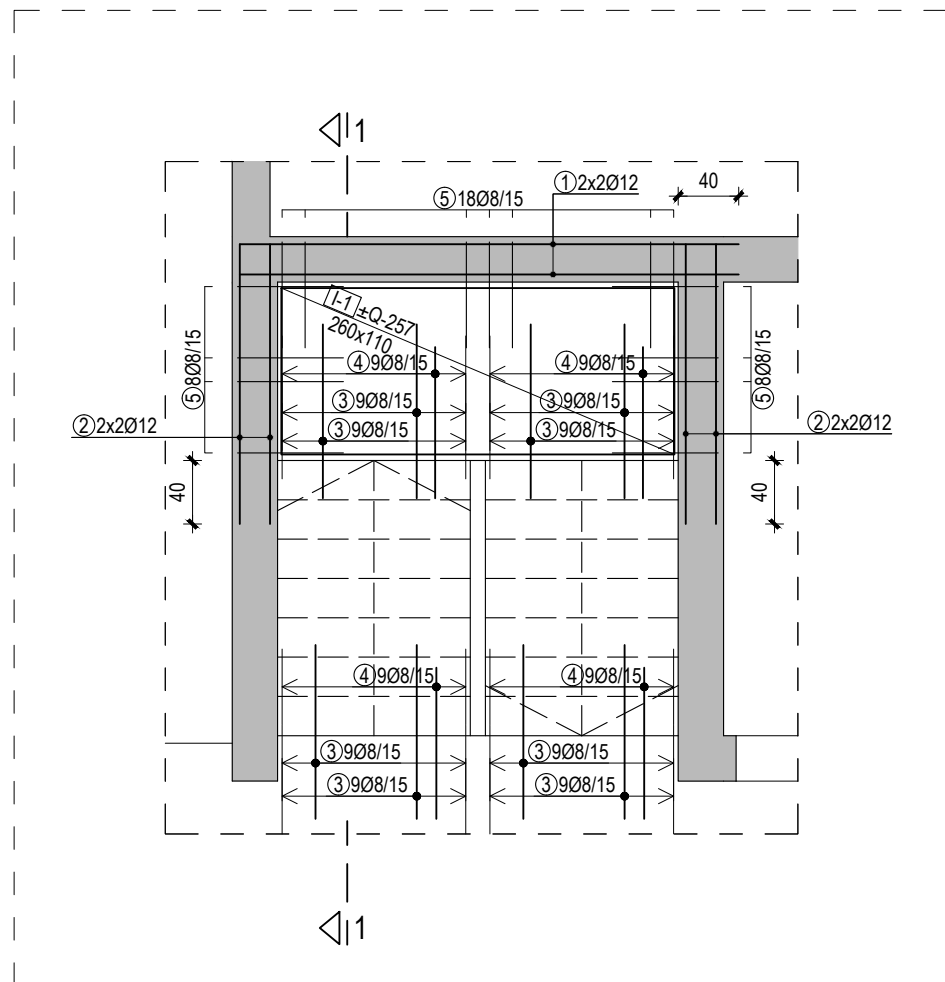
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

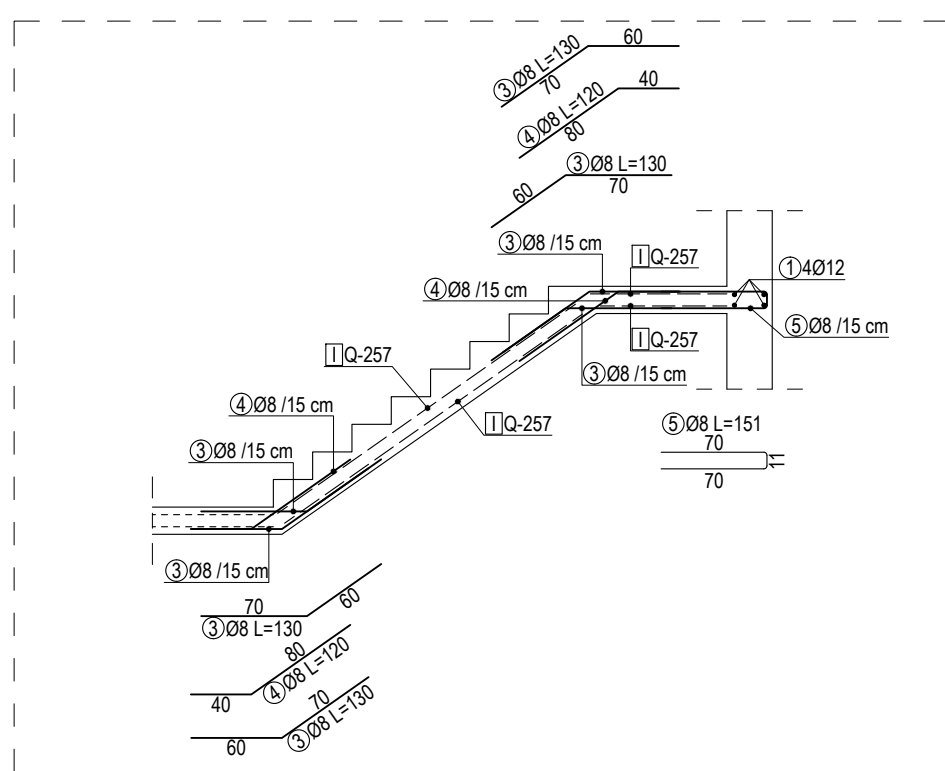
TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - STUP S1	MJERILO	1:50
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	29

STUBIŠTE,  $d_{pl}=18\text{ cm}$ , C30/37

- tlocrt stubišta, M 1:50



- presjek 1-1, M 1:50



Šipke - specifikacija

ozn	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
Stubište					
1	330	12	3.30	4	13.20
2	185	12	1.85	8	14.80
3		8	1.30	72	93.60
4		8	1.20	36	43.20
5		8	1.51	34	51.34

Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B 500B			
8	188.14	0.40	74.32
10	0.00	0.62	0.00
12	28.00	0.89	24.86
Ukupno			99.18

Mreže - rekapitulacija

Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m <sup>2</sup> ]	Ukupna težina [kg]
Q-257	215	600	3	4.02	155.57
Ukupno					155.57



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZJE  
KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

DIPLOMSKI RAD

TEMA	GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U GRADU SINJU		
STUDENT	Filip Pleić		
MENTOR	dr. sc. Nikola Grgić		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN - STUBIŠTE	MJERILO	1:50
DATUM	rujan, 2020.	BROJ PRILOGA	30