

# Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u Ulici Put Brodarice u Splitu

---

Lovrić, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*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:123:757880>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marina Lovrić**

**Split, 2019.**

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

**Marina Lovrić**

**Glavni projekt poslovno-stambene zgrade  
u ulici Put Brodarice u Splitu**

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

# **Glavni projekt poslovno - stambene zgrade u ulici Put Brodarice u Splitu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt poslovno – stambene zgrade u ulici Put Brodarice u Splitu. Građevina se sastoji od tri dilatacije svaka sa po 6 katova i garažom ispod zemlje kojom su dilatacije povezane.

Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima, stupovima, te armirano-betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama.

Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te karakteristične građevinske nacрте.

## **Main design of the business and residential building in Put Brodarice street in Split**

## ***Abstract:***

Main design of the business and residential building, which is positioned in Put Brodarica street in Split, is presented in this work.

The building has three parts (dilatactions). Each of dilatation has 6 floors above ground and one underground floor which connects them.

Building is made of reinforced concrete in monolithic construction with reinforced concrete foundations, walls, columns and reinforced concrete plates as a ceiling slabs.

## ***Keywords:***

residential-business building, main design, monolithic construction





STUDIJ: **SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**

SMJER: **KONSTRUKCIJE**

KANDIDAT: **Marina Lovrić**

BROJ INDEKSA: **669**

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

PREDMET: **Betonske konstrukcije**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Glavni projekt poslovno-stambene zgrade u ulici Put Brodarice u Splitu**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt stambeno-poslovne zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

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

U Splitu, ožujak 2019.

Voditelj diplomskog rada:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomske ispite

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj:

1.	TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1.	Općenito (projektni zadatak) .....	1
1.2.	Oblik i veličina građevinske čestice .....	2
1.3.	Namjena građevine .....	2
1.4.	Konstruktivne pojedinosti – općenito .....	5
1.5.	Konstruktivne pojedinosti - garaža .....	5
1.6.	Konstruktivne pojedinosti - katovi .....	5
1.7.	Lokacija i opterećenja .....	6
1.8.	Izvedba.....	6
1.9.	Materijali.....	7
2.	GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	8
2.1.	Podaci o istražnim radovima.....	8
2.2.	Geološka i inženjersko - geološka istraživanja.....	8
2.3.	Dubina podzemne vode .....	8
2.4.	Temeljenje .....	8
3.	PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	10
3.1.	Opće napomene.....	10
3.2.	Postizanje zahtijevane geometrije.....	10
3.3.	Zemljani radovi .....	10
3.4.	Betonski, armirano betonski i tesarski radovi .....	11
3.4.1.	Beton.....	11
3.4.2.	Betonski čelik .....	12
3.4.3.	Prekidi betoniranja.....	13
3.4.4.	Oplata .....	13
3.4.5.	Primijenjeni standardi.....	13
3.5.	Ostali radovi i materijali .....	17
3.6.	Kontrolna ispitivanja .....	17
3.7.	Dužnosti izvođača.....	18
4.	OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI.....	19
4.1.	Oplate i skele .....	19
4.2.	Transport i ugradnja betona.....	20
4.3.	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama.....	21
4.4.	Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	22
4.5.	Obaveze izvođača .....	23

5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	23
6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	25
7. PLANOVI POZICIJA .....	27
8. ANALIZA OPTEREĆENJA .....	29
8.1. Stalno opterećenje.....	29
8.1.1. Vlastita težina .....	29
8.1.2. Dodatno stalno opterećenje .....	29
8.2. Promjenjivo opterećenje .....	33
8.2.1. Korisno opterećenje.....	33
8.2.2. Opterećenje snijegom .....	34
8.2.3. Opterećenje vjetrom .....	36
8.3. Izvanredno opterećenje.....	50
8.3.1. Potresno opterećenje.....	50
9. NUMERIČKI MODEL .....	54
9.1. Numerički model općenito .....	54
9.2. Kombinacije opterećenja .....	55
10. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE .....	57
11. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONTRUKCIJE.....	64
11.1. Proračun ploče pozicije 700 (ploča krova) $d_{pl}=17$ cm.....	64
11.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	64
11.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	68
11.2. Proračun ploče pozicije 600 (ploča iznad 5.kata) $d_{pl}=20$ cm.....	74
11.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	74
11.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	79
11.3. Proračun ploče pozicije 500 (ploča iznad 4.kata) $d_{pl}=20$ cm.....	84
11.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	84
11.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	88
11.4. Proračun ploče pozicije 400 (ploča iznad 3.kata) $d_{pl}=20$ cm.....	94
11.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	94
11.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	99
11.5. Proračun ploče pozicije 300 (ploča iznad 2.kata) $d_{pl}=20$ cm.....	104
11.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	104
11.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	109
11.6. Proračun ploče pozicije 200 (ploča iznad 1.kata) $d_{pl}=20$ cm.....	115
11.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	115
11.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	119
11.7. Proračun ploče pozicije 100 (ploča iznad garaže) $d_{pl}=30$ cm.....	125

11.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	125
11.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče.....	128
11.8. Odabrana armatura po pozicijama.....	134
12. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....	135
12.1. Proračun stupova .....	135
12.1.1. Proračun stupova pozicije S1( stupovi u garaži) .....	136
12.1.2. Proračun stupova pozicije S2 .....	143
12.1.3. Proračun stupova pozicije S3 .....	151
12.1.4. Proračun stupa pozicije S4 .....	159
13. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	161
13.1. Dimenzioniranje stubišta 1 .....	161
13.2. Dimenzioniranje stubišta 2 .....	162
14. PRORAČUN ZIDOVA .....	164
14.1. Proračun zida u smjeru X .....	164
14.2. Proračun zida u smjeru Y .....	175
15. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE .....	185
16. PRORAČUN TEMELJA.....	188
16.1. Proračun trakastog temelja .....	188
16.1.1. Rezne sile.....	188
16.1.2. Dimenzioniranje temelja.....	189
16.2. Dimenzioniranje temelja samca ispod stupova garaže .....	190
16.2. Rezne sile.....	190
16.2.2. Dimenzioniranje temelja.....	192
17. GRAFIČKI PRILOZI .....	194
18. LITERATURA .....	195

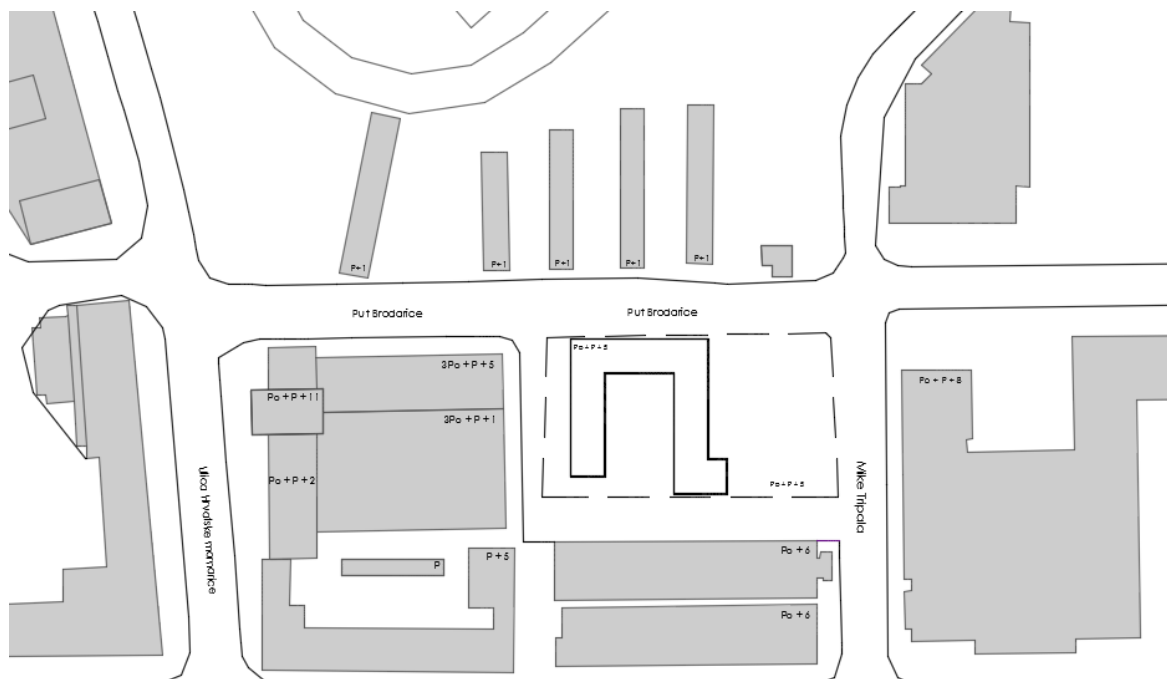
# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito (projektni zadatak)

U ulici Put Brodarice u Splitu nalazi se građevinska čestica na kojoj investitor ima namjeru izgraditi poslovno-stambenu zgradu. Parcela se nalazi između ulice Mike Tripala na istoku, Puta Brodarice na sjeveru, te dvije prilazne sporedne ulice trenutnom skladišnom prostoru i ostalim zgradama.

Građevinska parcela površine je cca 4050 m<sup>2</sup>. Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg poslovno-stambenog objekta.

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



Slika 1.1. Situacija-položaj kompleksa stambenih zgrada s obzirom na okolni teren

### 1.2. Oblik i veličina građevinske čestice

Novoformirana parcela je nepravilnog oblika površine oko 4050 m<sup>2</sup>. Objekt se sastoji od tri konstrukcijski dilatirane zgrade. Tlocrtna površina dijela objekta iznad zemlje je 1280 m<sup>2</sup> dok je površina podzemne garaže 1674 m<sup>2</sup>. Stoga je koeficijent izgrađenosti parcele 3,19%. Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog pristupa s prometnica koje se nalaze na sjevernoj, zapadnoj, istočnoj te južnoj strani poslovno stambene zgrade, te pješačkog pristupa sa sa sve četiri strane zgrade.

### 1.3. Namjena građevine

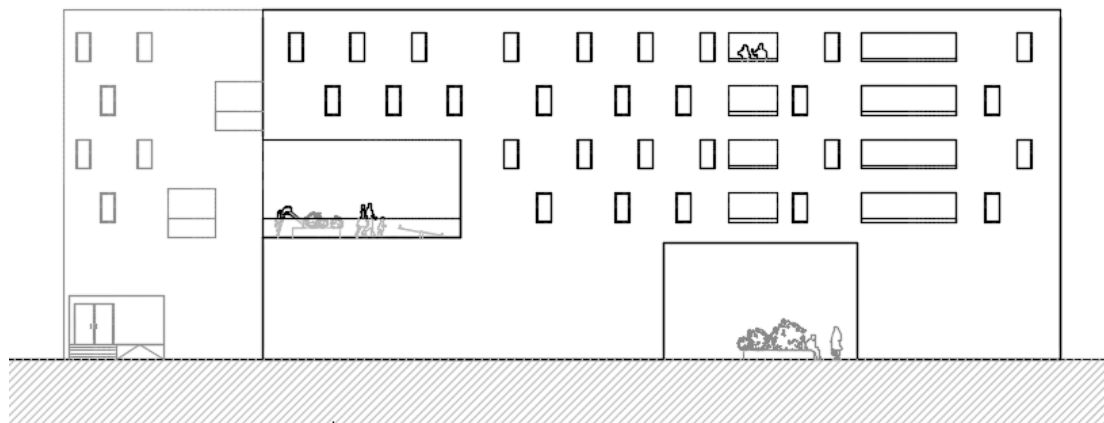
Namjena građevine je poslovno stambena. Sadržaji građevine podijeljeni su prema katovima zgrada. Građevina se sastoji od jedne podzemne etaže i 6 nadzemnih etaža. Prizemlje zgrade primarno je poslovne namjene, prvi kat je poslovno-stambene dok su preostala 4 kata stambene namjene. Uzevši u obzir problem parking mjesta izrađena je podzemna garaža s 30 parkirnih mjesta čime se rješava problem parkirnih mjesta za korisnike građevine te se okoliš može urediti kao zelena površina. Pojedini katovi zgrada sadrže i prostrane terase za zajedničko korištenje svih stanara zgrade. Terasa su obogaćene sadržajima za odmor i relaksaciju te dječju igru.

Vertikalna komunikacija u zgradi ostvarena je preko četiri glavna stubišta s liftom uz svako stubište koji se protežu iz garaže do zadnjeg kata. Pojedini stanovi koji sadrže više katova posjeduju vlastita stubišta za komunikaciju između prostora gornjeg i donjeg kata stana.

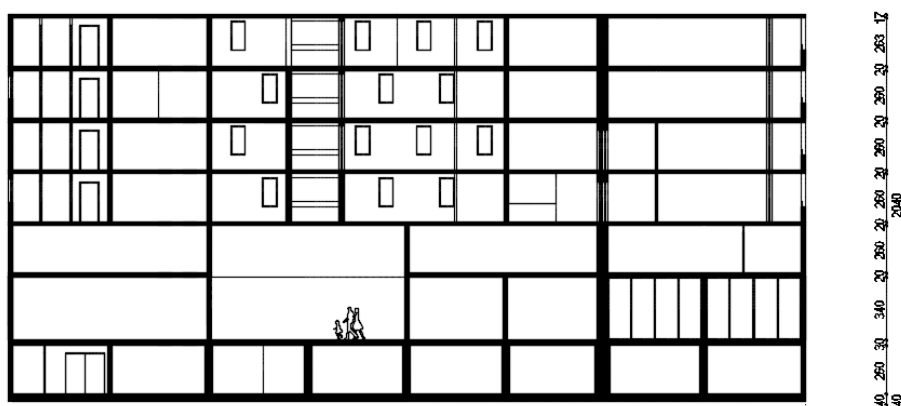
Kolni ulaz u garažu je s jugoistočne strane zgrade dok je pješački ulaz u zgradu moguć kroz četiri ulaza s nivoa prizemlja zgrade sa sve četiri strane. U garažu se ulazi putem rampe Stanovi su jednosobni, dvosobni i trosobni. Ovisno o pojedinom katu broj i vrsta stanova se razlikuju.

Ukupna visina zgrade od nulte točke terena je 17,6 m dok je ukupna visina zgrade s podzemnom etažom 20,4 m. Pojedini kat je visok 2,8 m mjereno od vrha ploče jednog kata do vrha ploče drugog kata, izuzev etaže prizemlja čija je visina 3,6 m. Okolni teren zgrada prikladno će se hortikulturalno urediti. Svi infrastrukturni

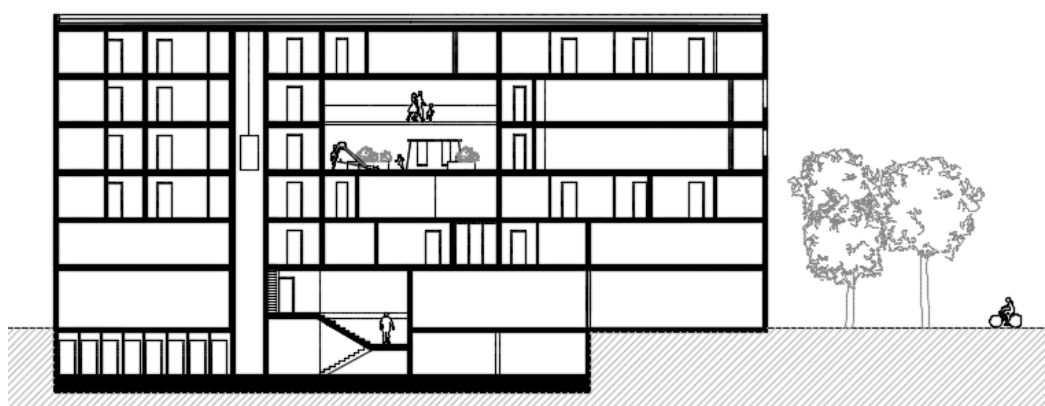
priključci izvest će se prema posebnim zahtjevima komunalnih i javnih poduzeća ili stručnih službi grada i županije.



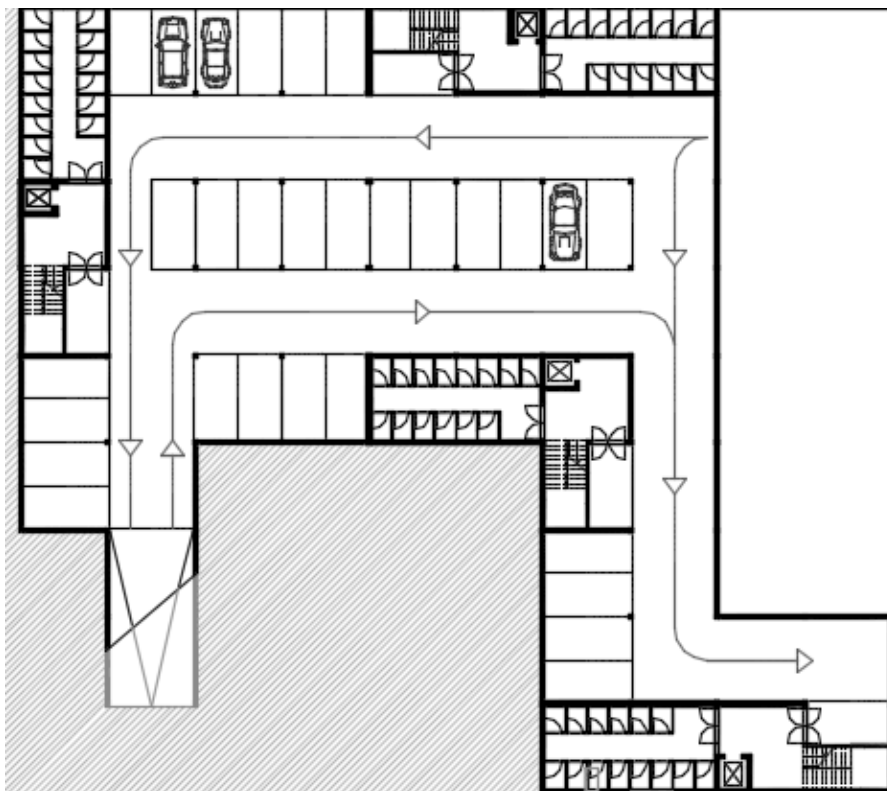
Slika 1.2. Jugoistočno pročelje zgrade



Slika 1.3. Presjek A-A



Slika 1.4. Presjek B-B



Slika 1.5. Tlocrt garaže



Slika 1.6. Tlocrt etaže



#### 1.4. Konstruktivne pojedinosti – općenito

U konstrukcijskom smislu građevina je standardna armirano – betonska konstrukcija koja će se izvesti prema ovom projektu. Konstrukcija se sastoji od tri zgrade (u daljnjem tekstu zgrade A, B i C) međusobno dilatirane za 5 cm. Na objektu će se izvesti ravni krov. Temelji objekta izvesti će se kao trakasti temelji i temeljne stope. Dubina temelja je definirana arhitektonskim projektom i ovim projektom.

Međukatne konstrukcije su AB ploče. Debljina ploče nad svim katovima je 20 cm izuzev debljine krovne ploče koja iznosi 17 cm te debljine ploče iznad garaže koja iznosi 30 cm. Nosivi zidovi su također armirano - betonski, debljine 25 cm, s potrebnim termičkim slojevima. Točan položaj betonskih zidova dan je u priložima. Sve ostale vertikalne pregrade izvedene su kao lagane pregrade, zidane porobetonskim blokovima (npr. Ytong) ili šupljom opekom te nisu tretirane kao sudjelujući nosivi dijelovi u ovom proračunu već su uzeti u obzir kao dodatno opterećenje na pločama.

#### 1.5. Konstruktivne pojedinosti - garaža

Konstrukcija ploče garaže je armirano - betonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonske ploče ( $d = 30 \text{ cm}$ ).

Garaža se sastoji od jedne u potpunosti ukopane etaže kojoj se prilazi rampom te koja je kao takva ukružena obodnim zidovima i nasipom zemlje za horizontalna opterećenja.

Vertikalni nosivi sustav sačinjavaju zidovi i stupovi. Stupovi su okruglog poprečnog presjeka dimenzija promjera 40 cm dok su obodni i unutrašnji zidovi su debljine 25 cm.

Materijal izrade je beton klase C 30/37.

#### 1.6. Konstruktivne pojedinosti - katovi

Za izvedbu međukatne konstrukcije predviđena je AB ploča. Izrađena je od betona klase C30/37 (prikazano u planovima pozicija), debljine 20 cm.

Betonska ploča izvodi se lijevanjem na licu mjesta u oplati. U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente uglavnom kroz skice armature. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ( $\geq 0.1\%$  površine betonskog presjeka). Vertikalni nosivi sustav viših katova i prizemlja čine AB zidovi debljine 25 cm te stupovi kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 25/25 cm.

### 1.7. Lokacija i opterećenja

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u zonu za koju je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g = 0.22g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom armirano-betonskih zidova i stupova, što je u skladu s Eurokodom 2 i Eurokodom 8. Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u II. zonu opterećenja vjetrom.

### 1.8. Izvedba

Iskop građevinske jame do nivoa 3.30 m ispod nivoa prizemlja buduće građevine izvršit će se u širokom iskopu s vertikalnim zasjekom (10:1). Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

U trenutku izrade projektne dokumentacije nije poznat izvođač konstrukcije. Prilikom izrade statičkog proračuna usklađena je geometrija presjeka elemenata konstrukcije s izvođačkim mogućnostima većine građevinskih firmi. Prilikom odabira izvođača moguće je da dođe do manjih odstupanja u obliku poprečnog presjeka pojedinih elemenata u odnosu na elemente iz statičkog proračuna, ali se ne očekuju bitna odstupanja, koja bi imala utjecaj na ukupnu stabilnost građevine te je dovoljno ove razlike obraditi u izvedbenom projektu konstrukcije.

Opterećenja su uzeta prema podacima dobivenim od strane investitora, projektanata instalacija te prema normama i pravilima struke.

Zbog veličine i složenosti građevine u cilju osiguranja što kvalitetnije izvedbe nosive konstrukcije investitor je dužan osigurati projektantski nadzor nad konstrukcijom tijekom cijelog vremena izvedbe konstrukcije u skladu s Zakonom o gradnji (NN1 53/13).

### 1.9. Materijali

#### a) Beton

Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37, izuzev izrade temelja za koje je predviđen beton C25/30, a sve prema "Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije" ("TPGK" N.N. 17/17).

#### b) Armatura

Predviđena armatura je B 500B (prema "TPGK") za sve elemente, u obliku šipki ili mreža.

Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 2 cm.

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

U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva upotrebljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

Skidanje oplata za grede i ploče može se izvršiti nakon što beton postigne min. 70% čvrstoće (cca 7 dana uz normalnu njegu betona). Za temelje se može upotrijebiti beton niže klase.

#### c) Čelik

Stup na prvoj etaži izrađen je u radionici od čelika S355 i donesen na mjesto montiranja.

## 2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

### 2.1. Podaci o istražnim radovima

Geotehnički istražni radovi su se sastojali od obilaska terena s prospekcijskim pregledom i detaljnim geološkim kartiranjem, izrade fotodokumentacije, georadarskog snimanja, seizmičkog snimanja i iskopa i pregleda dvije istražne jame. Sve istražne jame su iskopane do dubine pojave matične stijene, na dijagonalnim kutovima građevine.

U nastavku su izneseni samo najvažniji zaključci iz geotehničkog elaborata koji su bitni za ovu predmetnu građevinu.

### 2.2. Geološka i inženjersko - geološka istraživanja

Tlo je uglavnom ujednačenog sastava. U tlu se najčešće protežu čisti slojevi lapora koji su tvrdi i imaju karakteristike slične vapnencima.

Na području predmetne lokacije moguće je postojanje većih krških pojava (kaverne i sl.), zbog čega je potrebno nakon iskopa temeljnih jama izvršiti kompresorsku provjeru stijenske mase.

### 2.3. Dubina podzemne vode

U hidrogeološkom smislu, razlomljene i okršene naslage lapora imaju pukotinsku i moguće kaverno-znu poroznost te se oborinske vode relativno brzo procjeđuju u podzemlje. U nijednoj istražnoj jami nije zabilježena pojava podzemne vode.

### 2.4. Temeljenje

Površinski sloj sačinjavaju elementi nastali trošenjem matične stijene ili nasipni materijal, koji se sastoji uglavnom od žućkasto smeđe gline, same ili pomiješane s crvenkasto smeđom zemljom.

Kako je predviđena dubina dna temelja pretpostavlja se da će se svi temelji nalaziti na kvalitetnoj laporovitoj stijeni.

Iskop građevinske jame do nivoa 3.3 m ispod nivoa prizemlja buduće građevine izvršit će se u širokom iskopu s vertikalnim zasjekom (10:1). Pri zasijecanju potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasijek treba zaštititi prskanim betonom debljine  $d = 5-10$  cm uz armiranje armaturnom mrežom Q-196 i geotehničkim

sidrima duljine  $l=2.5$  m po potrebi prema posebnom projektu. Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

Nakon iskopa potrebno je temeljnu plohu ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala, kao i eventualnu glinovitu ispunu iz pukotina. Po obavljenom čišćenju temeljne plohe potrebno je neravnine i udubine (škrape) popuniti i izravnati podložnim betonom C 16/20 do projektirane kote temeljenja.

Ukoliko se naiđe na kavernu (pukotinu), veće udubine i relativno manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje gline crvenice, sanaciju izvesti tako da se glina očisti do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote temeljenja "plombira", tj. zapuni podbetonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0,50 MPa.

Za predviđeni način temeljenja ne očekuju se slijeganja niti diferencijalna slijeganja. Naročitu pažnju treba posvetiti na eventualne proširene pukotine bez ispune koje mogu biti dio većeg podzemnog sustava. Na tim mjestima je potrebno izvršiti provjeru bušenjem svrdlom  $\varnothing 32$  mm ("štamptom") do dubine 2.0 do 3.0 m od kote temeljenja.

### 3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

#### 3.1. Opće napomene

Izvoditelj je odgovoran za kvalitetu izvođenja radova i za uredno poslovanje. Izvoditelj ne smije odstupati od projekta bez pismenog odobrenja nadzornog inženjera investitora, a uz prethodnu suglasnost projektanta. Sve izmjene se moraju unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik.

Kvaliteta korištenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda, kao i kvaliteta izvedenih radova mora odgovarati prethodno navedenim uvjetima propisanim važećim propisima, standardima, uvjetima iz tehničke dokumentacije, te uvjetima iz ugovora.

Ukoliko izvoditelj ugrađuje materijal koji nije standardiziran, za isti je dužan pribaviti odgovarajuće dokaze o kakvoći i priložiti ih u pismenoj formi.

Pri izvođenju građevine, izvoditelj se dužan pridržavati navedenih propisa kao i svih ostalih Pravilnika, Tehničkih normativa, posebnih uvjeta za izradu, ugradnju i obradu pojedinih elemenata građevine, kao i standarda propisanih za izvođenje radova na građevini (temeljenje, betonski radovi, skele i oplata, armatura, čelik za armiranje, kontrola kvalitete betona i čelika, zidanje zidova, završni radovi), kako bi osigurao da izvedena građevina odgovara projektu, te svim propisima i standardima RH.

#### 3.2. Postizanje zahtijevane geometrije

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

- Stalnu kontrolu geometrije svih elemenata i objekata kao cjeline
- Kontrolu osiguranja svih točaka
- Kontrolu postavljenih profila
- Kontrolu repera i poligonalnih točaka

#### 3.3. Zemljani radovi

##### 1) Iskopi

Tijekom radova na iskopima kontrolirati sljedeće:

- Iskop se obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta te s propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla)

- Tijekom rada ne smije doći do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- Ne smiju se iskopati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- Ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa
- Za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svi radova na objektu izvođač je dužan osigurati pravilnu odvodnju ( ne smije dozvoliti zadržavanje vode u iskopima)

## 2) Nasipi

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

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

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

### 3.4. Betonski, armirano betonski i tesarski radovi

#### *3.4.1. Beton*

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

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

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

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

koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije. Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrslinog betona prema normama niza HRN EN 12390.

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

#### *3.4.2. Betonski čelik*

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

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

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



Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1. Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

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

#### *3.4.3. Prekidi betoniranja*

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

#### *3.4.4. Oplata*

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

Izvođač ne može započeti betoniranje dok nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri.

#### *3.4.5. Primijenjeni standardi*

→ Standardi za beton – osnovni:

HRN EN 206- EN1:2002

Beton-1.dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i  
sukladnost (EN 206-1:2000)

HRN EN 206-EN1/A1:2004      Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja  
i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)

nHRN EN 206- EN1/A2      Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja  
i sukladnost (EN206-1:2000/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 očvrtnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi  
zahtjevi za uzorke i kalupe
- HRN EN 12390-2      Ispitivanje očvrtnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje  
uzoraka za ispitivanje čvrstoće
- HRN EN 12390-3      Ispitivanje očvrtnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća  
uzoraka
- HRN EN 12390-6      Ispitivanje očvrtnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća  
cijepanjem uzoraka
- HRN EN 12390-7      Ispitivanje očvrtnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrtnulog  
betona
- HRN EN 12390-8      Ispitivanje očvrtnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode  
pod tlakom
- prCEN/TS 12390-9      Ispitivanje očvrtnulog betona – 9. dio: otpornost na  
smrzavanje ljuštenjem
- ISO 2859-1      Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan  
uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za  
nadzor količine po količine
- ISO 3951      Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama  
nesukladnosti
- HRN U.M1.057      Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton

HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11.dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u 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 – Zadaci i odgovornosti
HRN EN 729-3	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
HRN EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
HRN EN ISO 377	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
HRN EN 10002-1	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
HRN EN ISO 15630-1	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturene 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 1992-1-2      Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio:  
Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo.

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.

### 3.5. Ostali radovi i materijali

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

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

### 3.6. Kontrolna ispitivanja

Kontrolna ispitivanja provodi nadzorni organ, a za konačnu ocjenu kvalitete materijala i radova mjerodavni su rezultati kontrolnog ispitivanja. Kontrolna ispitivanja obavljaju se u tijeku izvedbe radova po vrsti, obujmu i vremenu, kako to nalažu zakonski propisi i tehnička regulativa. Ukoliko rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu da kvaliteta upotrijebljenih materijala i izvedenih radova ne odgovara zahtijevanim uvjetima, nadzorni organ je dužan izdati nalog izvođaču da nekvalitetan materijal zamijeni kvalitetnim i radove dovede u ispravno stanje. Izvođač je dužan napraviti Projekt betona koji će zadovoljiti uvjete dane ovom projektnom dokumentacijom, a istovremeno uvažiti tehnologiju proizvodnje i

ugradbe betona koju primjenjuje izvođač te zadovoljiti propisane uvjete. Kontrolu kvalitete betonskih radova treba provjeriti u za to registriranoj organizaciji, a kontrolna ispitivanja je potrebno primijeniti u skladu s „TPGK“ N.N. 17/17.

### 3.7. Dužnosti izvođača

Radove izvoditi na način određen ugovorom, propisima i pravilima struke, tehničkim normativima i standardima propisanim i prihvaćenim u RH, te prema odobrenoj projektnoj dokumentaciji. Poduzeti sve potrebne mjere za sigurnost zaposlenih radnika, javnog prometa, kao i susjednih objekata pored kojih se izvode radovi. Organizirati kontrolu radova u terenskim i pogonskim laboratorijima ili povjeriti tu kontrolu stručnim organizacijama koju su za to upisane u sudski registar. Ugrađivani materijal, predgotovljene elemente, elemente, uređaje i tehničku opremu koji odgovaraju propisanim standardima i tehničkim normativima. Kvalitetu radova, materijala i uređaja koji mogu utjecati na stabilnost i sigurnost objekta i kvalitetu cijelog objekta, odnosno radove, dokumentirati obrađenim rezultatima ispitivanja ili ispravama izdanim u skladu sa zakonom ili propisima o tehničkim normativima i standardima. Radove izvoditi po redoslijedu kojim se osigurava kvalitetno izvođenje i o izvođenju pojedinih faza na vrijeme obavijestiti nadzorni organ zbog pregleda i utvrđivanja kvalitete. Rezultate ispitivanja izvođač je dužan dostaviti nadzornom inženjeru. Dužan je pribaviti sve ateste kada je to propisano tehničkim normativima ili propisima. Ne smije upotrebljavati građevinske materijale bez odobrenja nadzornog organa, a u slučaju da ih upotrijebi snosi rizik i troškove koji iz toga nastanu. Izvođač je dužan tijekom građenja i po završetku istog pribaviti dokaze o kvaliteti upotrijebljenog građevinskog materijala, poluporizvoda i gotovih porizvoda od ovlaštenih organizacija kao što je:

- Upis geomehaničara u građevinski dnevnik s potvrdom kvalitete temeljnog tla
- Izvešće o kvaliteti betona za monolitne AB konstrukcije
- Izvešće o ispitivanju betonskog čelika
- Uvjerenje o kvaliteti zavarene građevinske armaturne mreže

## 4. OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI

### 4.1. Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće. Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona. Žičane spojnice za pridržavanje oplate ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe.

Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature.

Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prianjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće.

Oplata se mora skidati prema određenom redosljedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata.

Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija. Sve skele moraju biti stabilne, ukrućene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i klijestima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukrućene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena tršćanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica.

Skele moraju biti izrađene prema pravilima struke i propisima Pravilnika o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama u građevinarstvu.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

#### 4.2. Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu.



Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja.

Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj. Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona. Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

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

Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom ukliješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

#### 4.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja.

Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere:

- krupne frakcije agregata hladiti raspršivanjem vode po površini deponije, što se ne preporuča s frakcijama do 8 mm, zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona,
- deponije pijeska zaštititi nadstrešnicama,
- silose za cement, rezervoare, miješalicu, cijevi itd. zaštititi od sunca bojenjem u bijelo.

Ukoliko ovi postupci hlađenja nisu dostatni, daljnje sniženje temperature može se postići hlađenjem vode u posebnim postrojenjima (coolerima).

Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro).

Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti.

Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redoslijed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja.

Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena.

Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem.

Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.

#### 4.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a

zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona.

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

#### 4.5. Obaveze izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku. Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se otkloniti sa gradilišta. Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koji se u toku garantnog roka pojave. Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano - betonskih konstrukcije bez prethodnog odobrenja i uputstava nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik. Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal. Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.

## **5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA**

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu.

Osnovni propis iz tog područja je:

- Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike:
  - Pravilnik o vrstama otpada
  - Pravilnik o postupanju s otpadom, itd.

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

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

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

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

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

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

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

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

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

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

Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

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

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

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

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

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

## 6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA

Razmatrana građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Ipak, ukopanost u tlo zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevina. 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.

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama Priloga J.3. Održavanje betonskih konstrukcija, Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (N.N. 17/17) i normama na koje upućuje Prilog J.3., te odgovarajućom primjenom odredaba ostalih priloga Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (N.N. 17/17).

Redoviti pregled predmetne građevine, od strane kvalificiranih osoba, a u svrhu održavanja konstrukcije za predmetnu građevinu treba provoditi najmanje svakih 5 godina (zgrade javne namjene). Izvanredne preglede građevine provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, požar, eksplozija i slično) ili prema zahtjevu inspekcije.

Osim ovih pregleda preporučuje se da korisnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom. Način obavljanja pregleda uključuje:

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

Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije. Ovu i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine.

Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba (zanatlija) na licu mjesta, a kod većih zahvata vlasnik (ili korisnici) građevine dužni su postupiti prema potrebnim zahtjevima i mjerama iz dokumentacije o stanju konstrukcije te izvesti neophodne radove održavanja, obnove i izmjene uređaja i dijelova te radove popravka, ojačanja i rekonstrukcije.

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

HRN ENV 13269	Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju
HRN EN 13306	Nazivlje u održavanju
HRN ENV 13670-1:2002	Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)
HRN U.M1.047:1987	Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma
HRN EN 4866:1999	Mehaničke vibracije i udari – Vibracije građevina – Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine (ISO 4866:1990+Dopuna 1:1994+Dopuna 2:1996)
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

HRN ISO 15686-1:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)
HRN ISO 15686-2:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)
HRN ISO 15686-3:2004	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)
HRN 12504-1:2000	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)
HRN 12504-2:2001	Svojstva betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerozorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)
nHRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)
HRN EN 12504-4:2004	Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog impulsa (EN 12504-4:2004)
HRN EN 12390-1:2001	Ispitivanje očvrsloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)
HRN EN 12390-3:2002	Ispitivanje očvrsloga betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća ispitnih uzoraka (EN 12390-3:2001)

Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilna izvedba te pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## 7. PLANOVI POZICIJA

Planovi pozicija i relevantni tlocrti i presjeci prikazani su u grafičkim prilogima.

Ploče su označavane velikim slovom P (P1, P2, ...) i pripadajućim brojem, stupovi velikim slovom S (S1, S2, ...) i pripadajućim brojem.

Zbog jednostavnosti stupovi su podijeljeni prema tipu (dimenzijama).

U grafičkim prilogima numeričkog proračuna vidljiva je potrebna količina armature na pojedinim mjestima u ploči.

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 17.1".

Zbog opširnosti projekta prikazani su samo oni rezultati koji su smatrani relevantnim.

Svi ulazni i izlazni podaci se mogu, na zahtjev, dobiti kod autora ovog projekta.

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

Sva opterećenja uzeta prema:

- HRN ENV 1991-1 Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1.  
dio: Osnove projektiranja (ENV 1991-1:1994)
- HRN ENV 1991-2-1 1 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije  
– 2-  
1. dio: Djelovanja na konstrukcije – Prostorne težine, vlastite  
težine, uporabna opterećenja (ENV 1991-2-1:1995)
- HRN ENV 1991-2-2 Eurokod 1: Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije – 2-  
2.  
dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja na konstrukcije  
izložene požaru (ENV 1991-2-2:1995)
- HRN ENV 1991-2-3 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije –  
2-  
3. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje snijegom (ENV  
1991-2-3:1995)
- HRN ENV 1991-2-4 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije –  
2-  
4. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje vjetrom (ENV  
1991-2-4:1995)
- HRN ENV 1991-2-6 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije –  
2-  
6. dio: Djelovanja na konstrukcije – Djelovanja tijekom izvedbe  
(ENV 1991-2-6:1997)
- HRN ENV 1991-2-7 7 Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije  
– 2-  
7. dio: Djelovanja na konstrukcije – Izvanredna djelovanja  
prouzročena udarom i eksplozijom (ENV 1991-2- 7:1998)
- HRN ENV 1998-1-1:2005 Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-1.  
dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za  
konstrukcije (ENV 1998-1-1:1994)



## 8. ANALIZA OPTEREĆENJA

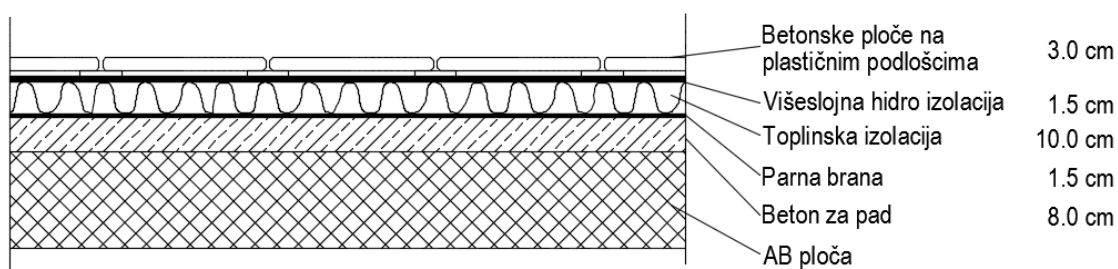
### 8.1. Stalno opterećenje

#### 8.1.1. Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa automatski je uključena u programskom paketu Scia Engineer.

#### 8.1.2. Dodatno stalno opterećenje

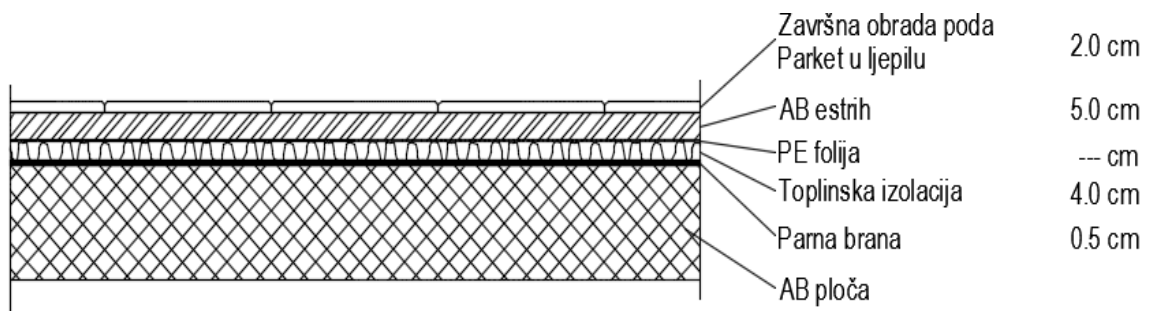
##### a) Ravni krov-PLOČA POZICIJA 700



Slika 8.1. Slojevi poda

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
BETONSKA PLOČA s PODMETAČIMA	0,03	25	0,750
PE FOLIJA	-	-	-
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,015·2	20	0,60
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,10	3,0	0,30
BETON ZA PAD	0,08	24	1,92
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 3,57 kN/m<sup>2</sup></b>			

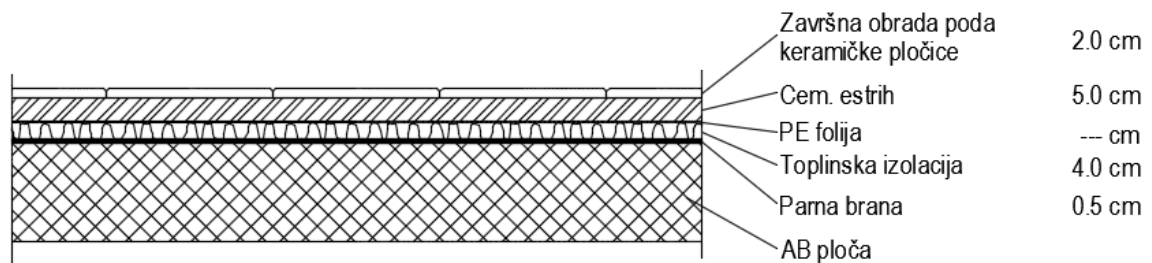
## b) Pod između stanova- PLOČE POZICIJA 200-600



Slika 8.2. Slojevi ravnog krova

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
PARKET	0,02	12	0,24
ESTRIH	0,05	25	1,25
PE FOLIJA	-	-	-
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,04	5	0,20
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,005	20	0,1
PREGRADNI ZIDovi			1,0
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 2,79 kN/m<sup>2</sup></b>			

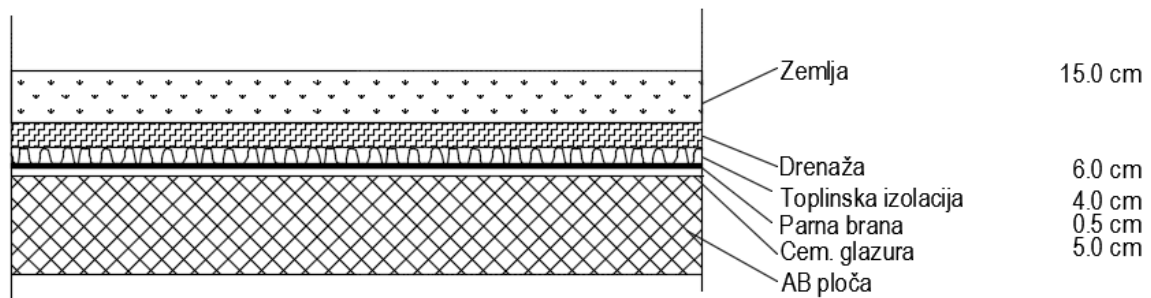
## c) Pod iznad garaže- PLOČA POZICIJE 100 (dio ploče unutar objekta)



Slika 8.3. Slojevi poda

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KERAMIČKE PLOČICE	0,02	24	0,48
CEM.ESTRIH	0,05	24	1,20
PE FOLIJA	-	-	-
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,04	5	0,20
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,005	20	0,1
PREGRADNI ZIDOV I AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 2,98 kN/m<sup>2</sup></b>			

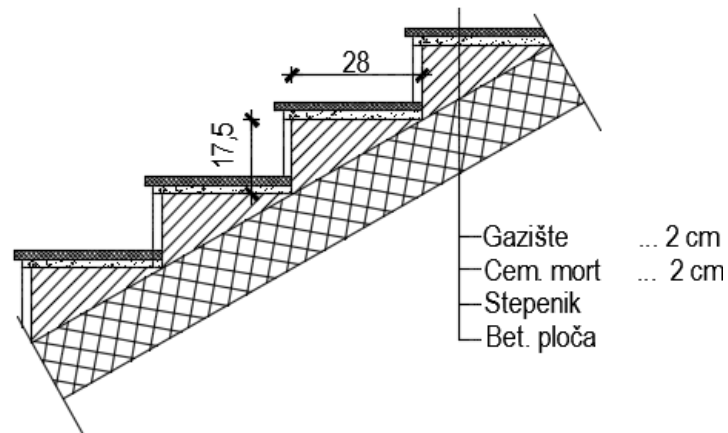
d) Pod iznad garaže- PLOČA POZICIJE 100 (dio ploče izvan objekta)



Slika 8.4. Slojevi poda

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
ZEMLJANI SLOJ	0,15	18	2,7
DRENAŽA	0,06	0,01	0,0006
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,04	5	0,20
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,005	20	0,1
CEM.GLAZURA	0,05	24	1,2
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 4,20 kN/m<sup>2</sup></b>			

## e) STUBIŠTE 1



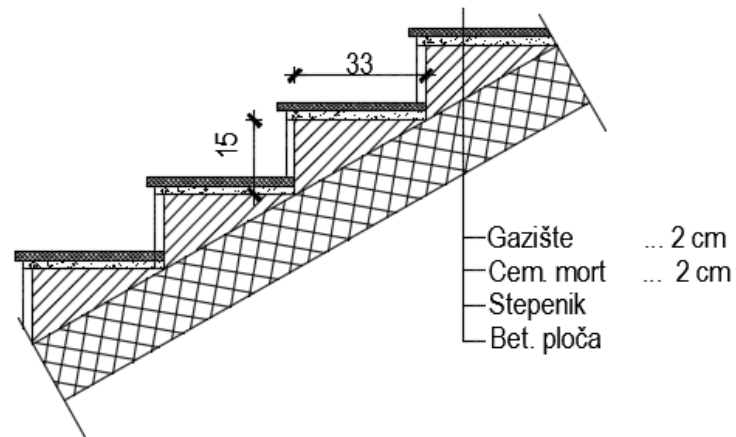
Slika 8.5. Slojevi poda stubišta

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KAMENE PLOČE(gazište)	0,02	28	0,56
CEMENTNI MORT	0,02	20	0,40
STUBE AB PLOČA	0,0875	24	2,10
uključena kroz računalni program			
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 3,06 kN/m<sup>2</sup></b>			

## f) STUBIŠTE 2:

PODEST

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KAMENE PLOČE(gazište)	0,02	28	0,56
CEMENTNI MORT	0,02	20	0,40
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 0,96 kN/m<sup>2</sup></b>			



Slika 8.6. Slojevi poda stubišta

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KAMENE PLOČE(gazište)	0,02	28	0,56
CEMENTNI MORT	0,02	20	0,40
STUBE AB PLOČA	0,075	24	1,80
uključena kroz računalni program			
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 2,76 kN/m<sup>2</sup></b>			

## 8.2. Promjenjivo opterećenje

### 8.2.1. Korisno opterećenje

Minimalno korisno opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno (pokretno) opterećenje je najmanje koje se smije primijeniti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje. Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

- Ravni krov:  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori (A) :  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta (A) i poslovni prostori (B) :  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

- Područje iznad garaže izvan objekta namijenjeno rekreaciji većeg broja ljudi (C3/C4/C5) :  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Otvorene terase za rekreaciju djece i odraslih na katovima:  $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
<b>A Stambene prostorije, odjeli u bolnicama, hotelske sobe</b>	
uobičajene prostorije	2,0
stubišta	3,0
balkoni	4,0
<b>B Uredi</b>	
uredi	3,0
<b>C Prostorije na kojima je moguće okupljanje ljudi</b>	
C1 (prostorije sa stolovima, škole, kavane, restorani, čitaonice, recepcije)	3,0
C2 (prostorije s nepomičnim sjedalima, crkve, kina, predavaonice, čekaonice, konferencijske dvorane)	4,0
C3 (prostorije bez prepreka za kretanje ljudi, izložbeni prostori, pristupi u javnim i državnim zgradama, hotelima i sl.)	5,0
C4 (športske prostorije i prostori za igru, plesne dvorane, gimnastičke dvorane)	5,0
C5 (prostorije za velika okupljanja ljudi, zgrade za javne priredbe, koncertne dvorane, športske dvorane)	5,0
<b>D Prodajne prostorije</b>	
D1 (prostorije u trgovinama)	5,0
D2 (prostorije u robnim kućama i trgovinama na veliko)	5,0
<b>E Prostorije s mogućnošću gomilanja robe i stvari</b>	
(skladišta uključujući i knjižnice)	6,0

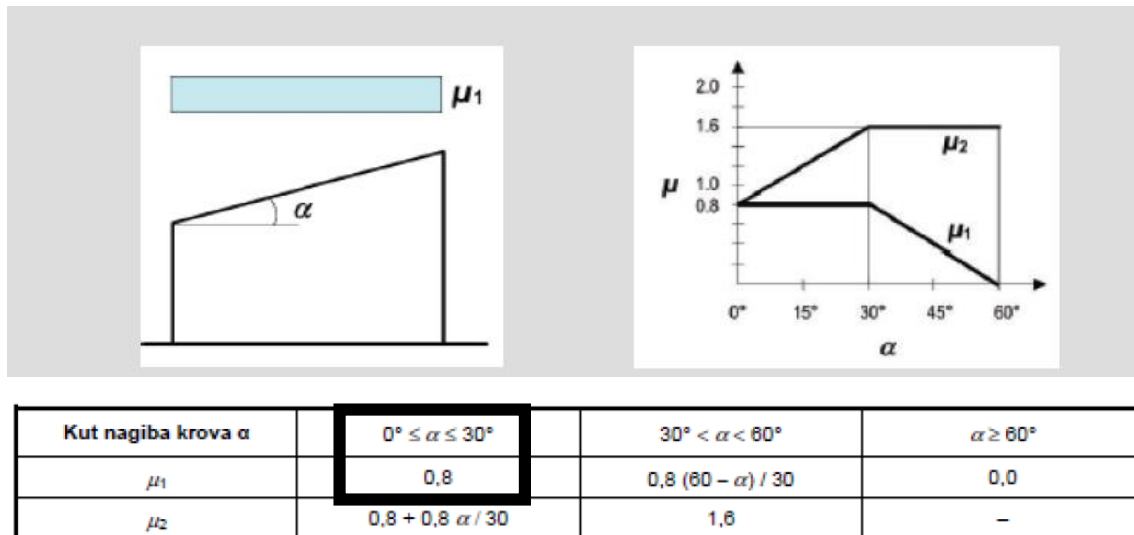
Slika 8.7. Vrijednosti korisnog opterećenja

### 8.2.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom definira se izrazom:

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

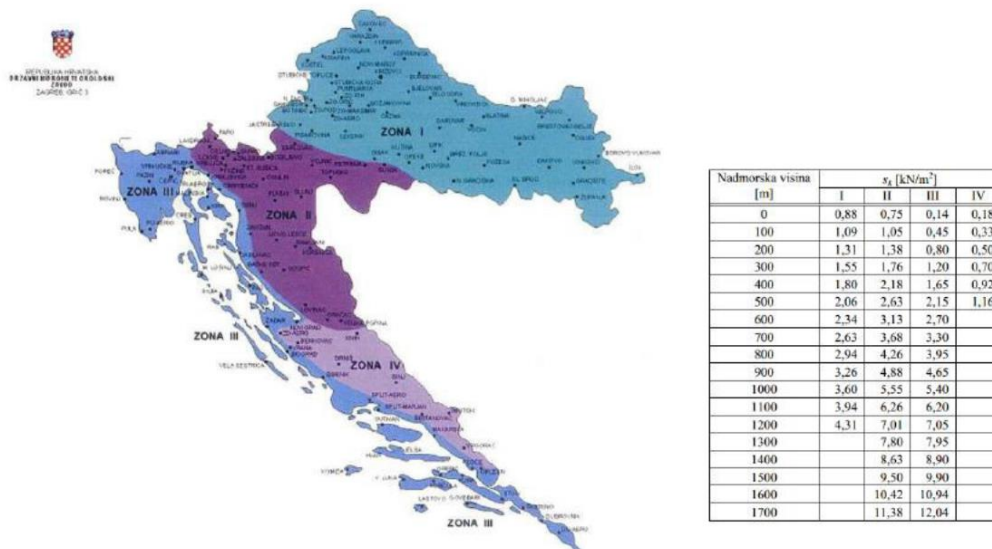
- $\mu_1$  - koef. oblika za opterećenje snijegom-RAVNI I JEDNOSTREŠNI KROV-nagib krova  $\rightarrow \alpha = 5^\circ$



Slika 8.8. Očitavanje koeficijenta oblika

$$\alpha = 5^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$$

- $s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $[kN/m^2]$
- ⇒ zona Split, područje 1. (priobalje i otoci), nadmorska visina do 100 m



Slika 8.19 Karta karakterističnih vrijednosti opterećenja snijegom obzirom na područje

- $C_e$ - koef. izloženosti →  $C_e = 1,0$
- $C_t$ - toplinski koef. →  $C_t = 1,0$

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

**Napomena:** Opterećenje krova snijegom uzeto je u obzir u sklopu pokretnog opterećenja na krovu (snijeg+vjetar) u iznosu od  $1 \text{ kN/m}^2$ . Opterećenje snijegom od  $0,36 \text{ kN/m}^2$  nanoseno je na ploču iznad garaže na dijelu ploče van objekta.

### 8.2.3. Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom definirano je Eurokodom 1991-1-4 – Djelovanje vjetra (Eurocode 1:Actions on structures - General actions - Part 1-4: Wind actions).

- $v_{b0}$  (ili  $v_{ref 0}$  - u prednormi) je poredbena vrijednost brzine vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na karti). Poredbena vrijednost brzine vjetra je karakteristična srednja 10-minutna vrijednost brzine vjetra, neovisna o smjeru vjetra, vremenu i godišnjem dobu, na 10 m iznad površine otvorenog terena, koji može biti obrastao travom, grmljem i manjim preprekama.

Vrijednost poredbene brzine vjetra  $v_{b0}$  dodatno se korigira s obzirom na smjer vjetra, godišnje doba i nadmorsku visinu, te se tako dobiva osnovna brzina vjetra:

$$\text{➤ } v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0}$$

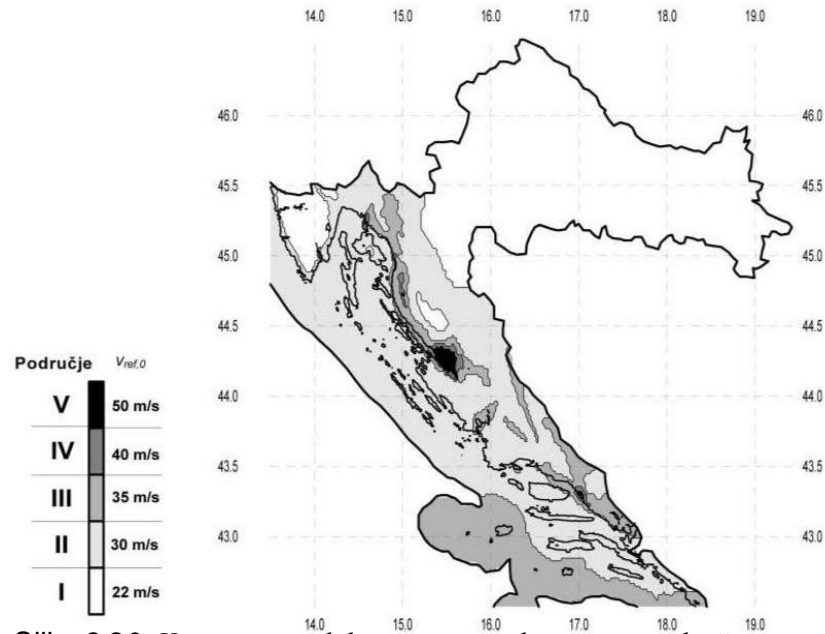
- Koeficijent smjera vjetra ( $c_{DIR}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{dir} = 1,0$ .
- Koeficijent godišnjeg doba ( $c_{TEM}$ ) uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{tem} = 1,0$ .
- Koeficijent nadmorske visine ( $c_{ALT}$ ) koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz:

$$c_{alt} = 1 + 0,0001 \cdot a_s = 1 + 0,0001 \cdot 10 = 1,001$$

gdje je  $a_s$  nadmorska visina mjesta u (m).

PODRUČJE	$v_{B,0}(m/s)$
I	22
II	30
III	35
IV	40
V	50





Slika 8.20. Karta osnovnih brzina vjetra obzirom na područje

→ Objekt se nalazi na području grada Splita te prema prikazanoj karti pripada II. vjetrovnoj zoni. Iz toga slijedi:

$$v_{b,0} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{očitano za Split}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,001 \cdot 30,0 = 30,03 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra iznad terena na nekoj visini z:

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{0(z)} \cdot v_b$$

$c_{0(z)}$  – koeficijent topografije (uglavnom se uzima 1,0)

$c_{r(z)}$  – koeficijent hrapavosti

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_{r(z)} = c_{r(z,min)} \quad \text{za } z \leq z_{min}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad \text{– koeficijent terena}$$

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

Slika 8.21. Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

→ Za područje grada Splita kategorija terena prema tablici je IV. Stoga su vrijednosti sljedeće:

$$z_0 = 1,0 \quad z_{\min} = 10,0 \quad z_{\max} = \text{obično se uzima } 200\text{m}$$

➤ Turbulencija vjetra na visini  $z$  iznad terena dana je izrazom:

$$I_{V(z)} = \frac{1}{C_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{za } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_{V(z)} = I_{V(z,\min)} \quad \text{za } z \leq z_{\min}$$

➤ Maksimalni tlak brzine vjetra iznosi:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{V(z)}] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_b = \frac{\rho_{\text{zraka}}}{2} \cdot v_b^2$$

$$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

➤ Rezultirajuća sila vjetra:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} [\text{kN/m}^2] - \text{sila vjetra na vanjske plohe}$$

$c_{pe}$  – koeficijent vanjskog tlaka

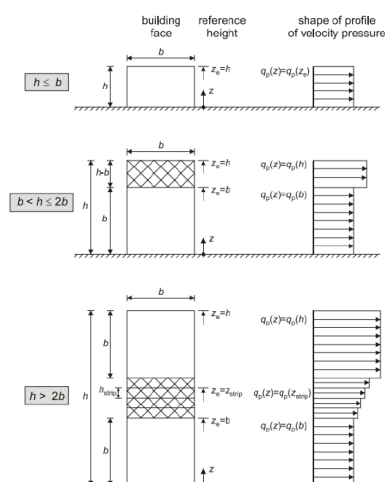
$$w_e = q_p(z_i) \cdot c_{pi} [\text{kN/m}^2] - \text{sila vjetra na unutarnje plohe}$$

$c_{pi}$  – koeficijent unutarnjeg tlaka

$z_i$  – referentna visina objekta

### Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka $c_{pe}$

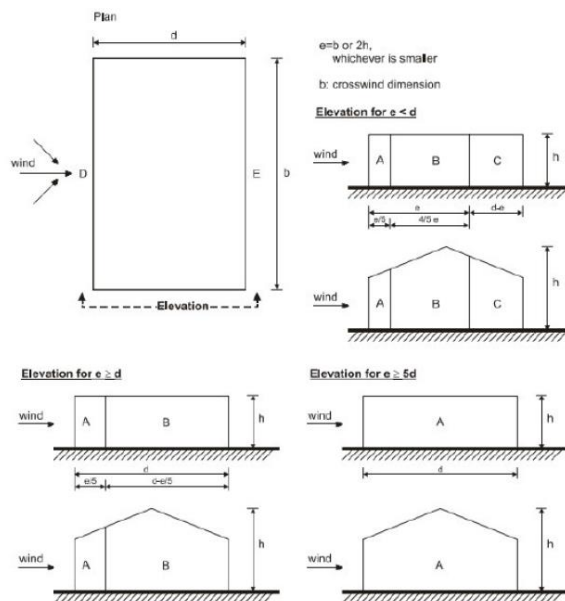
I. Referentna visina objekta  $z_e$  - određuje se prema odnosu  $h/b$



Slika 8.22. Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka vjetra

**Napomena:** U radu nije uzeta u obzir promjena iznosa opterećenja vjetrom po visini prema gore prikazanim slikama. Uzet je najkritičniji slučaj  $h < b$  čime je pojednostavljen proračun a istovremeno smo na strani sigurnosti.

## II. Podjela zgrade na zone (za vertikalne zidove)



Slika 8.23. Podjela zgrade na vjetrovne zone

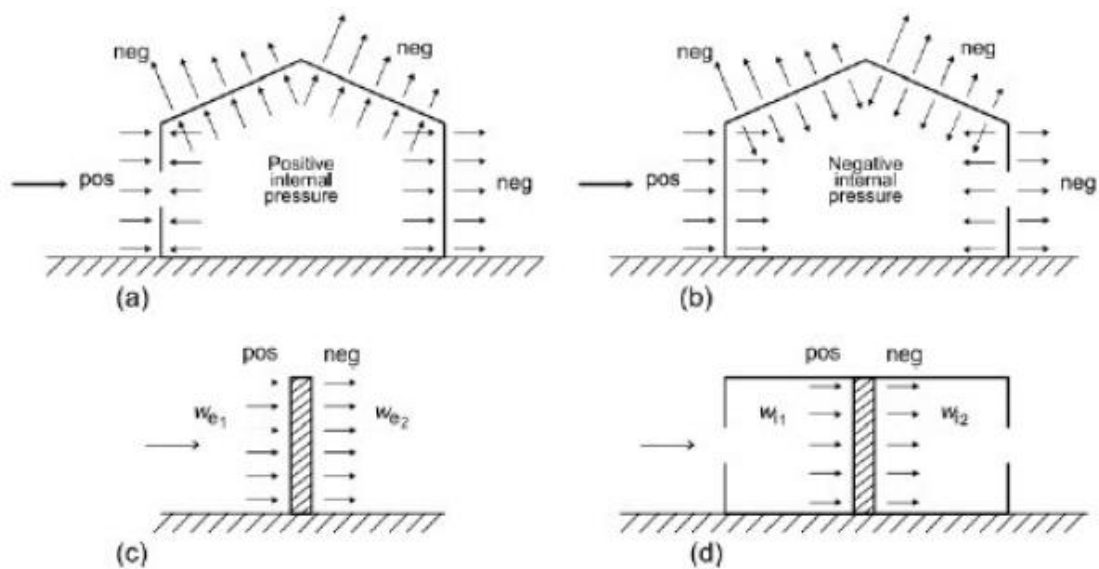
Zone	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Slika 8.24. Koeficijenti vanjskog tlaka za vanjske zidove zgrada

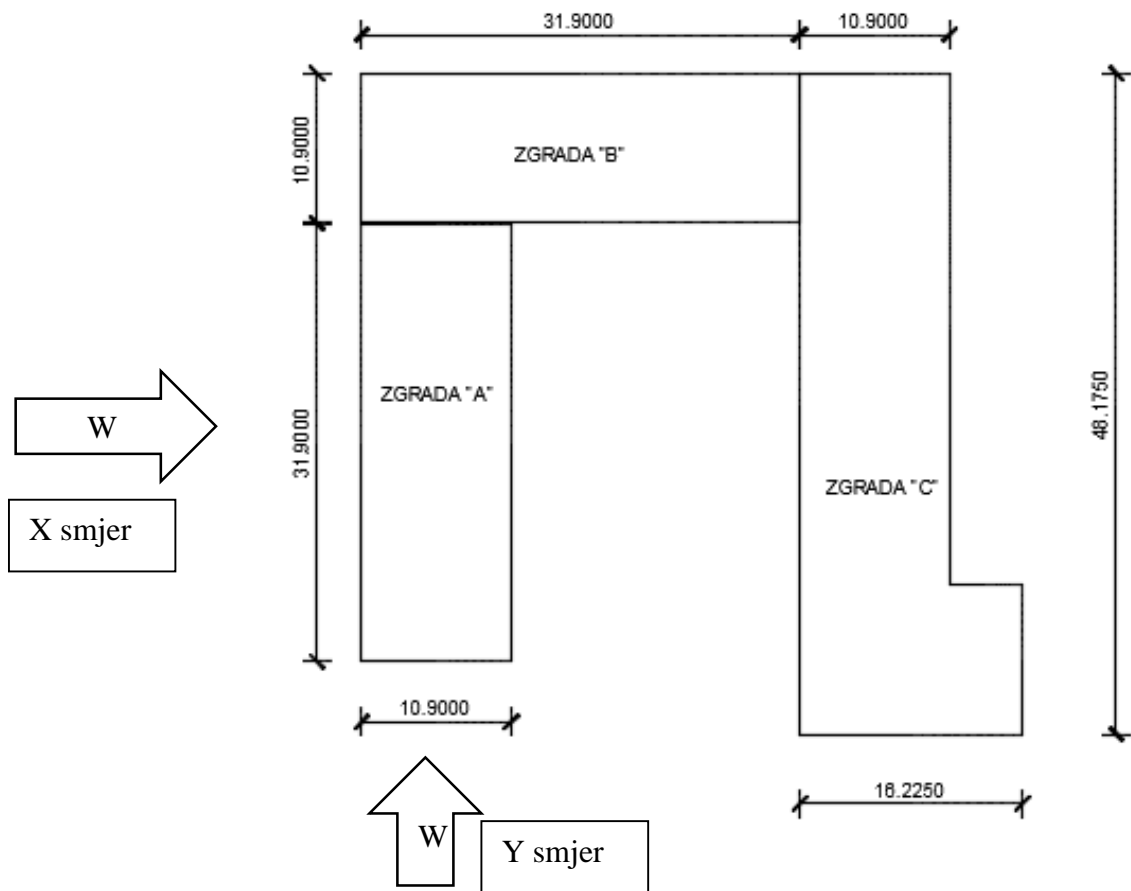
### Određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka $c_{pi}$

Maksimalni koeficijent unutarnjeg tlaka je 0,8, a minimalni koeficijent unutarnjeg tlaka (podtlak) je -0,5.

Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe ( $w_e$  i  $w_i$ ) se raspoređi prema shemi prikazanoj na slici 8.25. te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 8.25. Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka na zidove i krovove zgrade

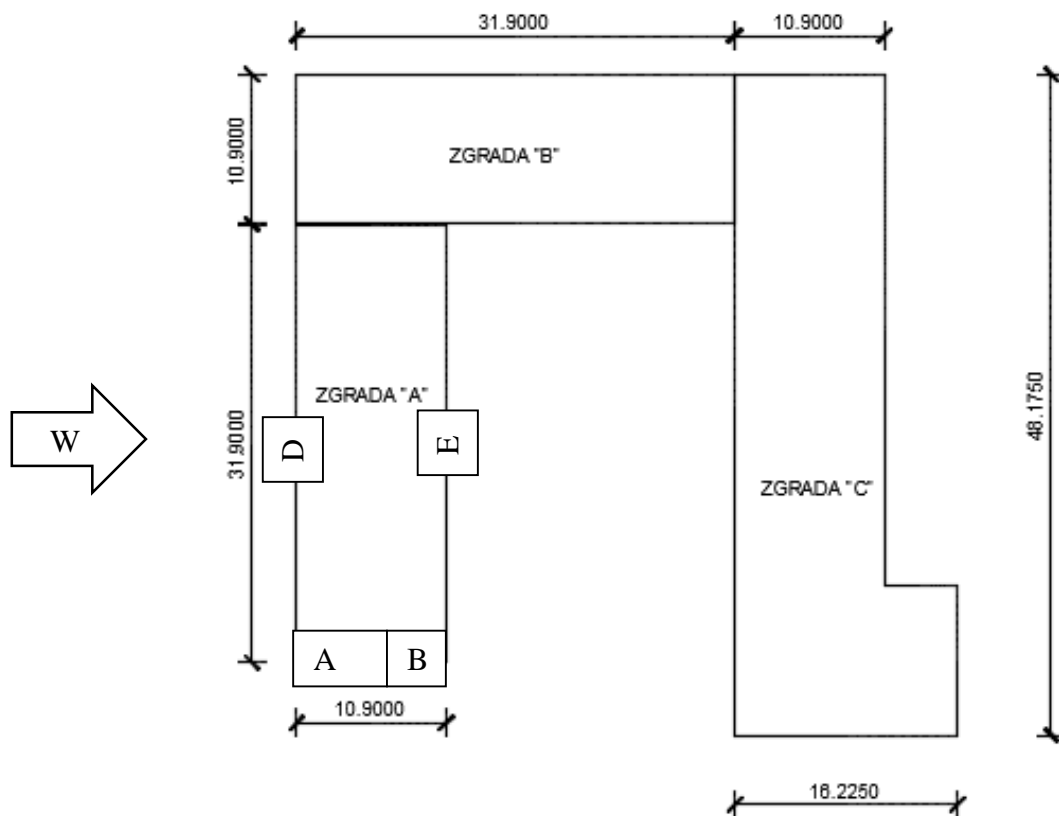
**Rezultati proračuna vjetra za objekt iz ovog rada****1. Proračun vjetra za zgradu A**

Slika 8.26. Prikaz djelovanja vjetra na zgradu A

<i>X smjer vjetra</i>			<i>Y smjer vjetra</i>		
$Z_e$	17,600	m	$Z_e$	17,600	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s	$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001		$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000		$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000		$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s	$V_b$	30,030	m/s
$Cr(z)$	0,672		$Cr(z)$	0,672	
$kr$	0,234		$kr$	0,234	
$Z$	17,600	m	$Z$	17,600	m
$Z_0$	1,000	m	$Z_0$	1,000	m
$C_0(z)$	1,000		$C_0(z)$	1,000	
$V_m$	20,181	m/s	$V_m$	20,181	m/s
$lv$	0,349		$lv$	0,349	
$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$	$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$
$qp(z)$	0,876	$kN/m^3$	$qp(z)$	0,876	$kN/m^3$

$H$	17,600			$H$	17,600		
$b$	31,900			$b$	10,900		
$d$	10,900			$d$	31,900		
$e$	31,900	>	10,9	$e$	10,900	<	31,9
$h/d$	1,615			$h/d$	0,552		
			Zone A,B,D,E				Zone A,B,C,D,E

X smjer	qp(z)	Cpe,10	Cpi,max	Cpi,min	We	Wi,max	Wi,min	Wuk,max	Wuk,min	Wekv
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,876	-1,20	0,80	-0,5	-1,051	0,701	-0,438	-1,752	-0,613	-1,75
B	0,876	-0,80	0,80	-0,5	-0,701	0,701	-0,438	-1,401	-0,263	-1,40
D	0,876	0,80	0,80	-0,5	0,701	0,701	-0,438	0,000	1,139	1,14
E	0,876	-0,531	0,80	-0,5	-0,465	0,701	-0,438	-1,166	-0,027	-1,17

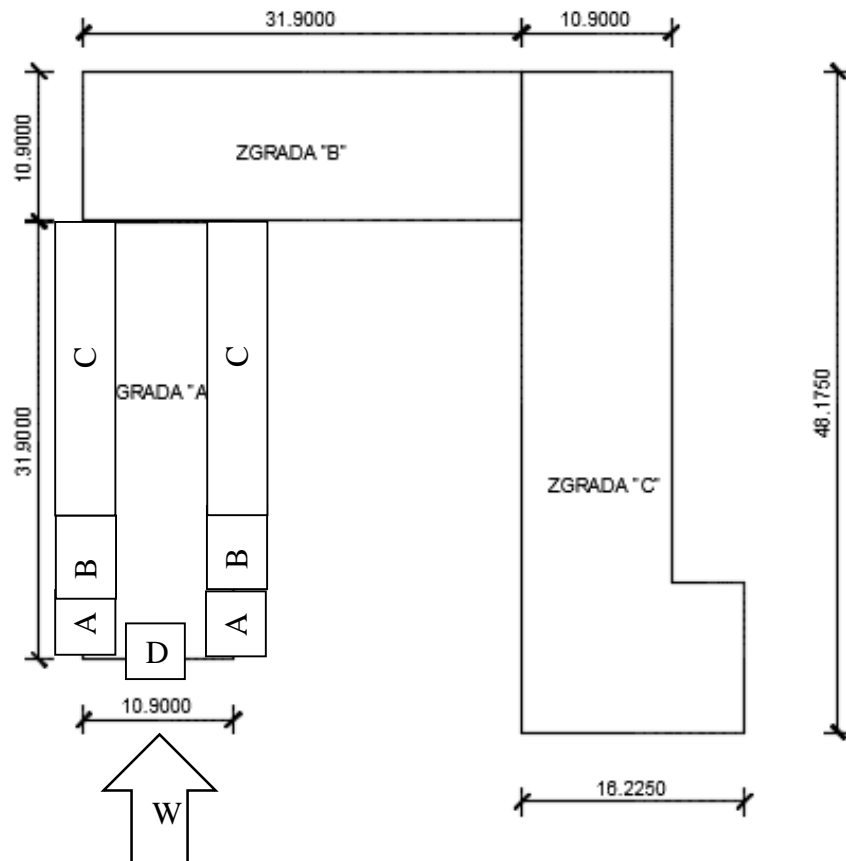


Slika 8.27. Djelovanje vjetra iz X smjera na zgradu A

-Zona A na duljini  $e/5=6,38$  m

-Zona B na duljini  $d-e/5=4,52$  m

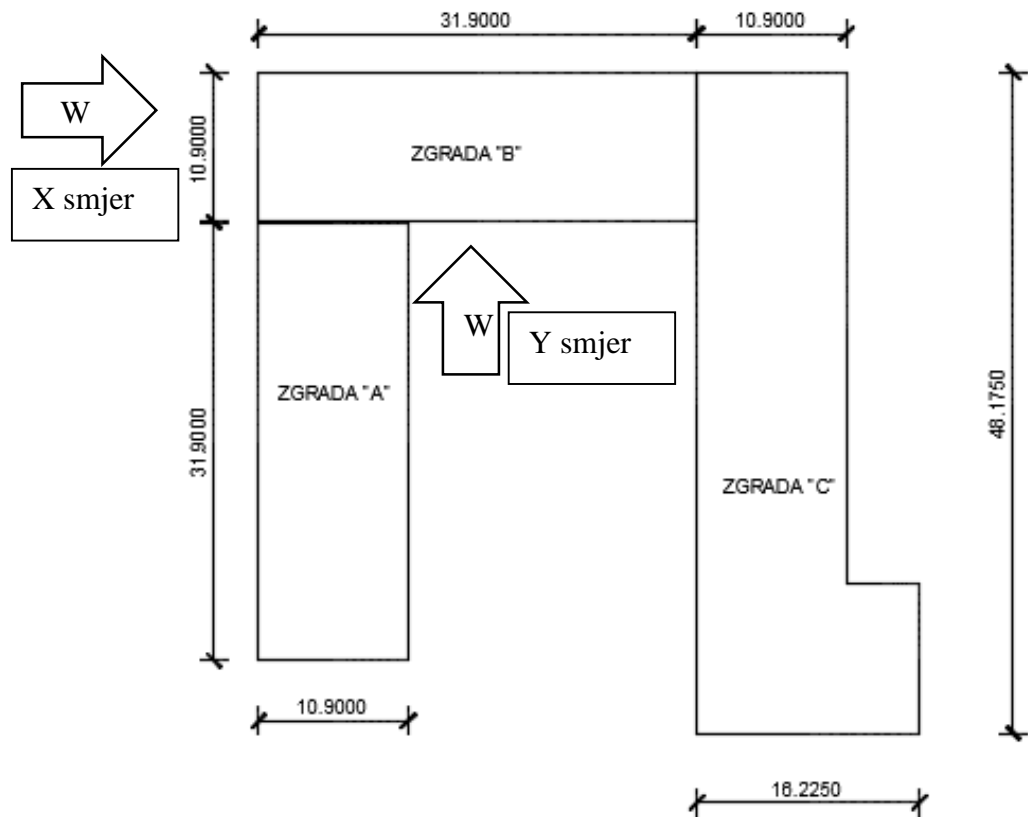
Y smjer zona vjetra	qp(z) kN/m <sup>2</sup>	Cpe,10	Cpi,max	Cpi,min	We kN/m <sup>2</sup>	Wi,max kN/m <sup>2</sup>	Wi,min kN/m <sup>2</sup>	Wuk,max kN/m <sup>2</sup>	Wuk,min kN/m <sup>2</sup>	Wekv kN/m <sup>2</sup>
A	0,876	-1,20	0,80	-0,5	-1,05	0,70	-0,44	-1,75	-0,61	-1,75
B	0,876	-0,80	0,80	-0,5	-0,70	0,70	-0,44	-1,40	-0,26	-1,40
C	0,876	-0,50	0,80	-0,5	-0,44	0,70	-0,44	-1,14	0,00	-1,14
D	0,876	0,74	0,80	-0,5	0,65	0,70	-0,44	-0,05	1,09	1,09
E	0,876	-0,38	0,80	-0,5	-0,33	0,70	-0,44	-1,03	0,10	-1,03



Slika 8.28. Djelovanje vjetra iz Y smjera na zgradu A

- Zona A na duljini  $e/5=2,18$  m
- Zona B na duljini  $4*e/5=8,72$  m
- Zona C na duljini  $d-e=21,00$ m

## 2. Proračun vjetra za zgradu B

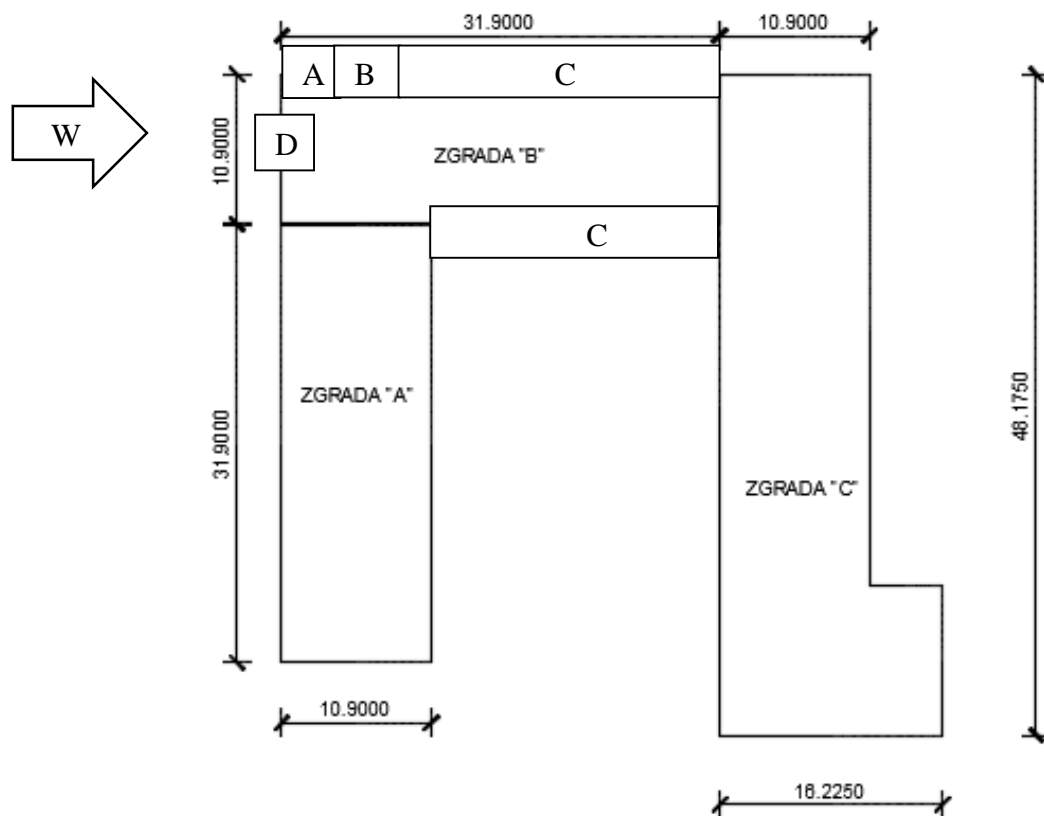


Slika 8.29. Djelovanje vjetra na zgradu B

X smjer vjetra			Y smjer vjetra		
$Z_e$	17,600	m	$Z_e$	17,600	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s	$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001		$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000		$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000		$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s	$V_b$	30,030	m/s
$C_r(z)$	0,672		$C_r(z)$	0,672	
$k_r$	0,234		$k_r$	0,234	
$Z$	17,600	m	$Z$	17,600	m
$Z_0$	1,000	m	$Z_0$	1,000	m
$C_0(z)$	1,000		$C_0(z)$	1,000	
$V_m$	20,181	m/s	$V_m$	20,181	m/s
$l_v$	0,349		$l_v$	0,349	
$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$	$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$
$q_p(z)$	0,876	$kN/m^3$	$q_p(z)$	0,876	$kN/m^3$



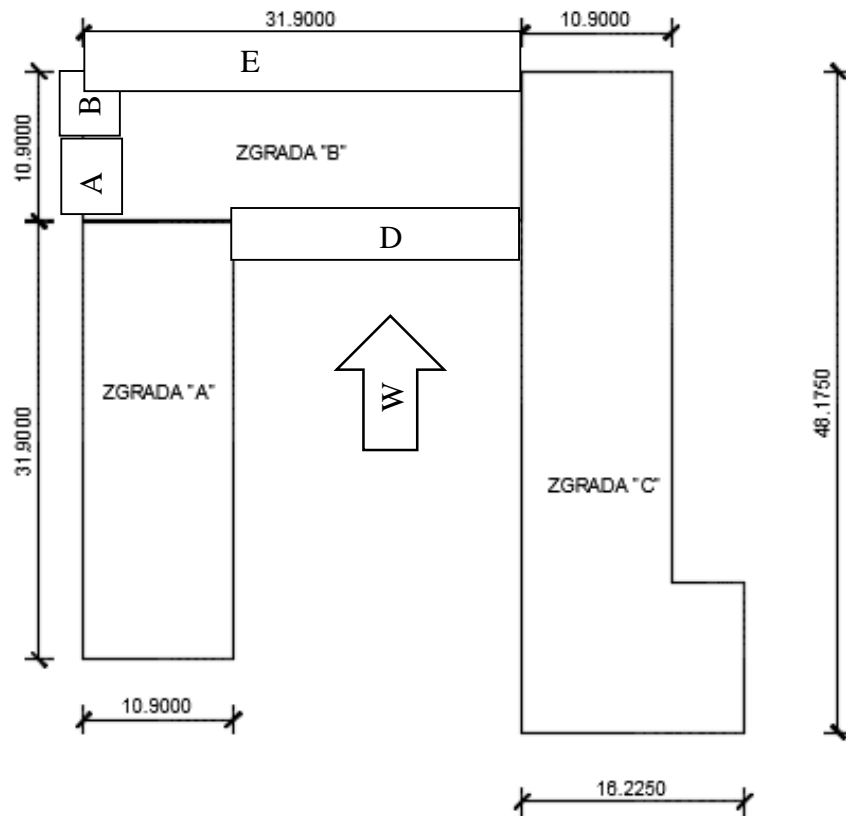
$X$ smjer	$qp(z)$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$We$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,876	-1,20	0,80	-0,5	-1,05	0,70	-0,44	-1,75	-0,61	-1,75
B	0,876	-0,80	0,80	-0,5	-0,70	0,70	-0,44	-1,40	-0,26	-1,40
C	0,876	-0,50	0,80	-0,5	-0,44	0,70	-0,44	-1,14	0,00	-1,14
D	0,876	0,74	0,80	-0,5	0,65	0,70	-0,44	-0,05	1,09	1,09
E	0,876	-0,38	0,80	-0,5	-0,33	0,70	-0,44	-1,03	0,10	-1,03



Slika 8.30. Djelovanje vjetra iz X smjera na zgradu B

- Zona A na duljini  $e/5=2,18$  m
- Zona B na duljini  $4 \cdot e/5=8,72$  m
- Zona C na duljini  $d-e=21,00$  m

<i>Y</i> smjer	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,876	-1,20	0,80	-0,5	-1,051	0,701	-0,438	-1,752	-0,613	-1,75
B	0,876	-0,80	0,80	-0,5	-0,701	0,701	-0,438	-1,401	-0,263	-1,40
D	0,876	0,80	0,80	-0,5	0,701	0,701	-0,438	0,000	1,139	1,14
E	0,876	-0,531	0,80	-0,5	-0,465	0,701	-0,438	-1,166	-0,027	-1,17

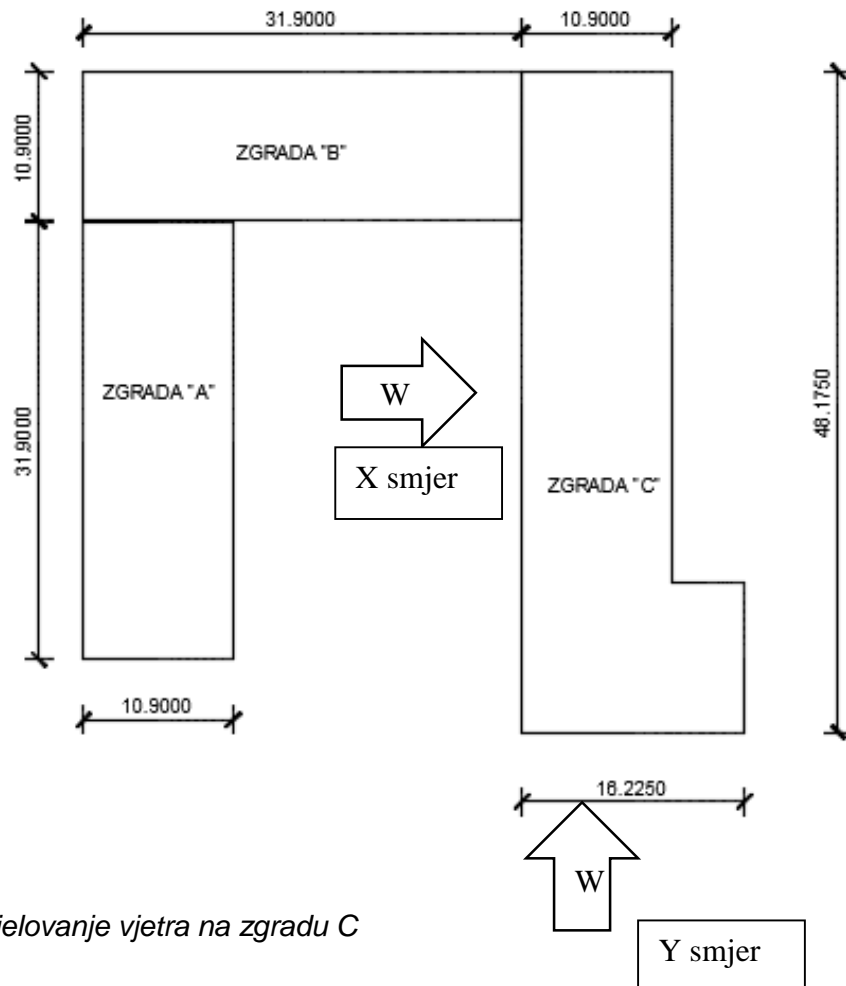
Slika 8.31. Djelovanje vjetra iz *Y* smjera na zgradu B

-Zona A na duljini  $e/5=6,38$  m

-Zona B na duljini  $d-e/5=4,52$  m

### 3. Proračun vjetra za zgradu C

4.



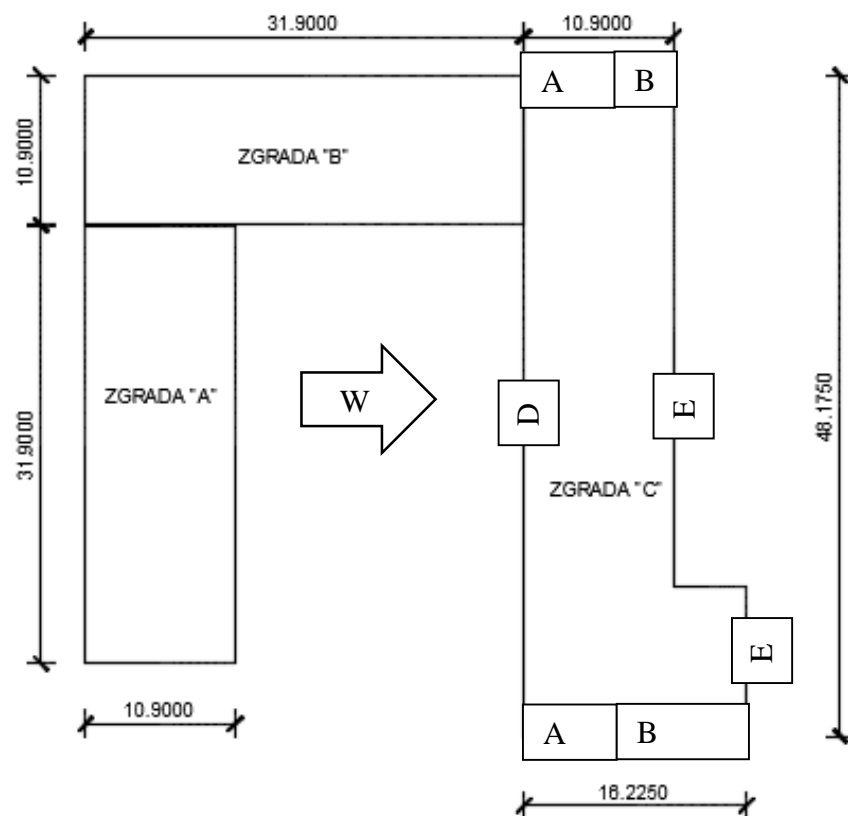
Slika 8.32. Djelovanje vjetra na zgradu C

X smjer vjetra		
$Z_e$	17,600	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s
$C_r(z)$	0,672	
$k_r$	0,234	
$Z$	17,600	m
$Z_0$	1,000	m
$C_0(z)$	1,000	
$V_m$	20,181	m/s
$I_v$	0,349	
$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$
$q_p(z)$	0,876	$kN/m^3$

Y smjer vjetra		
$Z_e$	17,600	m
$V_{b,0}$	30,000	m/s
$C_{alt}$	1,001	
$C_{dir}$	1,000	
$C_{tem}$	1,000	
$V_b$	30,030	m/s
$C_r(z)$	0,672	
$k_r$	0,234	
$Z$	17,600	m
$Z_0$	1,000	m
$C_0(z)$	1,000	
$V_m$	20,181	m/s
$I_v$	0,349	
$\rho(\text{zraka})$	1,250	$kg/m^3$
$q_p(z)$	0,876	$kN/m^3$

$H$	17,600				$H$	17,600			
$b$	48,175				$b$	16,225			
$d$	16,225				$d$	48,175			
$e$	35,200	>	16,225	Zone A,B,D,E	$e$	16,225	<	48,175	Zone A,B,C,D,E
$h/d$	1,085				$h/d$	0,365			

$X$ smjer	$q_p(z)$	$C_{pe,10}$	$C_{pi,max}$	$C_{pi,min}$	$W_e$	$W_{i,max}$	$W_{i,min}$	$W_{uk,max}$	$W_{uk,min}$	$W_{ekv}$
zona vjetra	$kN/m^2$				$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$	$kN/m^2$
A	0,88	-1,20	0,80	-0,5	-1,05	0,70	-0,44	-1,75	-0,61	1,752
B	0,88	-0,80	0,80	-0,5	-0,70	0,70	-0,44	-1,40	-0,26	1,401
D	0,88	0,80	0,80	-0,5	0,70	0,70	-0,44	0,00	1,14	1,139
E	0,88	-0,50	0,80	-0,5	-0,44	0,70	-0,44	-1,14	0,00	1,142

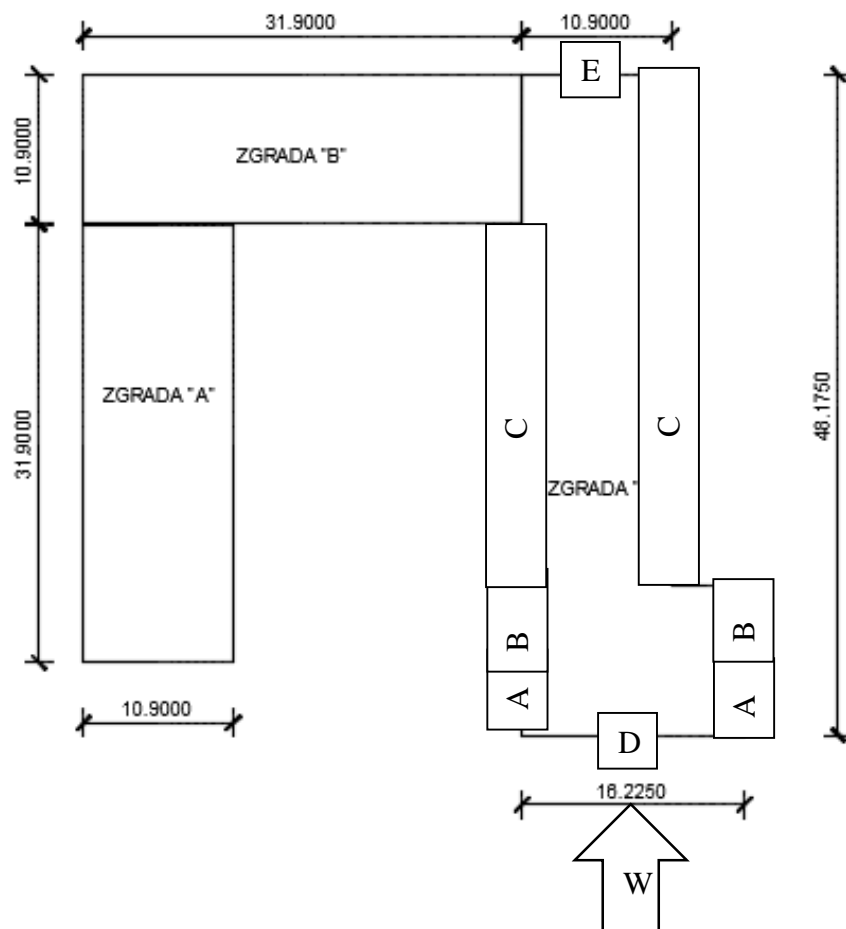


Slika 8.33. Djelovanje vjetra iz X smjera na zgradu C

-Zona A na duljini  $e/5=7,04$  m

-Zona B na duljini  $d-e/5=9,185$  m

Y smjer	qp(z)	Cpe,10	Cpi,ma	Cpi,min	We	Wi,max	Wi,min	Wuk,max	Wuk,min	Wekv
x										
zona vjetra	kN/m <sup>2</sup>				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
A	0,88	-1,20	0,80	-0,5	-1,05	0,70	-0,44	-1,75	-0,61	1,752
B	0,88	-0,80	0,80	-0,5	-0,70	0,70	-0,44	-1,40	-0,26	1,401
c	0,88	-0,50	0,80	-0,5	-0,44	0,70	-0,44	-1,14	0,00	1,139
D	0,88	0,72	0,80	-0,5	0,63	0,70	-0,44	-0,07	1,06	1,064
E	0,88	-0,33	0,80	-0,5	-0,29	0,70	-0,44	-0,99	0,15	0,990



Slika 8.34. Djelovanje vjetra iz Y smjera na zgradu C

- Zona A na duljini  $e/5=3,245$  m
- Zona B na duljini  $4*e/5=12,98$  m
- Zona C na duljini  $d-e=31,950$

### 8.3. Izvanredno opterećenje

#### *8.3.1. Potresno opterećenje*

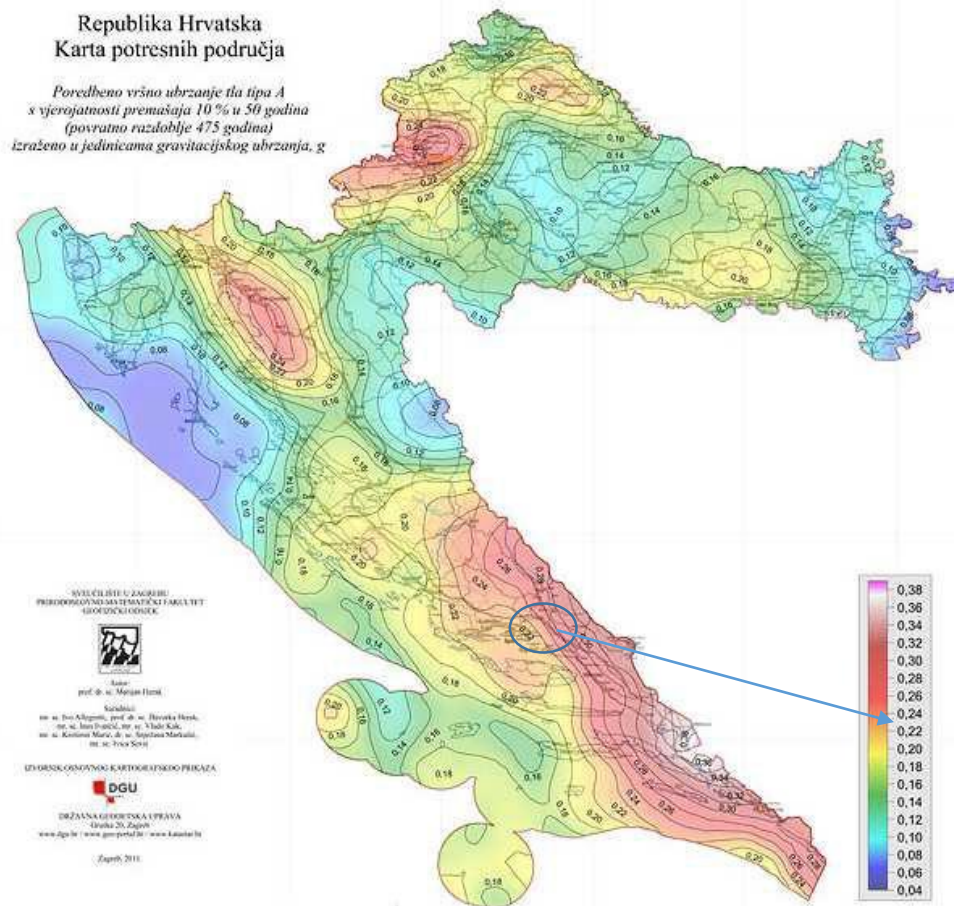
Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 17.1. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla na kojoj će se nalaziti građevina, proračunsko ubrzanje tla na tom području, duktilnost konstrukcije itd. Neki od tih parametara direktno se unose na temelju normama definiranih vrijednosti dok se ostale vrijednosti parametara uzimaju u obzir kroz vrijednost faktora ponašanja o kojem će kasnije u tekstu biti riječ.

Potresno djelovanje u nekoj točki na površini općenito se prikazuje elastičnim spektrom odziva. Razlikujemo dva tipa elastičnog spektra odziva ovisno o očekivanoj magnitudi površinskih poprečnih valova. Za magnitude veće od 5,5 odabiremo tip 1, a za magnitude manje od 5,5 tip 2 elastičnog spektra odziva.

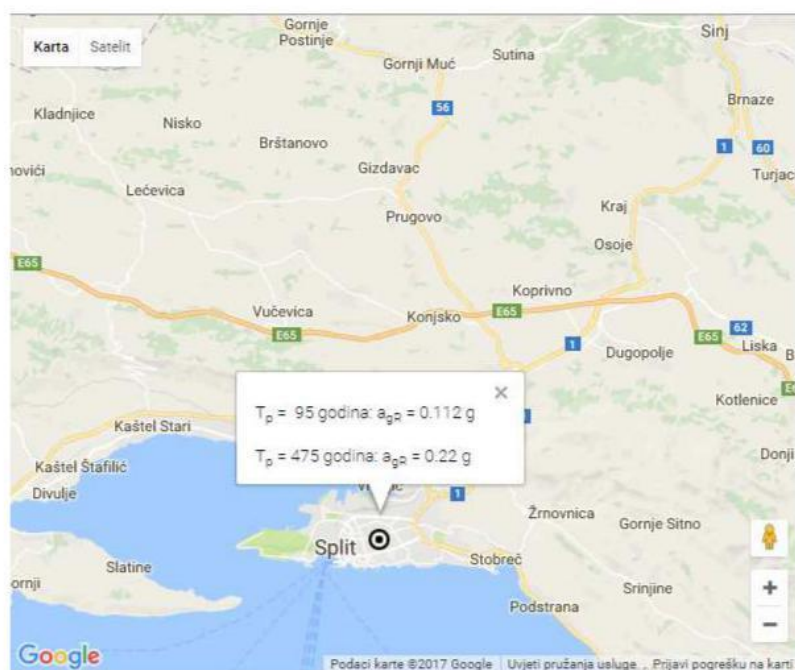
Budući se dio potresne energije u konstrukciji troši njenim deformiranjem ovisno o sklonosti deformiranju općenito se dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih u elastičnom spektru odziva. Da bi se izbjegao nelinearni proračun uzima se u obzir kapacitet konstrukcije trošenju energije. Taj kapacitet ovisi o duktilnosti konstrukcije tj njenih elemenata. Duktilnije konstrukcije imaju veći kapacitet trošenja energije i smanjenja potresnog utjecaja. To smanjenje potresnih sila radi se na način da se elastični spektar odziva umanju odgovarajućim koeficijentom koji se naziva faktor ponašanja. Faktor ponašanja predstavlja omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njen odziv u cijelosti bio elastičan u odnosu na potresne sile koje se bi se pojavile na promatranoj konstrukciji.

U nastavku su razrađene vrijednosti svih parametara mjerodavnih za potresni proračun koji su korišteni u analizi pomoću računalnog programa.

- Vrijednosti poredbenog vršnog ubrzanja tla očitavaju se koristeći seizmološke karte Republike Hrvatske. Za traženo područje očita se ubrzanje tla za povrtani period od 475 godina za GSN
  - Za područje grada Splita  $\mathbf{a_{gR} = 0,22g} \approx 2,2 \text{ m/s}^2$



Slika 8.35. Karta područja za određivanje ubrzanja tla od potresnog opterećenja



Slika 8.36. Očitano ubrzanje za područje grada Splita

- Građevina je temeljena na čvrstom tlu- tlu **klase A**. Parametar kojim u proračun uzimamo u obzir vrstu i kvalitetu tla naziva se faktor tla (S)
  - Klasa tla A → S=1,0

Ground type	S	T <sub>B</sub> (s)	T <sub>C</sub> (s)	T <sub>D</sub> (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

Slika 8.37. Određivanje faktora tla ovisno o klasi tla

- Proračun faktora ponašanja ovisi o vrsti i tipu konstrukcije. Pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja konstrukcije te sustav povezanih zidova
  - $q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$  za klasu DCM

$$q_0 \rightarrow \text{osnovni faktor ponašanja} \rightarrow q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_0}{\alpha_1}$$

$$\frac{\alpha_0}{\alpha_1} = 1,0 \rightarrow \text{za tlocrtno nepravilne sustave}$$

$$k_w \rightarrow \text{faktor prevladavajućeg sloma} \rightarrow k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3}, \quad k_w = 1$$

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

Slika 8.38. Određivanje osnovnog faktora ponašanja

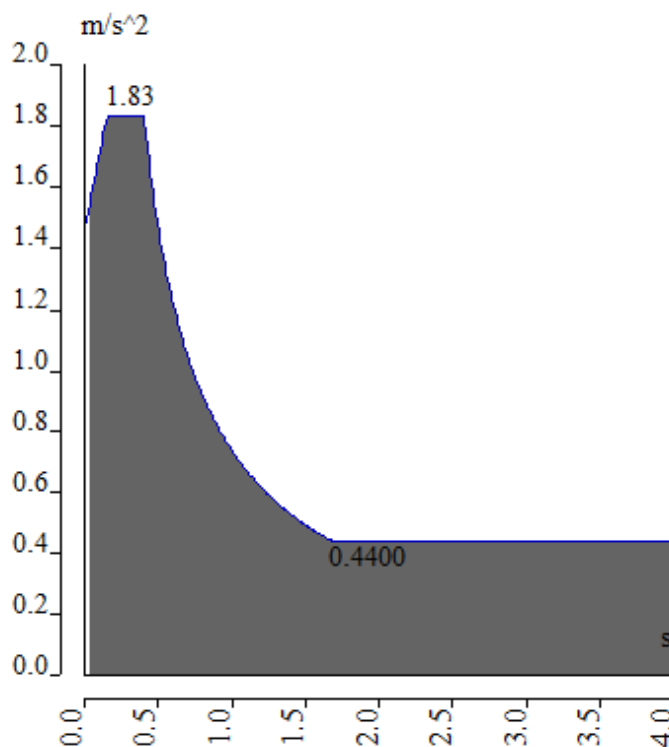
$$q = q_0 \cdot k_w = 3,0 \cdot 1,0 = 3,0$$

⇒ Ulazni podaci za proračun:

coeff accel. ag	0,224
ag - design ac...	2,200
q - behaviour f...	3,000
beta	0,200
S, T <sub>b</sub> , T <sub>c</sub> , T <sub>d</sub> m...	No
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,000
T <sub>b</sub>	0,150
T <sub>c</sub>	0,400
T <sub>d</sub>	2,000

Slika 8.39. Ulazni podaci za proračun na potres





Slika 8.40. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

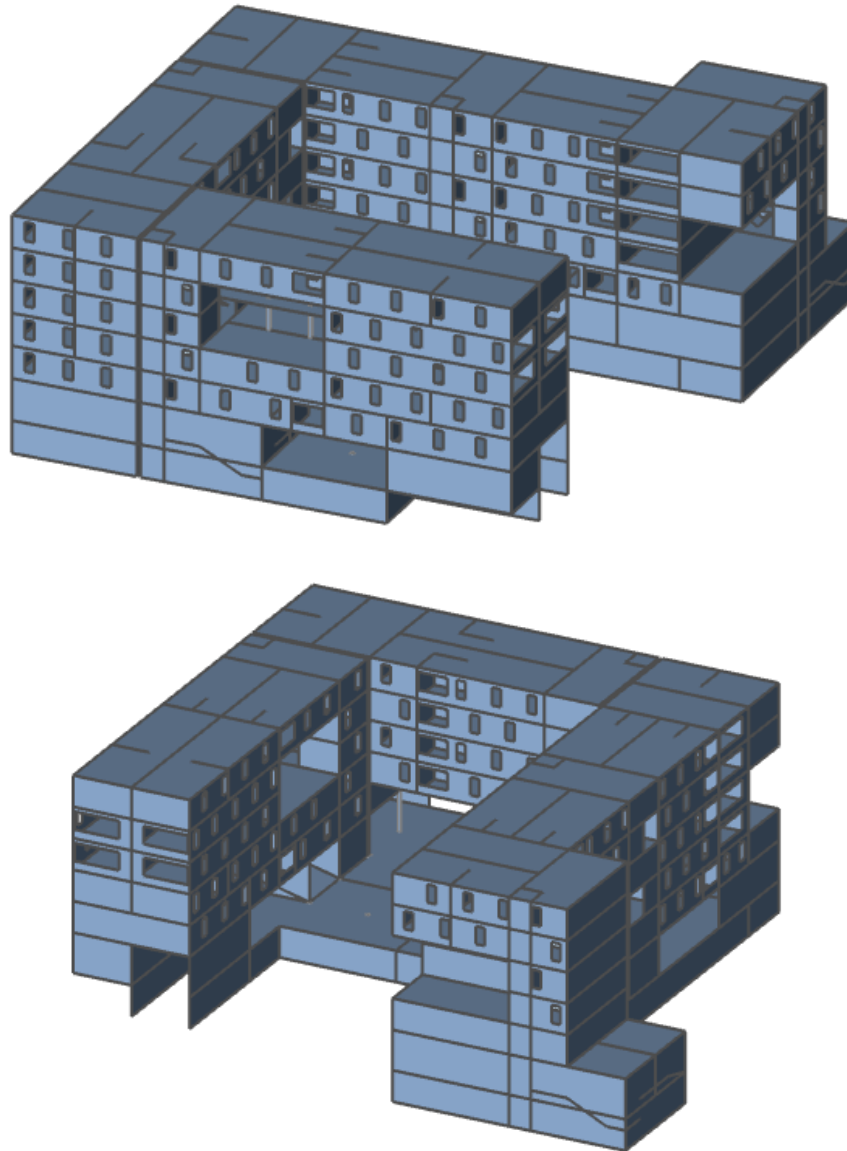
Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja). Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 100 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu nije aktivirano svih 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila. Stoga su sve potresne sile uvećane recipročno aktiviranoj masi (uključen je taj postupak kroz program i opciju „Missing mass in modes“).

Po dovršenoj modalnoj analizi napravljen je i linearni proračun za potresne kombinacije djelovanja na temelju čijih su rezultata dobivene mjerodavne sile za dimenzioniranje vertikalnih elemenata konstrukcije (zidova i stupova).

## 9. NUMERIČKI MODEL

### 9.1. Numerički model općenito

Za proračun ovog rada napravljen je 3D model konstrukcije koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploča i zidova) te štapnih 1D elemenata (stupova). Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 17.1.



Slika 9.1. 3D model

- Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 17 cm (krov), 20 cm (etaže) te 30 cm (ploča nad garažom). Modelirane su kao 2D plošni elementi i opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup>-

dotatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom (dio ploče nad garažom).

- Zidovi su armirano betonski zidovi debljine 25 cm. Modelirani su kao 2D plošni elementi i opterećeni okomitno na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup> vjetrovnim opterećenjem u dva smjera.
- Stupovi su armirano betonski na svim etažama izuzev jednog stupa koji je uzveden kao čelični (zbog jakog vlačnog djelovanja koje se javljalo na njemu) različitih dimenzija ovisno o etaži. U garaži su stupovi punog kružnog profila promjera 40 cm dok su na katovima kvadratnog punog profila dimenzija 25/25 cm. Čelični stup je šupljeg kvadratnog profila dimenzija 25/25 cm
- Proračun stubišta proveden je u sklopu prostornog modela

Svi betonski dijelovi izgrađeni su od betona C30/37, izuzev temelja C25/30, armirani armaturom B500B dok je čelični stup napravljen od čelika klase S355.

### 9.2. Kombinacije opterećenja

Za gore navedene dijelove konstrukcije i nanesena opterećenja provedena je dinamička i statička analiza. Dinamička analiza podrazumijeva višemodalnu spektralnu analizu sa rezultatima vlastitih oblika koji su međusobno kombinirani SRSS metodom. Temeljem statičke analize provedeno je dimenzioniranje konstruktivnih elemenata (GSN kombinacije) te kontrola graničnog stanja uporabljivosti (GSU kombinacije).

#### GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI:

(\* U kombinacijama za maksimalne sile u polju pokretno opterećenje je uvećano za 20%)

#### *Uobičajena kombinacija:*

GSN1	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k$
GSN2	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k$
GSN3	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(1,2 \cdot Q_k + W_x + S)$
GSN4	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(Q_k + W_x + S)$

GSN5	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(1,2 \cdot Q_k + W_y + S)$
GSN6	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,35(Q_k + W_y + S)$
GSN7	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_x + 1,5S)$
GSN8	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_x + 1,5S)$
GSN9	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_y + 1,5S)$
GSN10	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot Q_k + 0,6(1,5W_y + 1,5S)$
GSN11	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot 1,2 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN12	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN13	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN14	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,5 \cdot y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 0,6 \cdot 1,5S$
GSN15	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN16	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_y + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN17	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$
GSN18	$1,35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,6 \cdot W_x + 0,7 \cdot 1,5Q_k + 1,5S$

*Seizmička kombinacija:*

GSN19	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_x$
GSN20	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0,5 \cdot Q_k + 1,0 \cdot S_y$

## GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI:

GSU1	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0 \cdot Q_k$
GSU2	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0Q_k + 1,0W_x + 1,0S$
GSU3	$1,0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1,0Q_k + 1,0W_Y + 1,0S$

## 10. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE

Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju**Calculation protocol****Solution of Free Vibration**

Number of 2D elements	17748
Number of 1D elements	10
Number of mesh nodes	15900
Number of equations	95400
Combination of mass groups	MC 1 Potresna kombinacija
Number of frequencies	100
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	30.06.2019 19:58
End of calculation	30.06.2019 20:12

**Sum of masses**

[kg]	X	Y	Z
Combination of mass groups 1	11034163.08	11034163.08	11034163.08

**Modal participation factors**

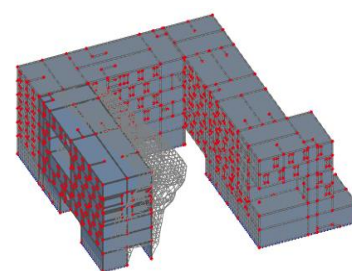
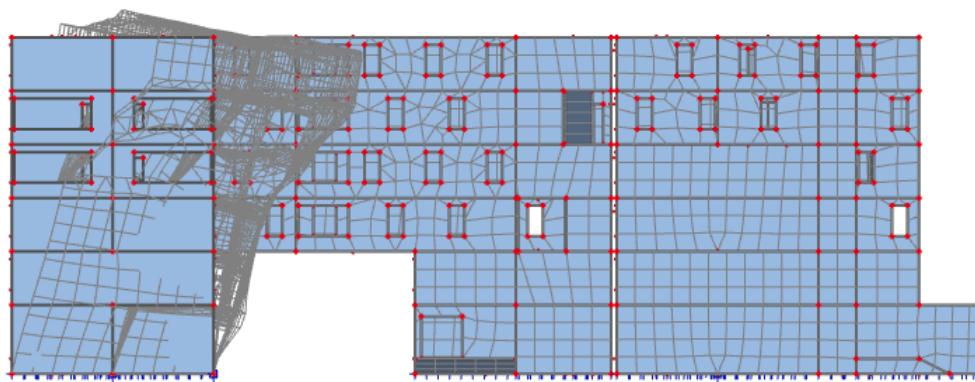
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxl / Wxtot	Wyl / Wytot	Wzl / Wztot	Wxl_R / Wxtot_R	Wyl_R / Wytot_R	Wzl_R / Wztot_R
1	40.2208	0.1562	6.4013	0.1652	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.0338
2	44.6985	0.1406	7.1140	0.0001	0.2123	0.0000	0.0079	0.0000	0.0341
3	47.3960	0.1326	7.5417	0.2473	0.0009	0.0000	0.0007	0.0095	0.0069
4	60.6937	0.1035	9.6597	0.2303	0.0002	0.0004	0.0005	0.0048	0.1112
5	64.9820	0.0967	10.3422	0.0001	0.1918	0.0019	0.0065	0.0030	0.1178
6	65.3678	0.0961	10.4036	0.0221	0.1557	0.0002	0.0362	0.0033	0.2592
7	70.6535	0.0889	11.2448	0.0012	0.0003	0.0000	0.0005	0.0003	0.0562
8	70.9993	0.0885	11.2999	0.0621	0.1494	0.0036	0.0132	0.0000	0.0009
9	71.4262	0.0880	11.3678	0.0184	0.0034	0.0003	0.0003	0.0001	0.0438
10	77.4732	0.0811	12.3302	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	94.3149	0.0666	15.0107	0.0021	0.0250	0.0783	0.0723	0.0735	0.0058
12	96.8503	0.0649	15.4142	0.0017	0.0046	0.0873	0.0466	0.0498	0.0015
13	97.4991	0.0644	15.5175	0.0000	0.0000	0.0703	0.0719	0.0310	0.0000
14	100.8136	0.0623	16.0450	0.0000	0.0054	0.1066	0.0199	0.1327	0.0044
15	100.9358	0.0622	16.0644	0.0000	0.0000	0.0164	0.0135	0.0096	0.0000
16	101.0074	0.0622	16.0758	0.0008	0.0003	0.0058	0.0009	0.0043	0.0000
17	101.1701	0.0621	16.1017	0.0000	0.0000	0.0133	0.0176	0.0068	0.0000
18	102.3096	0.0614	16.2831	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
19	102.8446	0.0611	16.3682	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001
20	103.0993	0.0609	16.4088	0.0001	0.0000	0.0026	0.0001	0.0017	0.0005
21	103.4122	0.0608	16.4586	0.0000	0.0000	0.0012	0.0013	0.0005	0.0000
22	104.1180	0.0603	16.5709	0.0007	0.0078	0.0091	0.0182	0.0109	0.0161
23	104.5156	0.0601	16.6342	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
24	105.4673	0.0596	16.7856	0.0018	0.0010	0.0006	0.0003	0.0000	0.0003
25	105.8945	0.0593	16.8536	0.0000	0.0003	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000
26	106.0448	0.0593	16.8776	0.0003	0.0000	0.0204	0.0209	0.0001	0.0002
27	106.0919	0.0592	16.8850	0.0001	0.0004	0.0009	0.0002	0.0003	0.0000
28	107.7434	0.0583	17.1479	0.0001	0.0001	0.0011	0.0066	0.0000	0.0014
29	107.8342	0.0583	17.1623	0.0000	0.0001	0.0181	0.0206	0.0052	0.0000
30	108.4885	0.0579	17.2665	0.0406	0.0000	0.0003	0.0013	0.0135	0.0128
31	108.7416	0.0578	17.3068	0.0000	0.0019	0.0136	0.0231	0.0170	0.0013
32	109.4478	0.0574	17.4192	0.0023	0.0047	0.0057	0.0174	0.0046	0.0103
33	109.8599	0.0572	17.4847	0.0006	0.0000	0.0019	0.0079	0.0013	0.0002
34	109.9849	0.0571	17.5046	0.0000	0.0000	0.0150	0.0054	0.0123	0.0000
35	111.0584	0.0566	17.6819	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002
36	112.3609	0.0559	17.8828	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
37	112.3804	0.0559	17.8859	0.0028	0.0008	0.0025	0.0004	0.0042	0.0041
38	112.6452	0.0558	17.9280	0.0004	0.0006	0.0048	0.0037	0.0039	0.0019
39	112.9415	0.0556	17.9752	0.0002	0.0001	0.0019	0.0000	0.0022	0.0004
40	113.4605	0.0554	18.0626	0.0001	0.0000	0.0009	0.0000	0.0003	0.0000
41	114.1653	0.0550	18.1700	0.0037	0.0039	0.0154	0.0113	0.0088	0.0135
42	114.4790	0.0549	18.2199	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0005	0.0000
43	115.0184	0.0546	18.3057	0.0000	0.0002	0.0186	0.0212	0.0143	0.0000
44	115.1545	0.0546	18.3274	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001
45	115.6545	0.0543	18.4070	0.0078	0.0051	0.0006	0.0065	0.0001	0.0218
46	115.7565	0.0543	18.4232	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47	116.2895	0.0540	18.5081	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	117.0074	0.0537	18.6223	0.0001	0.0000	0.0302	0.0191	0.0354	0.0000
49	118.6299	0.0530	18.8805	0.0001	0.0001	0.0000	0.0016	0.0000	0.0008
50	119.4123	0.0526	19.0051	0.0000	0.0003	0.0004	0.0041	0.0006	0.0001
51	120.0496	0.0523	19.1065	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	120.4414	0.0522	19.1683	0.0003	0.0005	0.0016	0.0004	0.0030	0.0001
53	121.2450	0.0518	19.2967	0.0002	0.0000	0.0091	0.0002	0.0064	0.0000
54	122.6716	0.0512	19.5238	0.0003	0.0000	0.0005	0.0004	0.0010	0.0000
55	122.9285	0.0511	19.5647	0.0007	0.0000	0.0005	0.0007	0.0016	0.0004
56	123.0674	0.0511	19.5868	0.0035	0.0001	0.0002	0.0011	0.0014	0.0010

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
57	123.2110	0.0510	19.6096	0.0000	0.0001	0.0004	0.0002	0.0003	0.0001
58	123.2991	0.0510	19.6237	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001
59	123.3541	0.0509	19.6324	0.0015	0.0001	0.0014	0.0037	0.0061	0.0001
60	123.5997	0.0508	19.6715	0.0011	0.0001	0.0002	0.0003	0.0006	0.0008
61	124.0797	0.0506	19.7479	0.0001	0.0053	0.0009	0.0043	0.0015	0.0047
62	124.2254	0.0506	19.7711	0.0000	0.0036	0.0005	0.0012	0.0001	0.0003
63	124.3624	0.0505	19.7929	0.0000	0.0088	0.0000	0.0073	0.0015	0.0011
64	125.1378	0.0502	19.9163	0.0019	0.0000	0.0039	0.0023	0.0006	0.0000
65	125.8384	0.0499	20.0278	0.0006	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0010
66	126.2782	0.0498	20.0978	0.0000	0.0015	0.0000	0.0005	0.0006	0.0002
67	126.9116	0.0495	20.1986	0.0175	0.0000	0.0028	0.0017	0.0034	0.0001
68	127.8720	0.0491	20.3515	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
69	128.0223	0.0491	20.3754	0.0000	0.0018	0.0009	0.0001	0.0000	0.0001
70	128.9267	0.0487	20.5193	0.0022	0.0001	0.0064	0.0028	0.0061	0.0010
71	129.2490	0.0486	20.5706	0.0000	0.0000	0.0007	0.0034	0.0008	0.0000
72	129.6374	0.0485	20.6324	0.0000	0.0001	0.0008	0.0000	0.0019	0.0000
73	129.8386	0.0484	20.6645	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74	129.8418	0.0484	20.6650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
75	130.3704	0.0482	20.7491	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76	130.6189	0.0481	20.7886	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	130.6614	0.0481	20.7954	0.0000	0.0016	0.0003	0.0005	0.0003	0.0014
78	130.7106	0.0481	20.8032	0.0006	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
79	131.1322	0.0479	20.8703	0.0000	0.0006	0.0004	0.0002	0.0000	0.0000
80	131.4676	0.0478	20.9237	0.0000	0.0000	0.0009	0.0004	0.0004	0.0000
81	131.6036	0.0477	20.9454	0.0003	0.0000	0.0010	0.0002	0.0002	0.0000
82	131.6187	0.0477	20.9478	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0009	0.0000
83	131.6448	0.0477	20.9519	0.0001	0.0001	0.0001	0.0011	0.0002	0.0000
84	132.4623	0.0474	21.0820	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0004	0.0001
85	132.7642	0.0473	21.1301	0.0001	0.0027	0.0011	0.0000	0.0004	0.0001
86	132.9853	0.0472	21.1653	0.0002	0.0000	0.0020	0.0000	0.0008	0.0000
87	133.1964	0.0472	21.1989	0.0001	0.0023	0.0008	0.0000	0.0002	0.0001
88	133.2994	0.0471	21.2153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
89	133.3010	0.0471	21.2155	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
90	133.9014	0.0469	21.3111	0.0002	0.0000	0.0016	0.0000	0.0006	0.0000
91	134.0461	0.0469	21.3341	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001
92	134.0778	0.0469	21.3391	0.0004	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000
93	134.3628	0.0468	21.3845	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
94	134.5918	0.0467	21.4210	0.0000	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001
95	134.8702	0.0465	21.4653	0.0000	0.0000	0.0040	0.0050	0.0049	0.0000
96	135.1242	0.0465	21.5057	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
97	135.8261	0.0463	21.6174	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001	0.0004	0.0000
98	136.3111	0.0461	21.6946	0.0008	0.0000	0.0026	0.0000	0.0006	0.0000
99	137.9896	0.0455	21.9617	0.0000	0.0000	0.0070	0.0011	0.0049	0.0000
100	138.9510	0.0452	22.1147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
				0.8493	0.8080	0.6053	0.5459	0.5285	0.7761

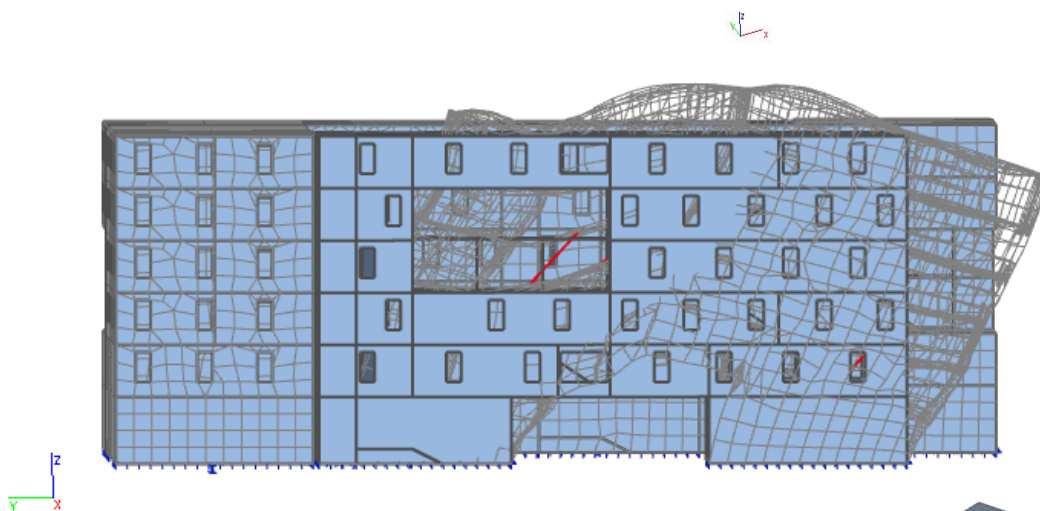
Uočavamo kako nije aktivirano 90 % mase u niti jednom smjeru. U x smjeru je aktivirano 84.93 % mase, a u y smjeru 80.90 % mase. Stoga je potrebno sve rezne sile od potresnih kombinacija uvaćati u odnosu postotka aktivirane mase tj. za x smjer za vrijednost  $1/0.8493=1,177$ , a za y smjer za vrijednost  $1/0.8090=1.24$ . Ovdje je to napravljeno na način da je u programu uključena opcija Missing mass in modes koja automatski uvećava sve sile na gore opisani način.



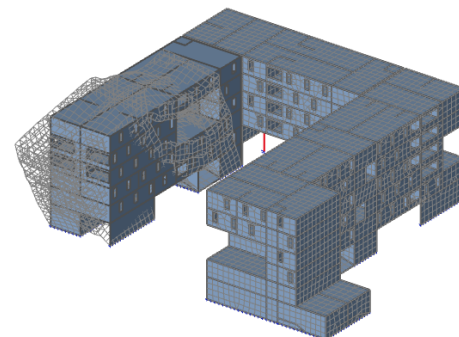
## ○ Zgrada A

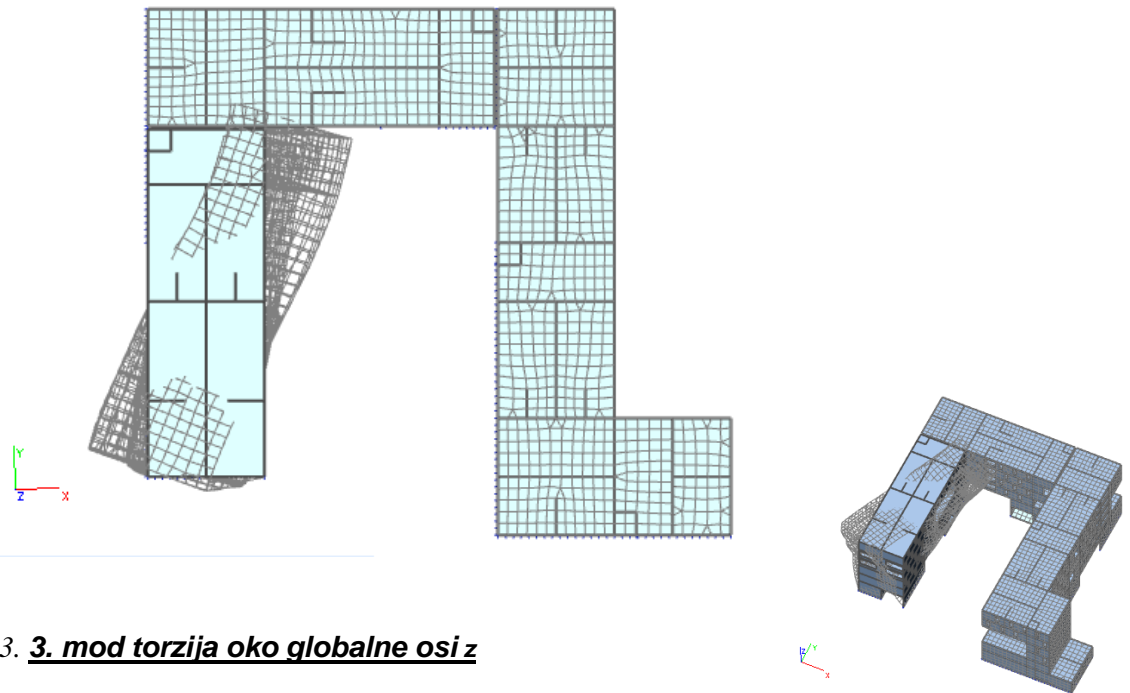


Slika 10.1. **1. mod translacija u smjeru globalne osi x**



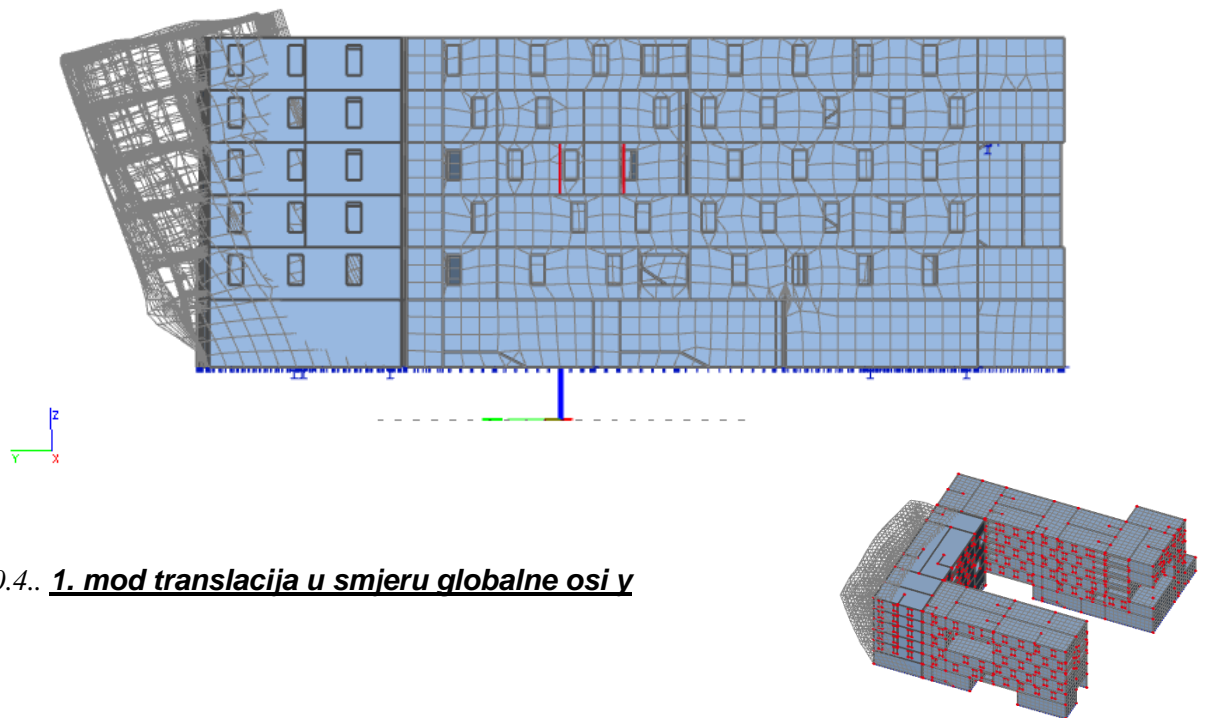
Slika 10.2. **2. mod translacija u smjeru globalne osi y**





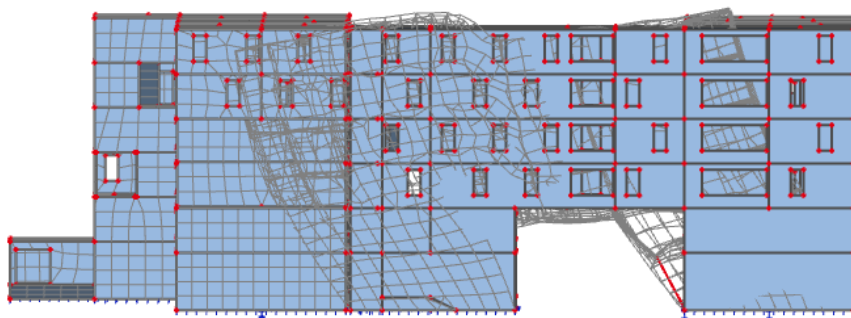
Slika 10.3. **3. mod torzija oko globalne osi z**

- Zgrada B

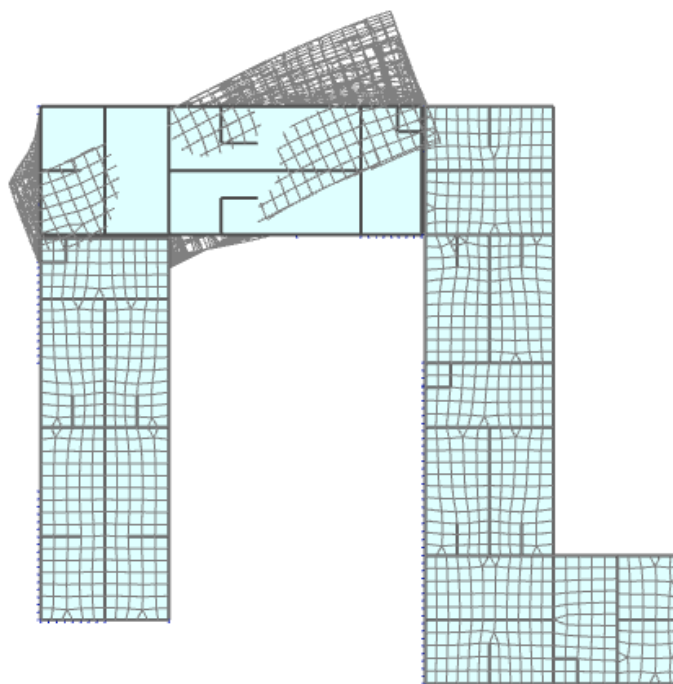
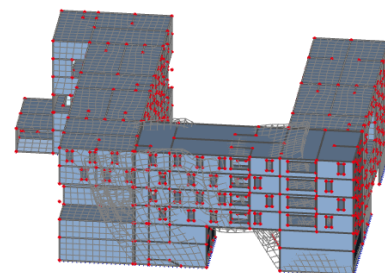


Slika 10.4.. **1. mod translacija u smjeru globalne osi y**

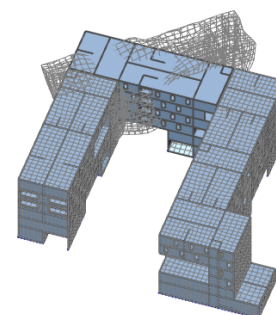




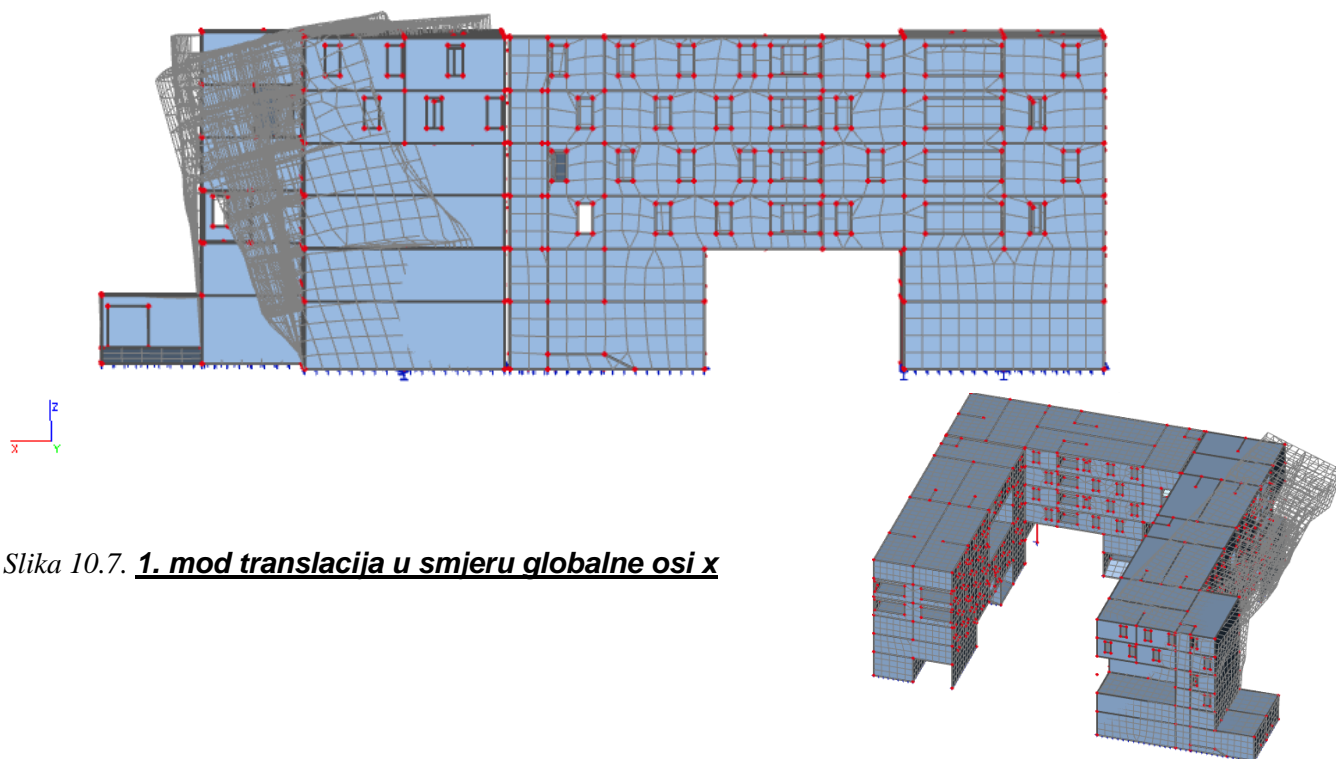
Slika 10.5. **2. mod translacija u smjeru globalne osi x**



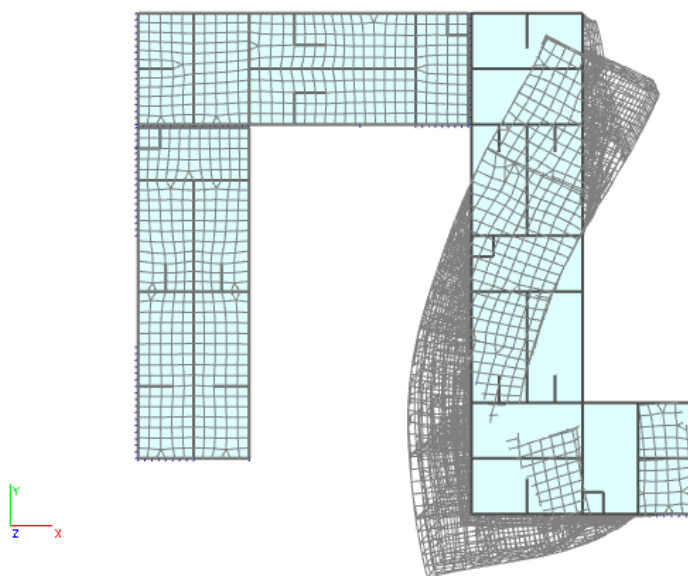
Slika 10.6. **3. mod torzija oko globalne osi z**



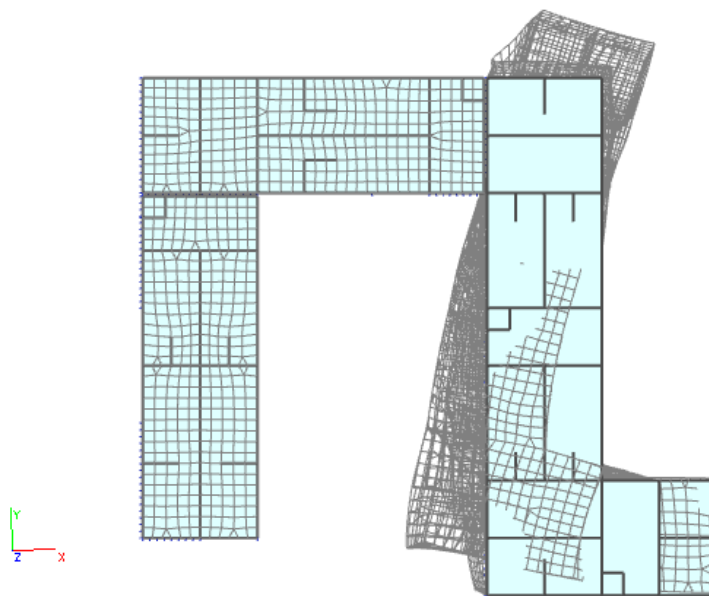
## ○ Zgrada C



Slika 10.7. **1. mod translacija u smjeru globalne osi x**



Slika 10.8. **2. mod torzija oko globalne osi z**



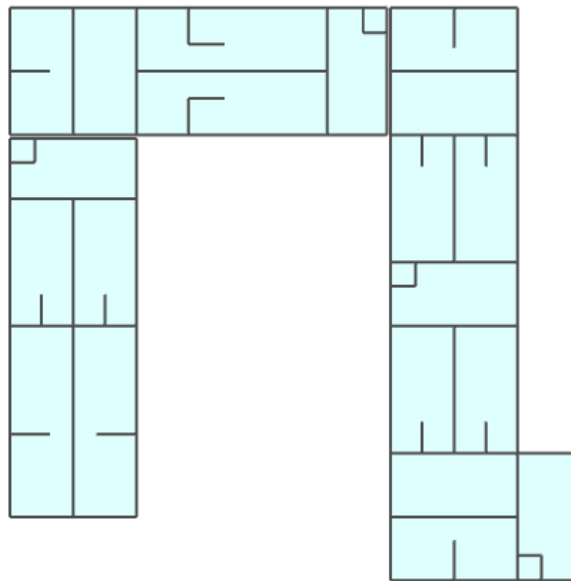
Slika 10.9 **.3. mod torzija oko globalne osi z**

## 11. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONTRUKCIJE

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

### 11.1. Proračun ploče pozicije 700 (ploča krova) $d_{pl}=17$ cm

#### 11.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.1. Prikaz ploče pozicije 700

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm, } h_{pl} = 17 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 14 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 14^2 \cdot 2 = 62.32 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 14 \cdot 43.48$$

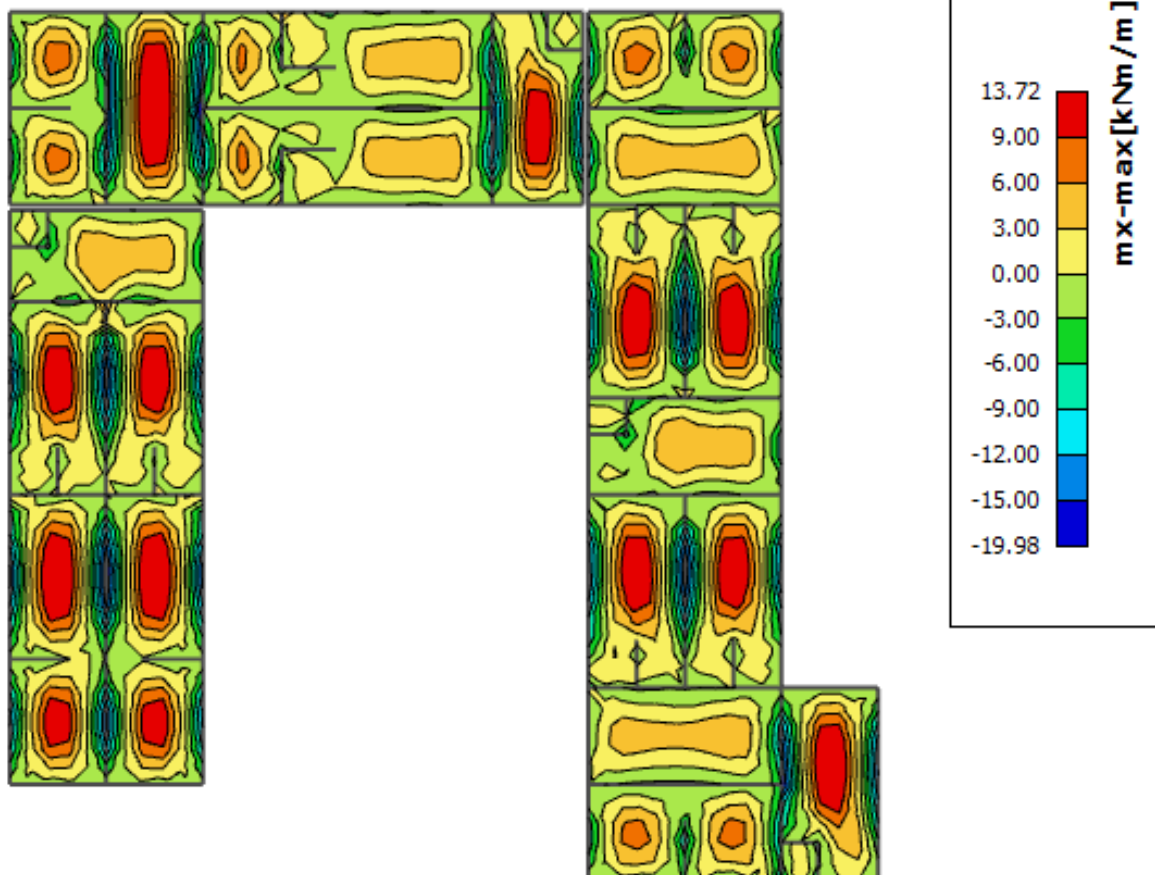
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 1.7 \text{ cm}^2$$

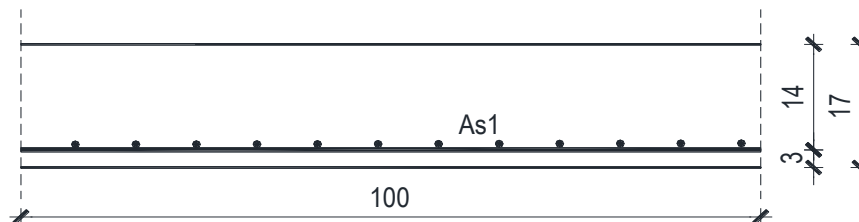
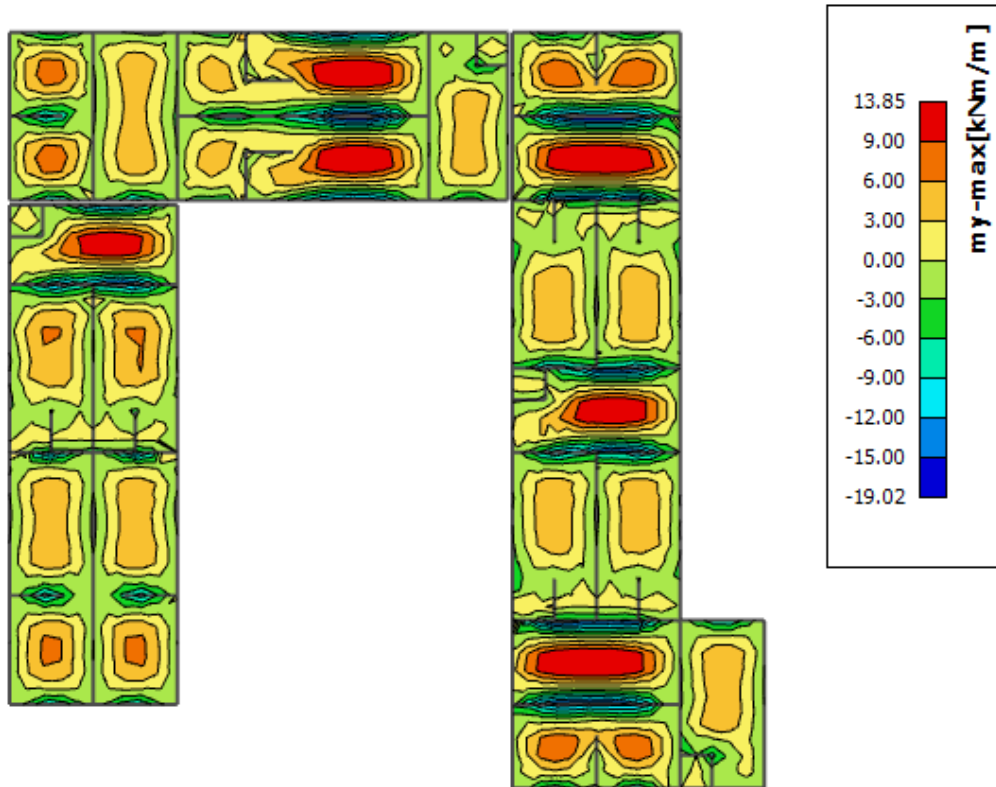
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{17}{100} = 34 \text{ cm}^2$$

<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> $A_{sI}$	<i>Moment nosivosti</i> betona $M_{Rd,c,lim}$	<i>Moment nosivosti</i> armature $M_{Rd,s,lim}$	<i>Postotak</i> armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
<i>R/Q</i> - 283	2,83	62,32	15,36	0,17
<i>R/Q</i> - 335	3,35	62,32	18,19	0,20
<i>R/Q</i> - 385	3,85	62,32	20,90	0,23
<i>R/Q</i> - 424	4,24	62,32	23,02	0,25
<i>R/Q</i> - 503	5,03	62,32	27,31	0,30
<i>R/Q</i> - 524	5,24	62,32	28,45	0,31
<i>R/Q</i> - 636	6,36	62,32	34,53	0,37
<i>R/Q</i> - 785	7,85	62,32	42,62	0,46

▪ **Proračun u polju**

Slika 11.2.  $M_x$



Slika 11.3.  $M_y$ 

$$M_{Ed} = 13,85 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1385}{100 \cdot 14^2 \cdot 2} = 0,03533$$

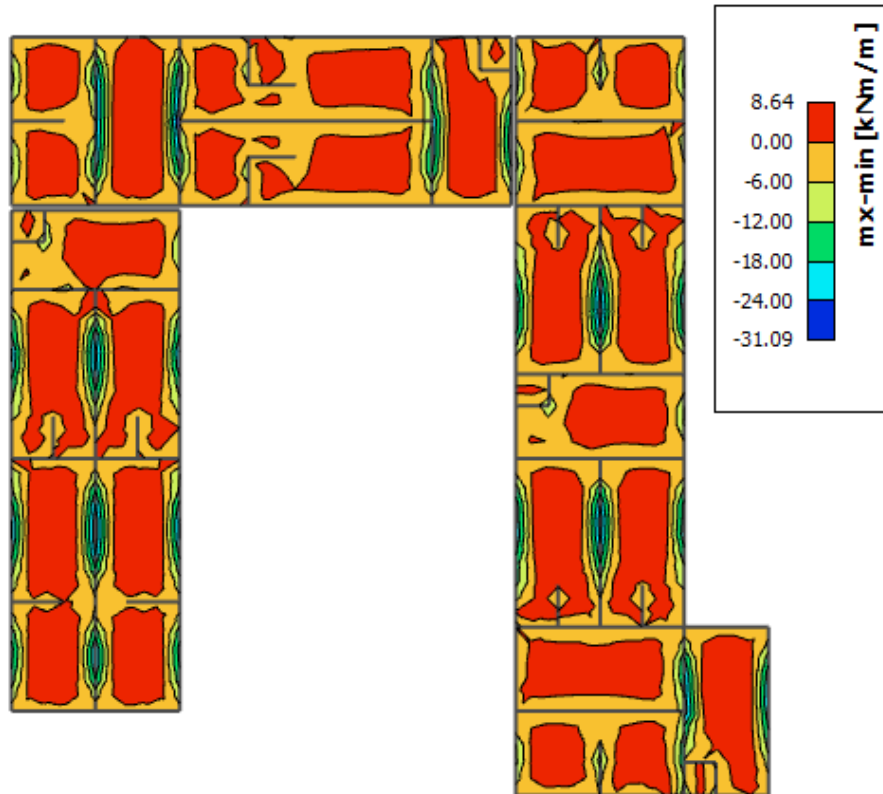
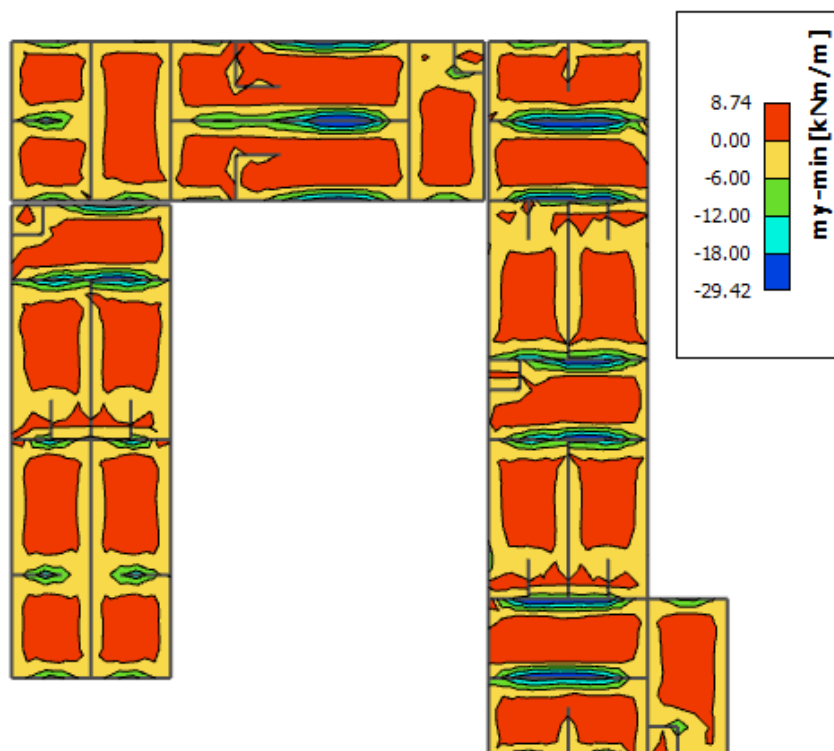
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\% \quad \zeta = 0,965$$

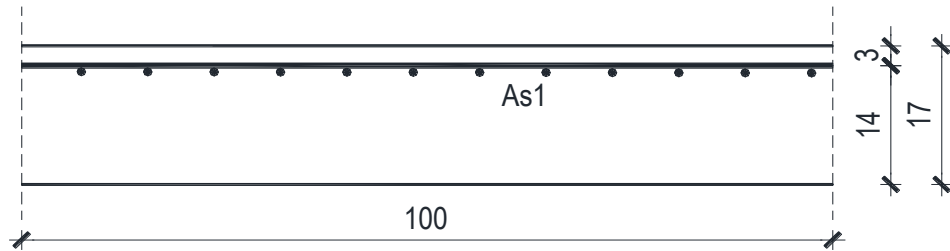
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1385}{0,965 \cdot 14 \cdot 43,48} = 2,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 700 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

- **Proračun na ležaju**

Slika 11.4.  $M_x$ Slika 11.5.  $M_y$ 



$$M_{Ed} = 31,09 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3109}{100 \cdot 14^2 \cdot 2} = 0,079$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,8\text{‰} \quad \zeta = 0,943$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3109}{0,943 \cdot 14 \cdot 43,48} = 5,42 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

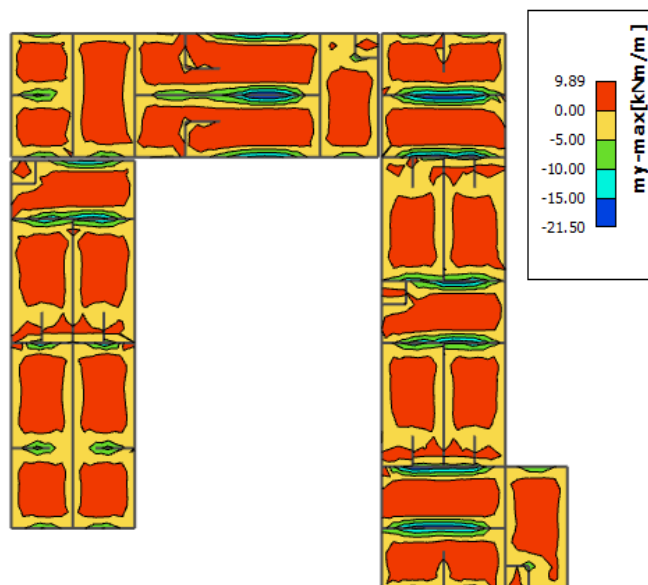
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 700 svugdje na toj poziciji na ležaju je usvojena ista armatura.

#### 11.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

##### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 9,89 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.6. M-GSU



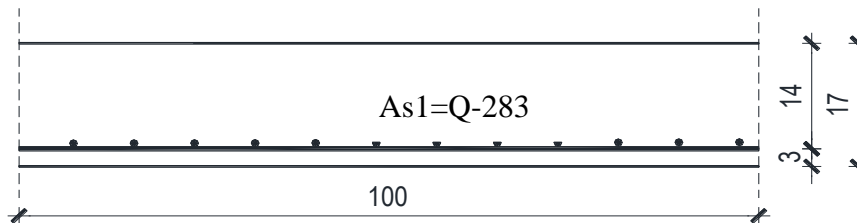
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ( $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 \text{ MPa}$

$A_s = \text{Q-283} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

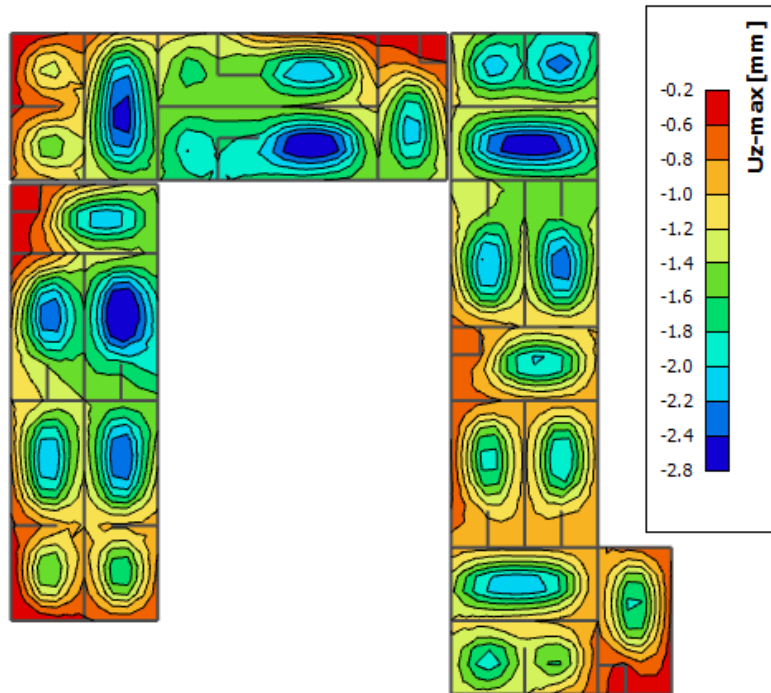
$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 - \text{Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.003773$$

Srednji razmak pukotina:



➤ **Progibi**

Slika 11.7. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

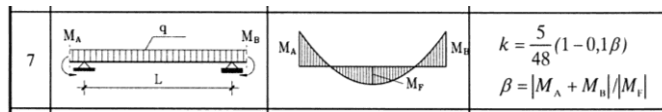
$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |18.1 + 21.5| / 9.89 = 4.00$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.00) = 0.062$$



$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{ed} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 17^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot \left( \frac{17}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 40941.67 + 518.78 = 41460.45 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{989}{3300 \cdot 41460.45} = 0.0000072 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.03 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{ed} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.03^3}{12} + (100 \cdot 2.03) \cdot \left( \frac{2.03}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot (14 - 2.03)^2 + 0 \right] \\ &= 69.71 + 209.14 + 2457.24 = 2734.29 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{9.89}{3300 \cdot 2734.29} = 0.00011 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 262.31 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 17^2}{6} = 13968.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{13968.33}{\left( 14 - \frac{2.03}{3} \right) \cdot 2.83} = 370.46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 370.46 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{370.46}{262.31} \right)^2 = 0.0027$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000072 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.00011 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.0027) \cdot 0.0000072 + 0.0027 \cdot 0.00011 = 0.0000075 \frac{1}{\text{cm}}$$

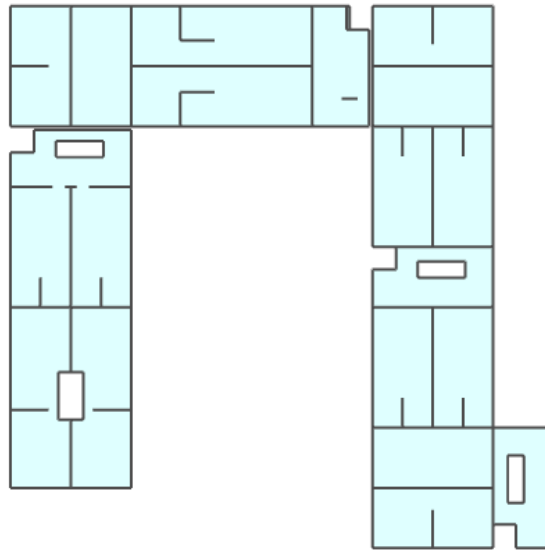
$$k = 0.062$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.062 \cdot 532.5^2 \cdot 0.0000075 = 0.13 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

11.2. Proračun ploče pozicije 600 (ploča iznad 5.kata)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.8. Prikaz ploče pozicije 600

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0$  MPa = 2 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1,72 \text{ cm}^2$$

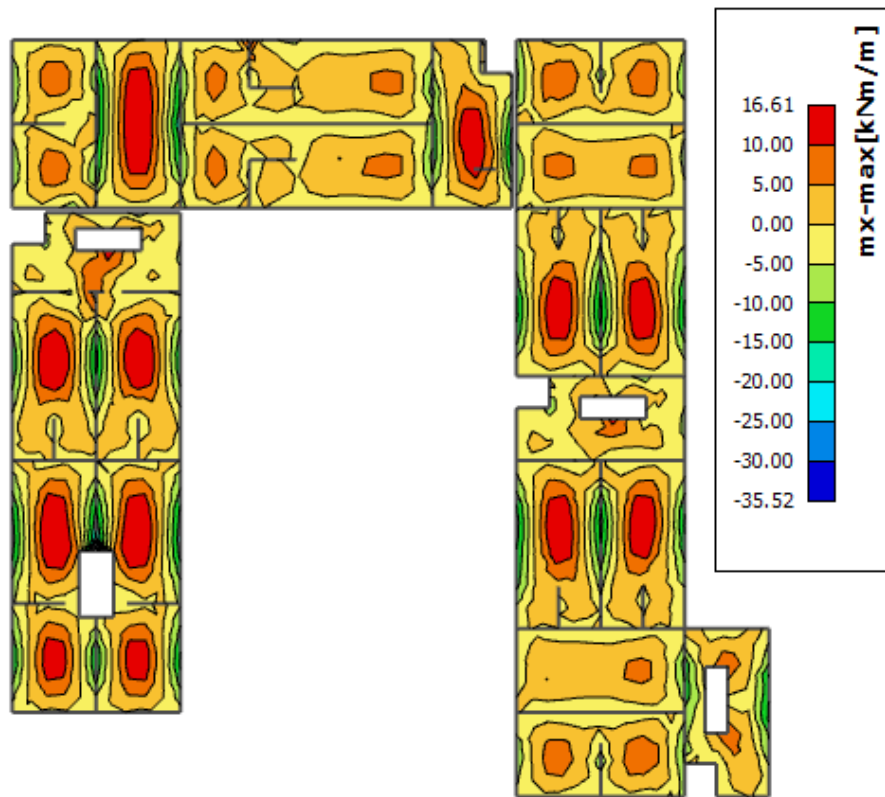
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
R/Q - 424	4,24	91,90	27,96	0,25
R/Q - 503	5,03	91,90	33,16	0,30
R/Q - 524	5,24	91,90	34,75	0,31
R/Q - 636	6,36	91,90	41,93	0,37

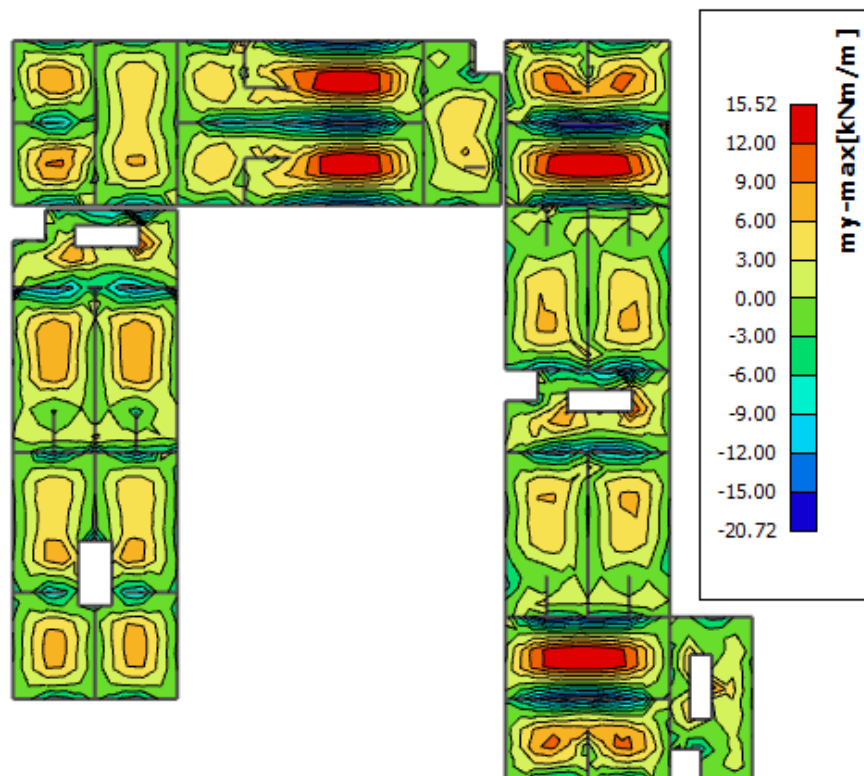
$R/Q$  | - 785      7,85                      91,90                      51,76                      0,46

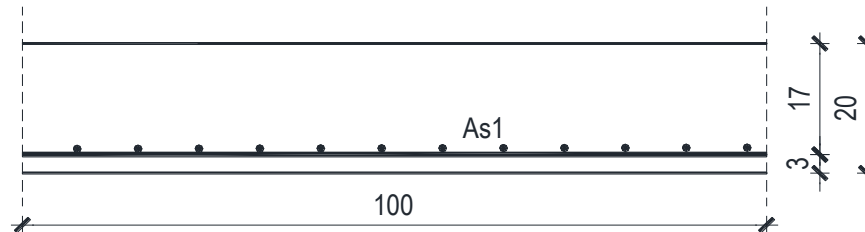
▪ **Proračun u polju**

Slika 11.9.  $M_x$



Slika 11.10.  $M_y$





$$M_{Ed} = 16,61 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1661}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,029$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰} \quad \zeta = 0,970$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1661}{0,970 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,32 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83\text{cm}^2/\text{m}'$ )**

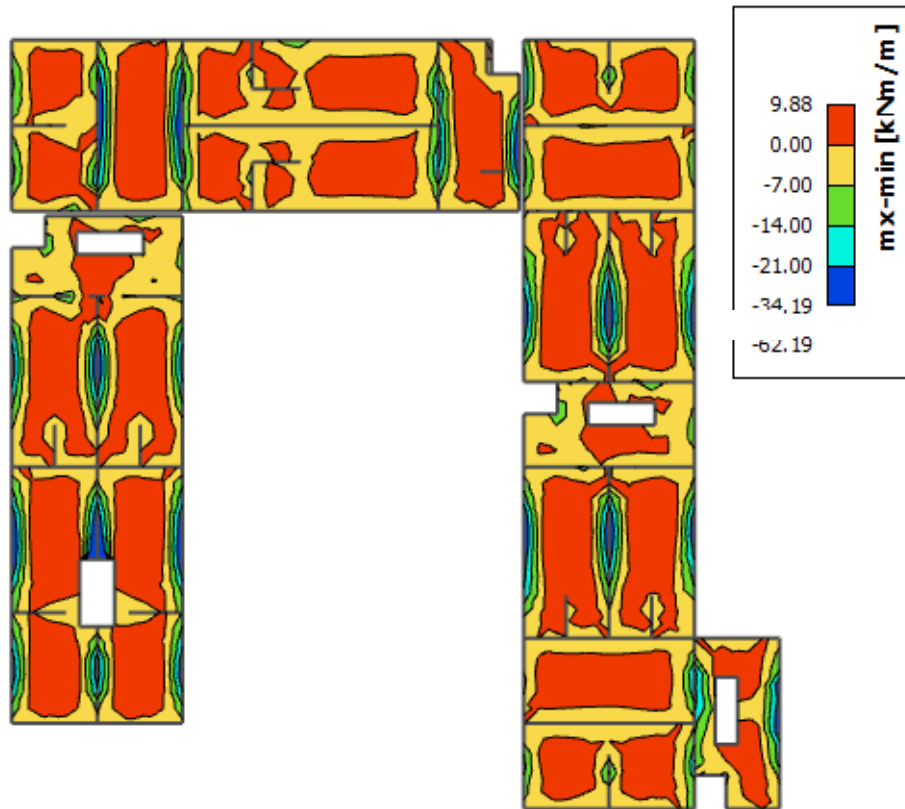
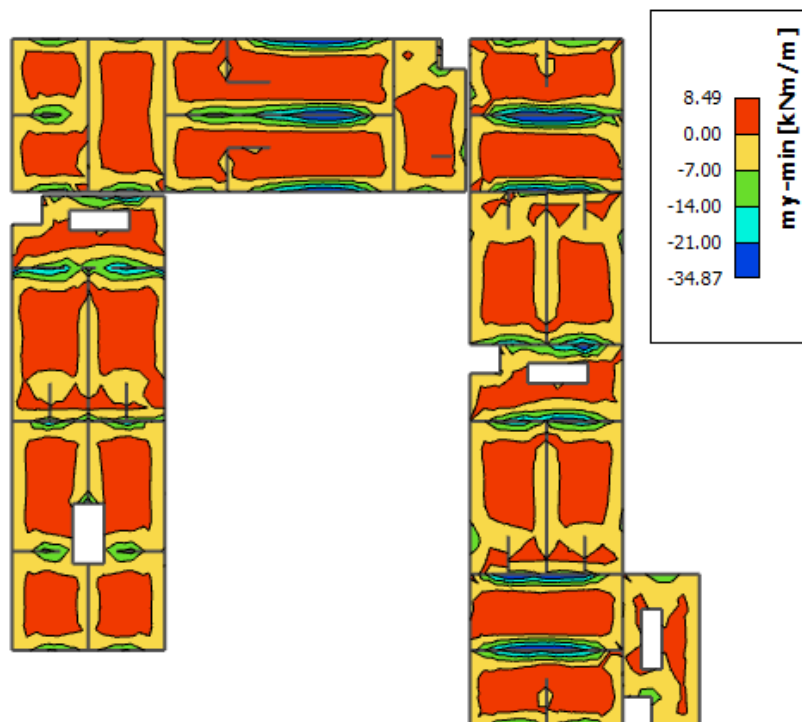
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 600 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

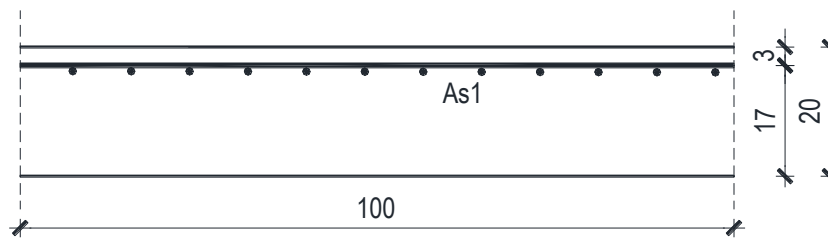
▪ **Proračun na ležaju**

Slika 11.11.  $M_x$ (kritični presjek)





Slika 11.12.  $M_x$ Slika 11.13.  $M_y$ 

**Proračun u kritičnom presjeku:**

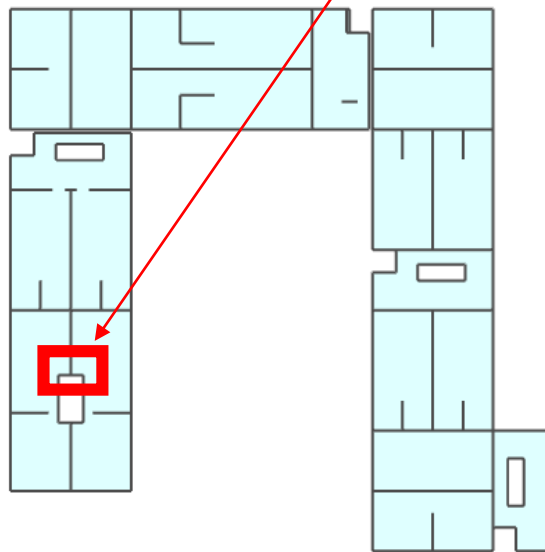
$$M_{Ed} = 62,19 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6219}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,108$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,4\text{‰} \quad \zeta = 0,926$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6219}{0,926 \cdot 17 \cdot 43,48} = 9,08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2φ14 (A<sub>s</sub> = 10,93 cm<sup>2</sup>/m')**



Slika 11.14. Prikaz mjesta gdje je potrebno ojačanje u armaturi

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:**

$$M_{Ed} = 34,87 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{34,87}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,06$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,5\text{‰} \quad \zeta = 0,952$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{34,87}{0,952 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,96 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

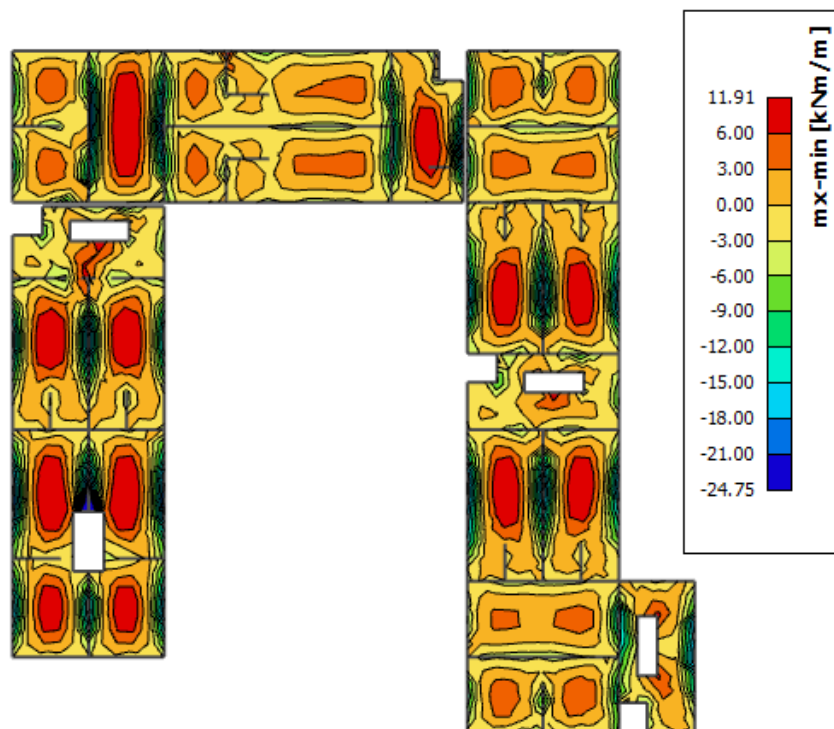
**ODABRANA ARMATURA: R – 503 (A<sub>s</sub> = 5,03 cm<sup>2</sup>/m')**

## 11.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 11,91 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.15. M-GSU

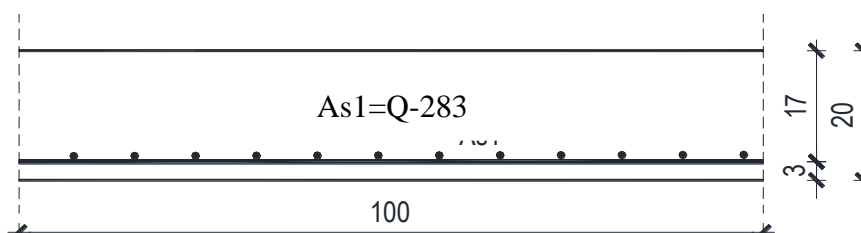
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ( $A_{s1}=2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 MPa$

$A_s = Q-283 = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.003773$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 6 \text{ mm}$  - (Q-283  $\Rightarrow \text{Ø}6/10$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

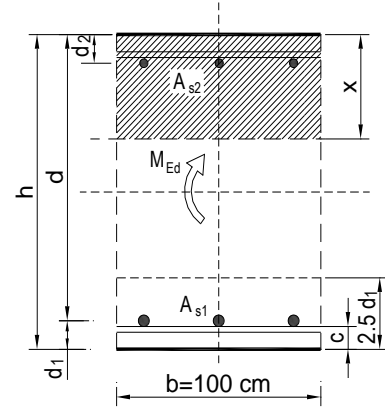
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	2,83 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	11,9 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	259,01 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,26 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0038		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	-0,000275 <	$0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000777		
$\varnothing =$	6,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	338,32 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,263 mm	<	$w_g$		

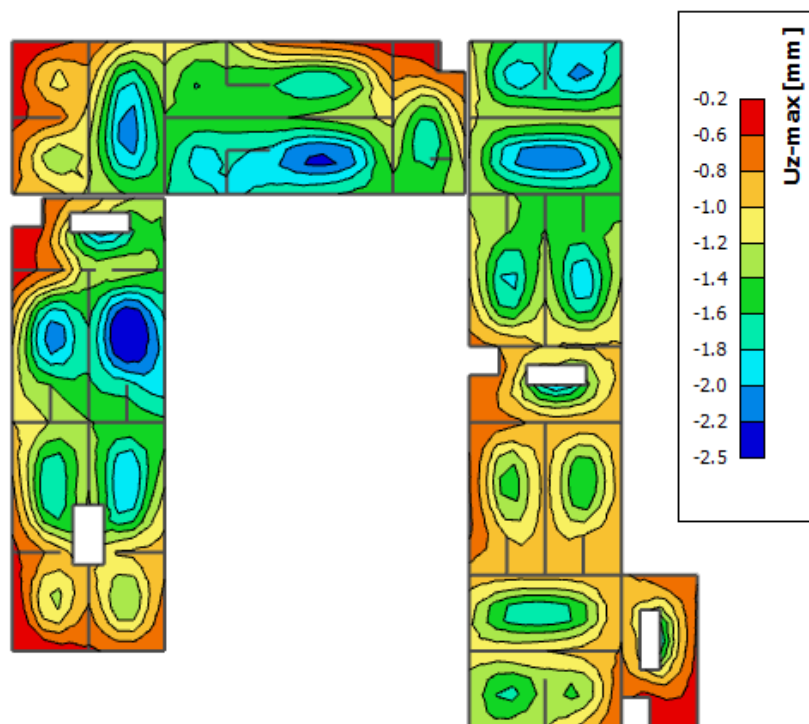


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,266 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.16. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

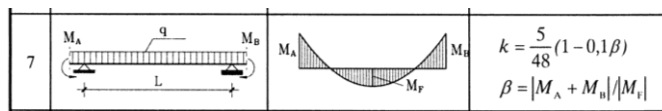
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |0.0 + 24.75| / 11.9 = 2.08$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.08) = 0.082$$



$$A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2$$

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

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

$$= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] =$$

$$= 66666.67 + 840.34 = 67507.01 \text{ cm}^4$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1190}{3300 \cdot 67507.01} = 0.0000053 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.26 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.26^3}{12} + (100 \cdot 2.26) \cdot \left(\frac{2.26}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot [2.83 \cdot (17-2.26)^2 + 0] \\
 &= 96.19 + 288.58 + 3726.10 = 4110.87 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1190}{3300 \cdot 4110.87} = 0.000088 \frac{1}{\text{cm}}
 \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 259.01 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 19333.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{19333.33}{\left(17 - \frac{2.26}{3}\right) \cdot 2.83} = 420.49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 420.49 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{420.49}{259.01}\right)^2 = 0.32$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000053 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000088 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.32) \cdot 0.0000053 + 0.32 \cdot 0.000088 = 0.000032 \frac{1}{\text{cm}}$$

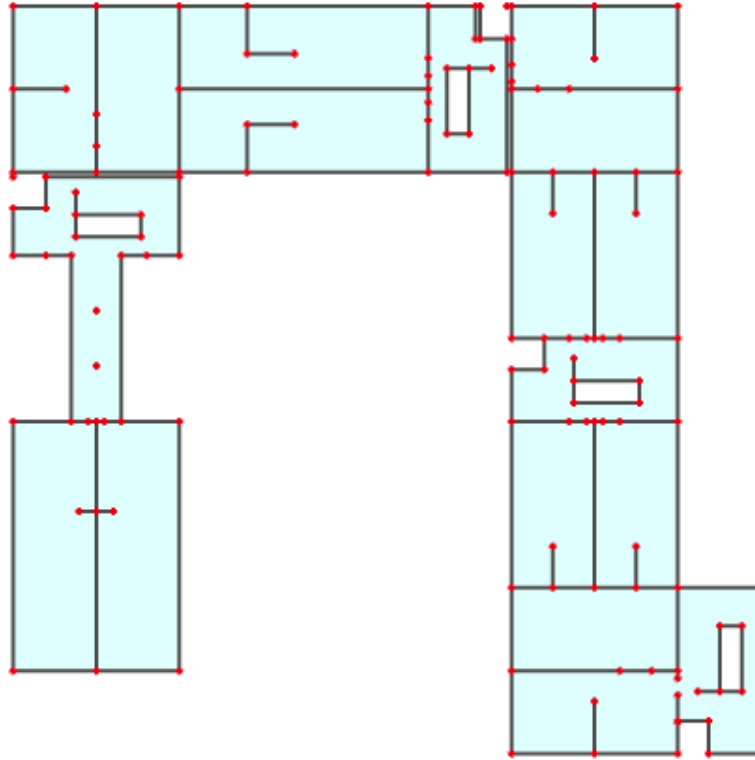
$$k = 0.082$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.082 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000032 = 0.73 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

11.3. Proračun ploče pozicije 500 (ploča iznad 4.kata)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.17. Prikaz ploče pozicije 500

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0$  MPa = 2 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1,72 \text{ cm}^2$$

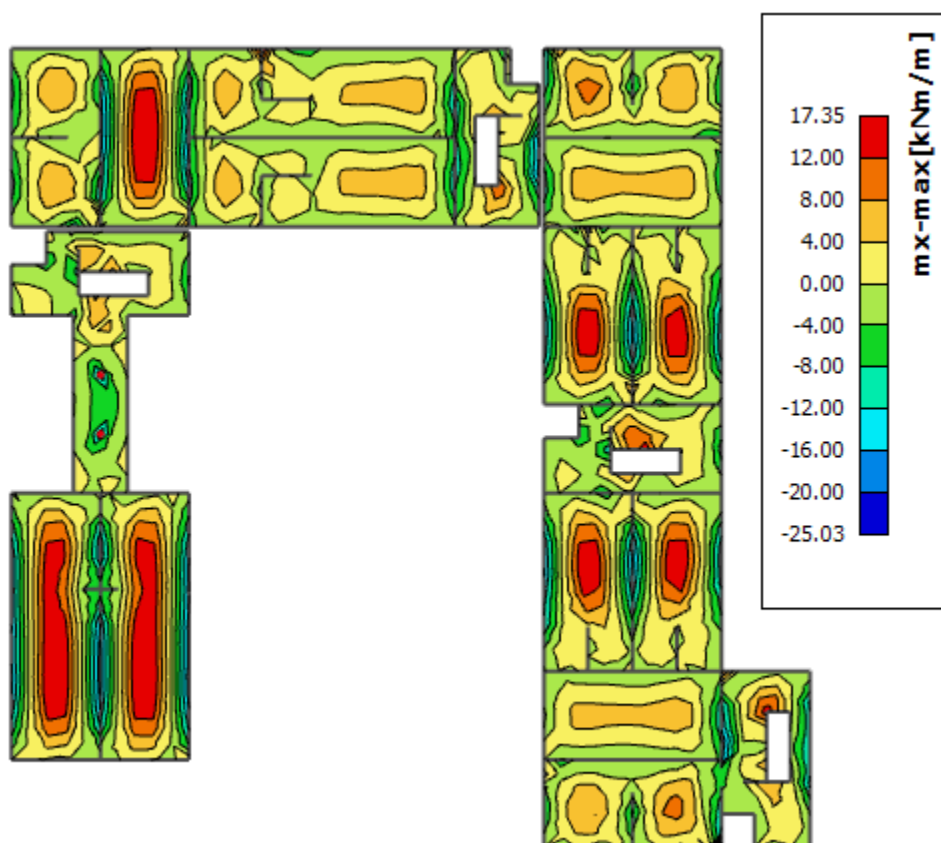
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

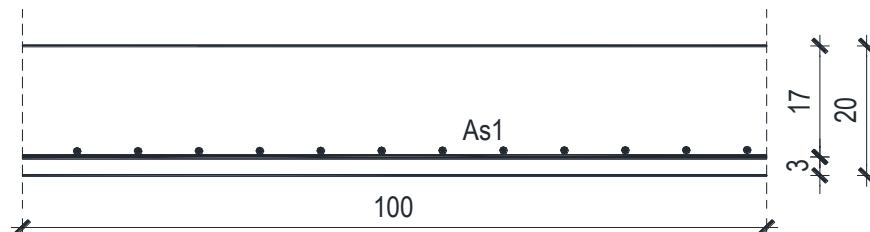
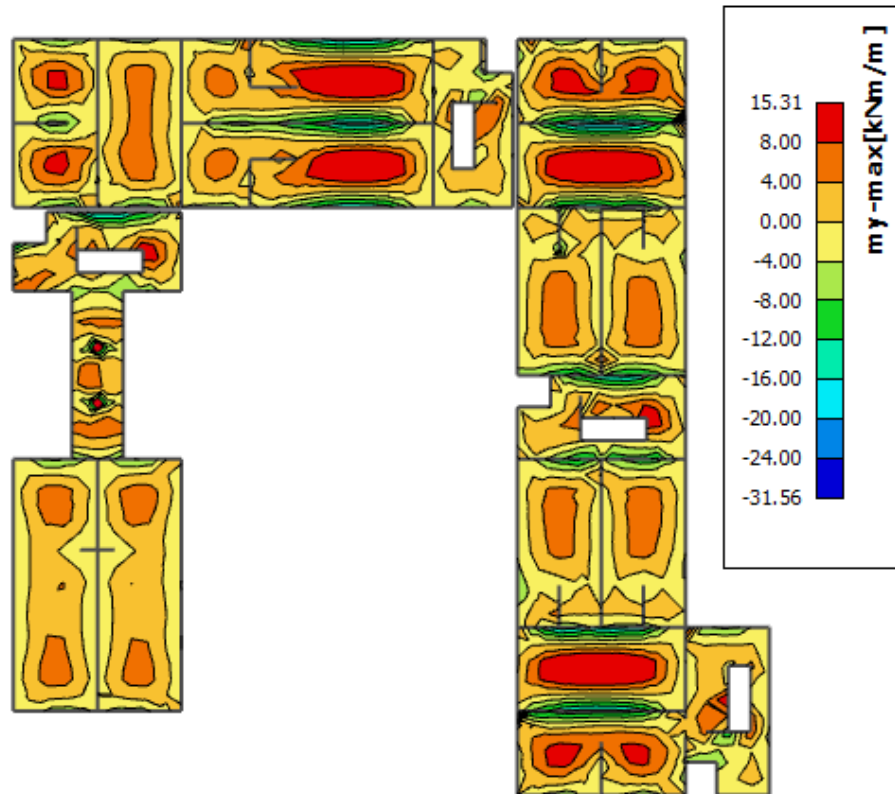


<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> $A_{sI}$	<i>Moment nosivosti</i> betona $M_{Rd,c,lim}$	<i>Moment nosivosti</i> armature $M_{Rd,s,lim}$	<i>Postotak</i> armature
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
<i>R/Q</i> - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
<i>R/Q</i> - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
<i>R/Q</i> - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
<i>R/Q</i> - 424	4,24	91,90	27,96	0,25
<i>R/Q</i> - 503	5,03	91,90	33,16	0,30
<i>R/Q</i> - 524	5,24	91,90	34,75	0,31
<i>R/Q</i> - 636	6,36	91,90	41,93	0,37
<i>R/Q</i> - 785	7,85	91,90	51,76	0,46

▪ **Proračun u polju**

Slika 11.18.  $M_x$



Slika 11.19.  $M_y$ 

$$M_{Ed} = 17,35 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1735}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,030$$

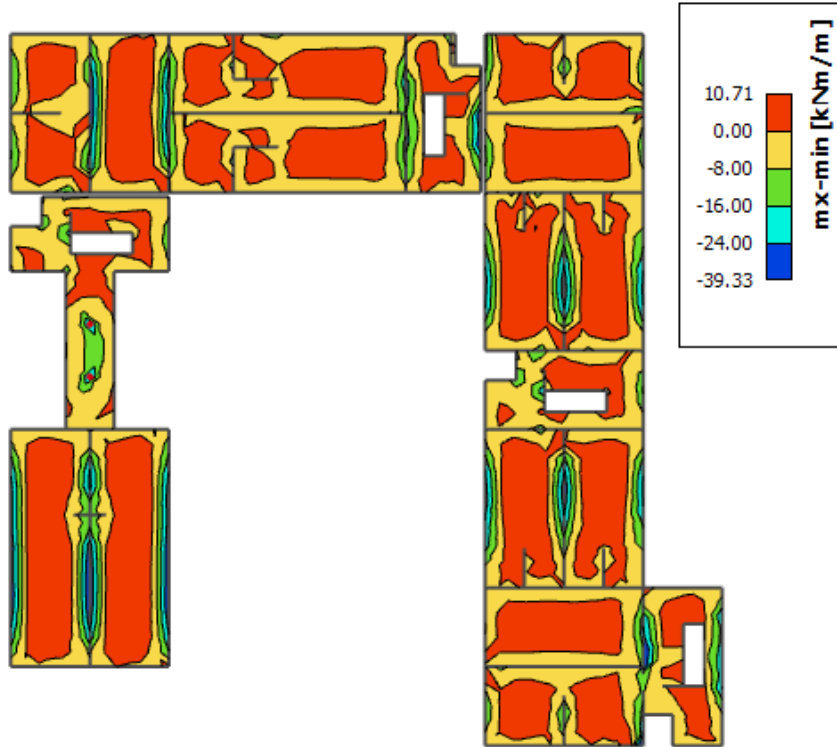
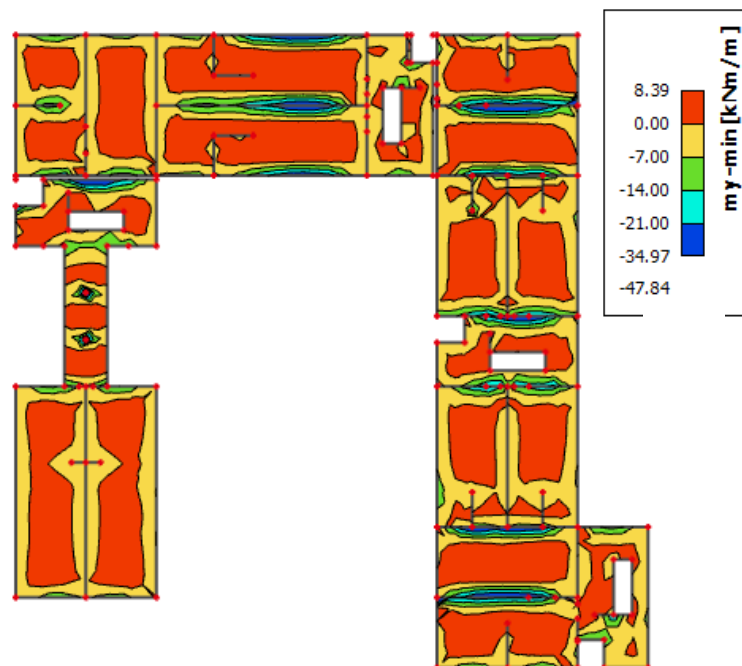
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,0\% \quad \zeta = 0,969$$

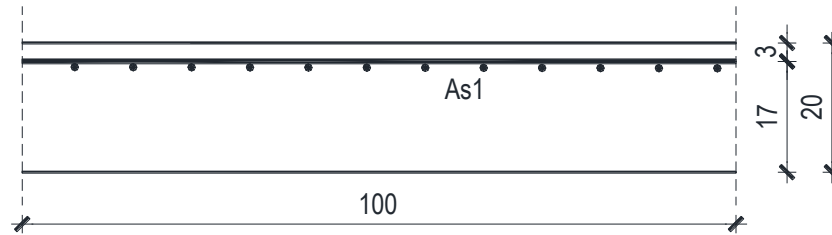
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1735}{0,969 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,42 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 500 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

- Proračun na ležaju

Slika 11.20.  $M_x$ Slika 11.21.  $M_y$ 



$$M_{Ed} = 39,33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39,33}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,068$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,6\text{‰} \quad \zeta = 0,949$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3933}{0,949 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,61 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

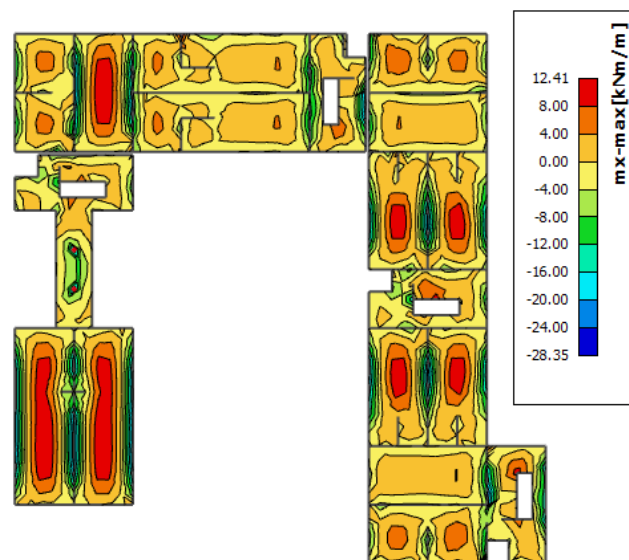
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 600 svugdje na toj poziciji na ležaju je usvojena ista armatura.

### 11.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 12,41 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.22. M-GSU

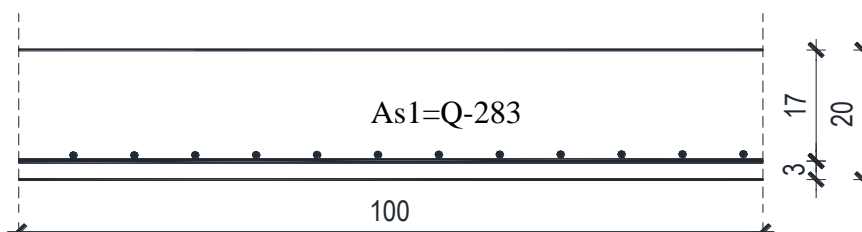
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ( $A_{s1}=2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 \text{ MPa}$

$A_s = \text{Q-283} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2.83}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.003773$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 6 \text{ mm} - (\text{Q-283} \Rightarrow \text{Ø6/10})$$

$c=20 \text{ mm}$ - Zaštitni sloj uzdužne armature

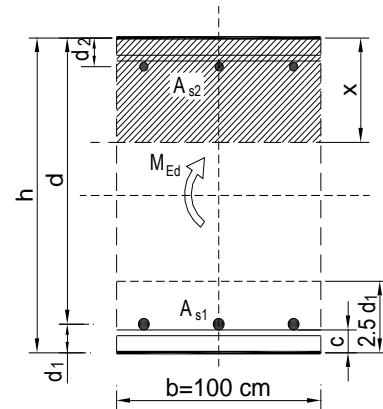
$k_1=0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  -Savijanje

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

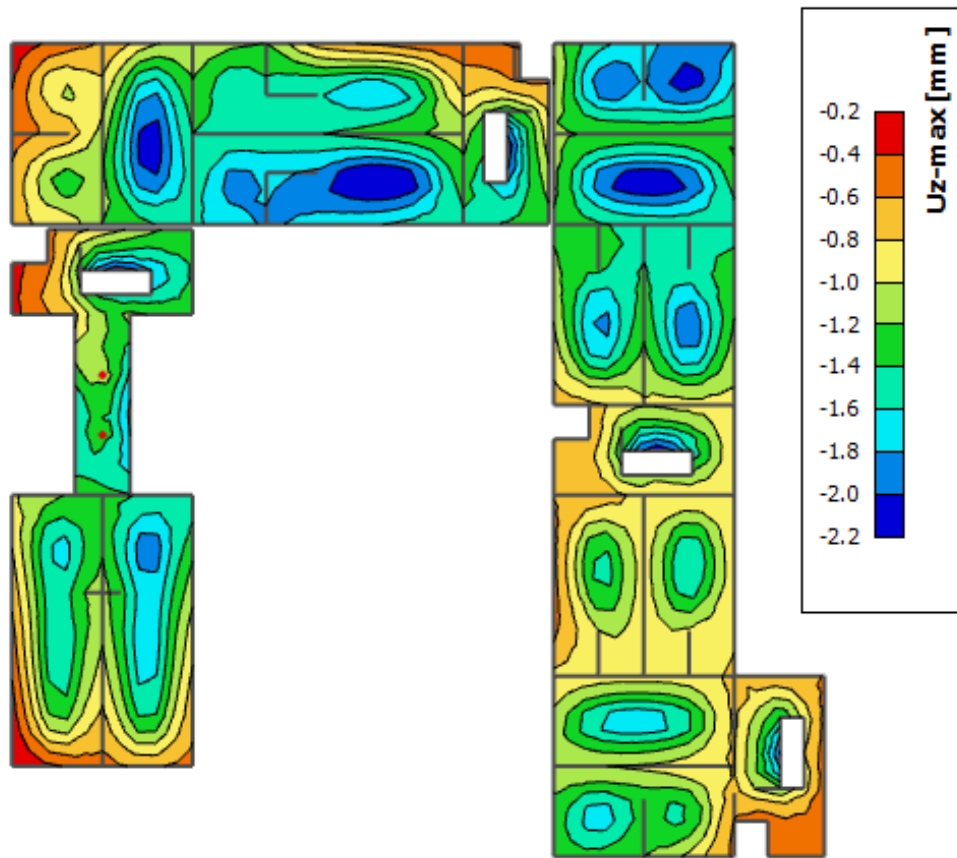
$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	2,83 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	12,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	269,89 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,26 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0038		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	-0,000221 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000810		
$\text{Ø} =$	6,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	338,32 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,274 mm	<	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,266 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ Progibi

Slika 11.23. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

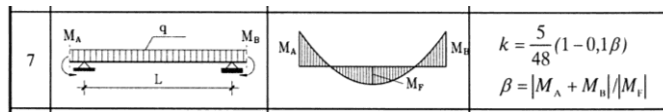
$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |25.1 + 28.35| / 12.41 = 4.31$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.31) = 0.057$$



$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{ef} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 840.34 = 67507.01 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1241}{3300 \cdot 67507.01} = 0.0000056 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.26 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{ef} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.26^3}{12} + (100 \cdot 2.26) \cdot \left( \frac{2.26}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot (17 - 2.26)^2 + 0 \right] \\ &= 96.19 + 288.58 + 3726.10 = 4110.87 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1241}{3300 \cdot 4110.87} = 0.000091 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 269.89 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 19333.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{19333.33}{\left( 17 - \frac{2.26}{3} \right) \cdot 2.83} = 420.49 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{sr} = 420.49 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1.0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0.5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{420.49}{269.89} \right)^2 = 0.21$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000056 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000091 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.21) \cdot 0.0000056 + 0.21 \cdot 0.000091 = 0.000024 \frac{1}{\text{cm}}$$

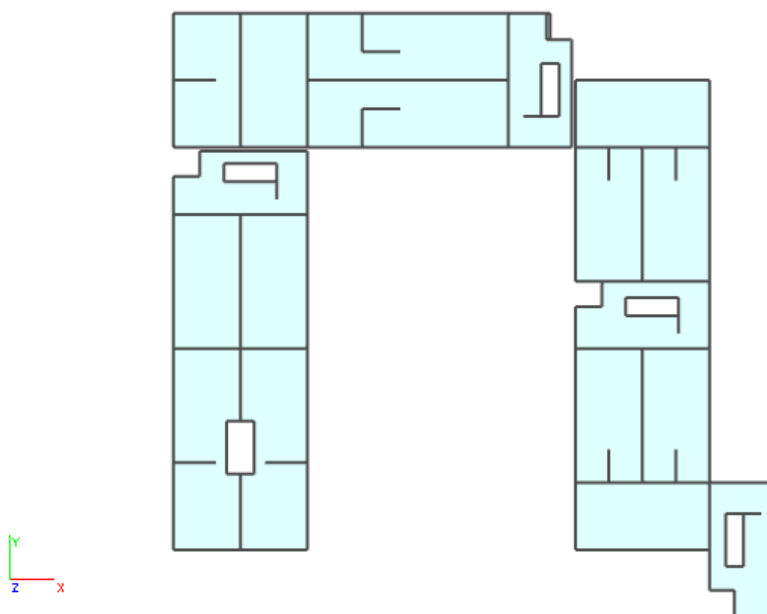
$$k = 0.057$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.057 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000024 = 0.39 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

11.4. Proračun ploče pozicije 400 (ploča iznad 3.kata)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.24. Prikaz ploče pozicije 400

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0$  MPa = 2 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1.72,0$$

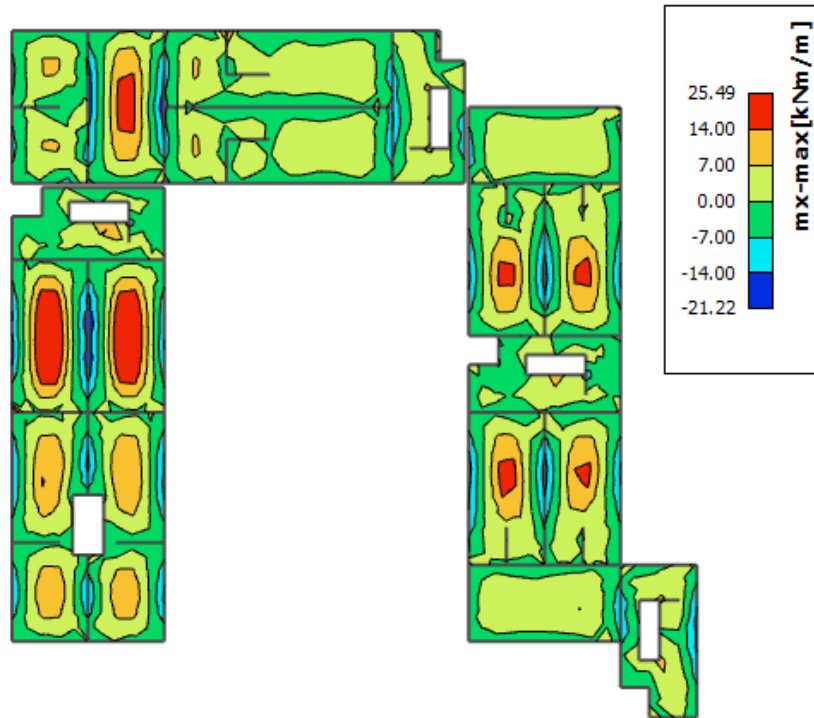
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>1</sup> ]	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23

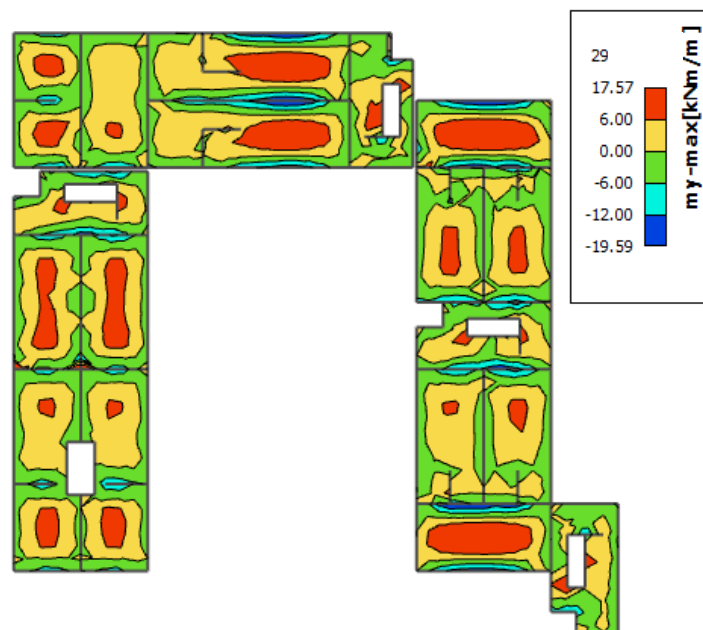
$R/Q$	-	424	4,24	91,90	27,96	0,25
$R/Q$	-	503	5,03	91,90	33,16	0,30
$R/Q$	-	524	5,24	91,90	34,75	0,31
$R/Q$	-	636	6,36	91,90	41,93	0,37
$R/Q$	-	785	7,85	91,90	51,76	0,46

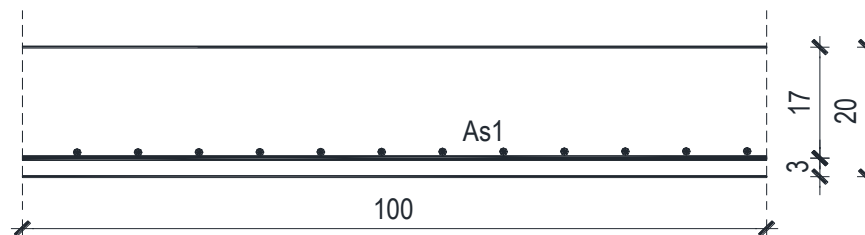
▪ **Proračun u polju**

Slika 11.25.  $M_x$



Slika 11.26.  $M_y$





$$M_{Ed} = 25,49 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2549}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,044$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\% \quad \zeta = 0,961$$

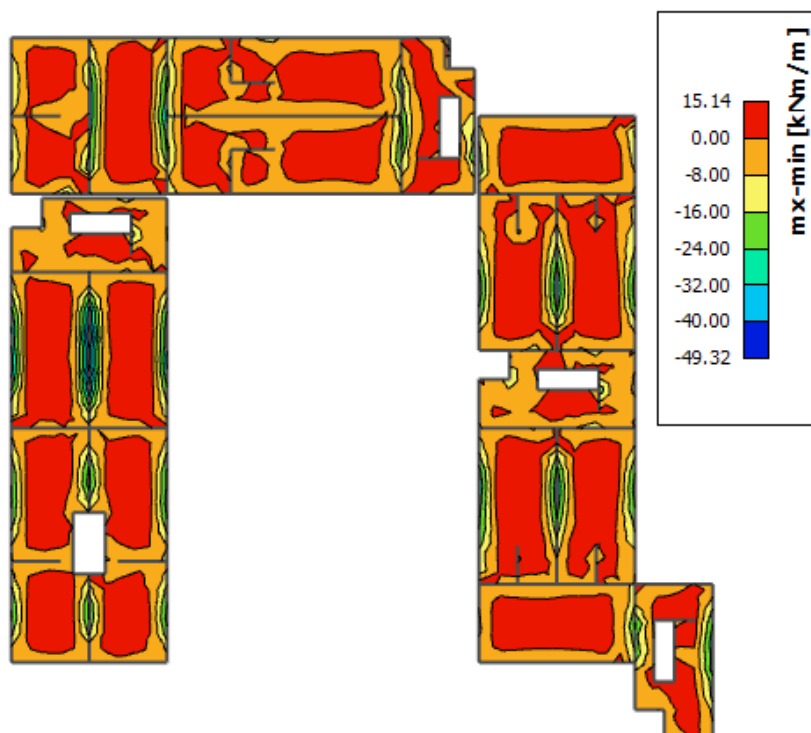
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2549}{0,961 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

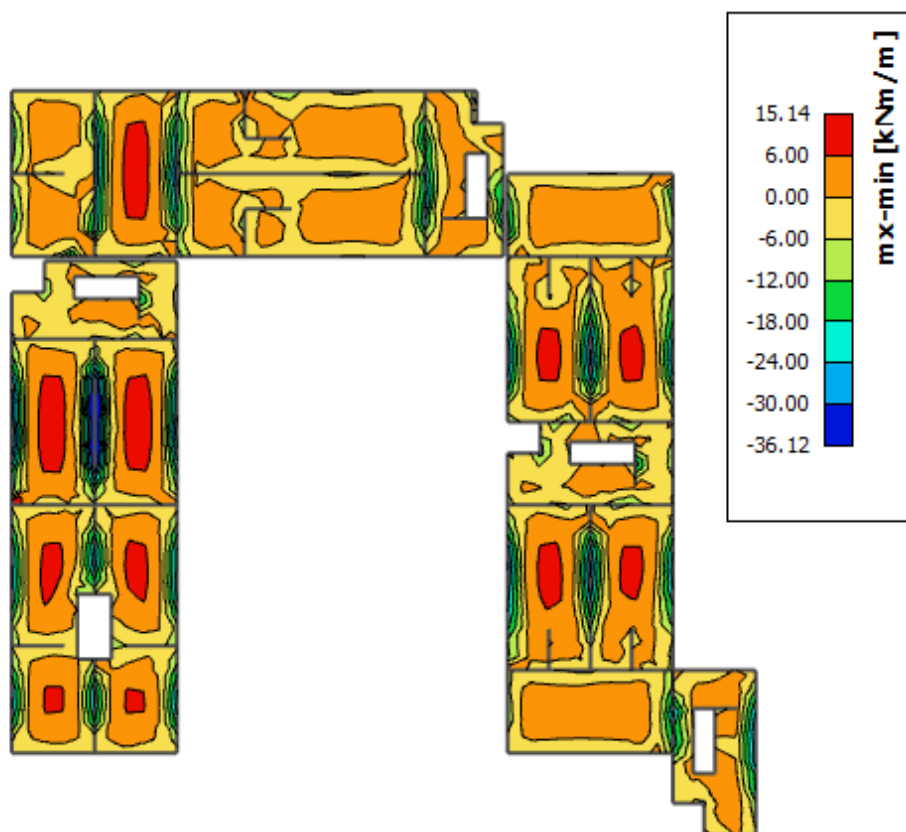
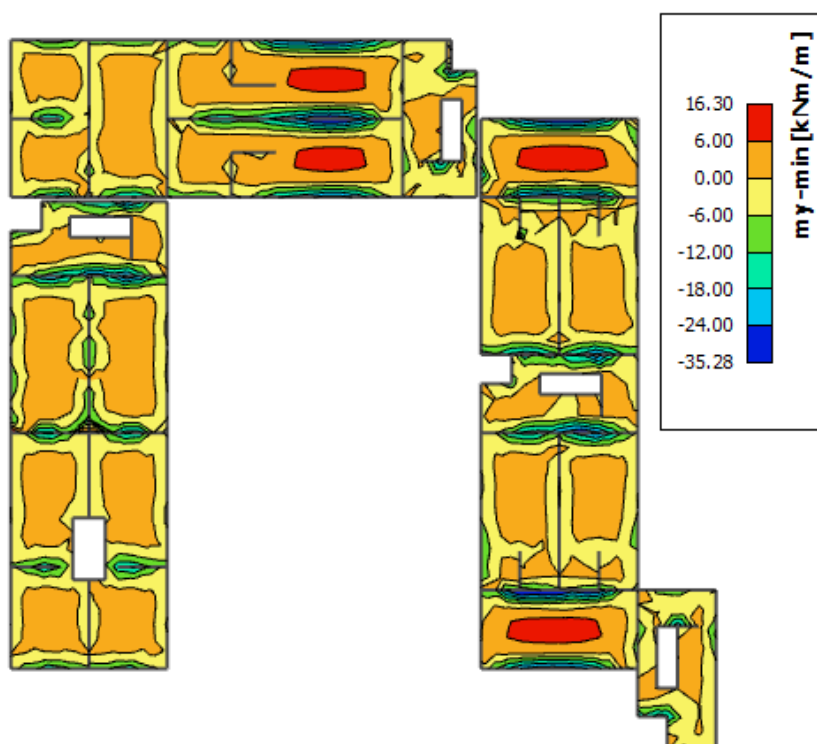
**ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

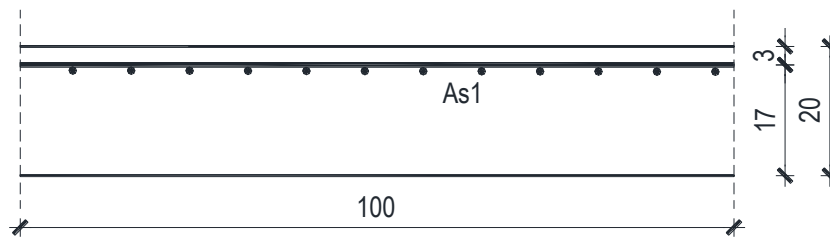
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 400 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 11.27.  $M_x$ (kritični presjek)



Slika 11.28.  $M_x$ Slika 11.29.  $M_y$ 

**Proračun u kritičnom presjeku:**

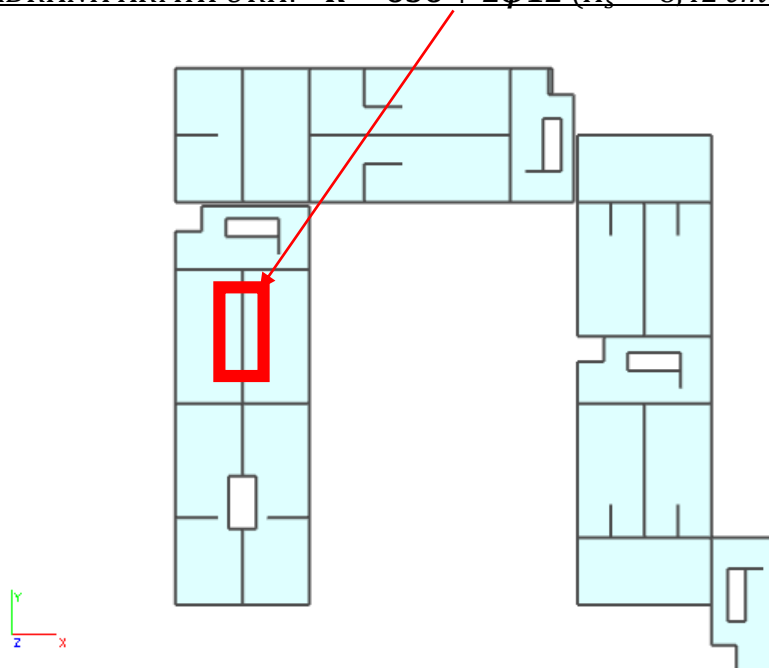
$$M_{Ed} = 49,32 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4932}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,085$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,9\% \quad \zeta = 0,939$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4932}{0,939 \cdot 17 \cdot 43,48} = 7,10 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 636 + 2φ12 ( $A_s = 8,42 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )



Slika 11.30. Prikaz mjesta gdje je potrebno ojačanje u armaturi

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju:**

$$M_{Ed} = 36,12 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3612}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,062$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1,6\%$   $\zeta = 0.951$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3612}{0,951 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,14 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

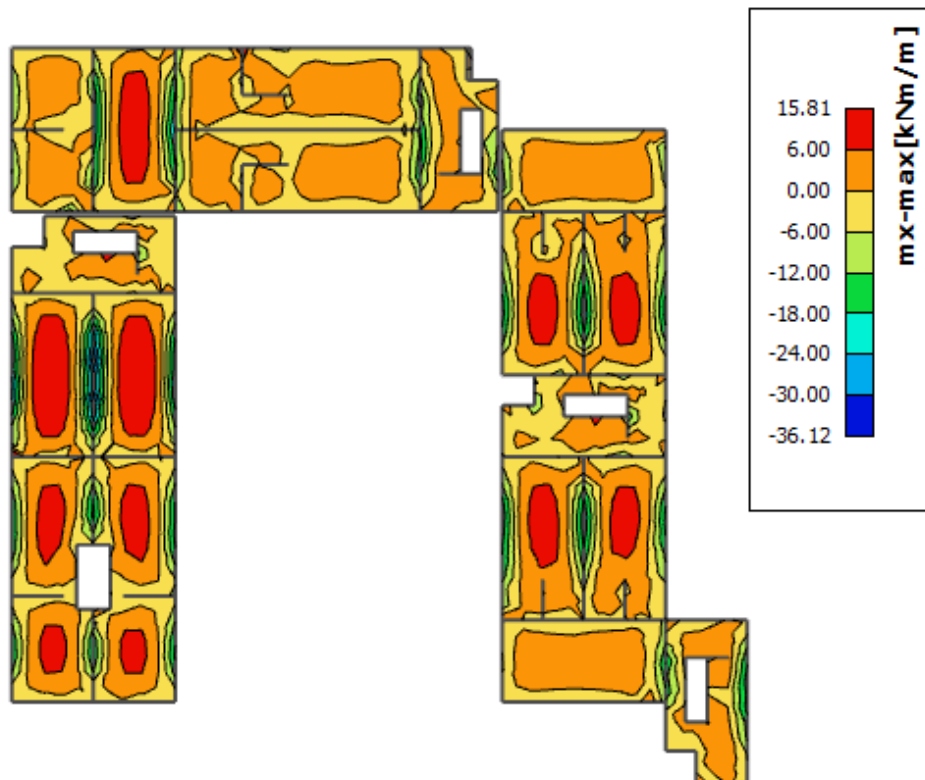
ODABRANA ARMATURA: R – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

#### 11.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

##### ➤ Pukotine

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 15,81 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.31. M-GSU

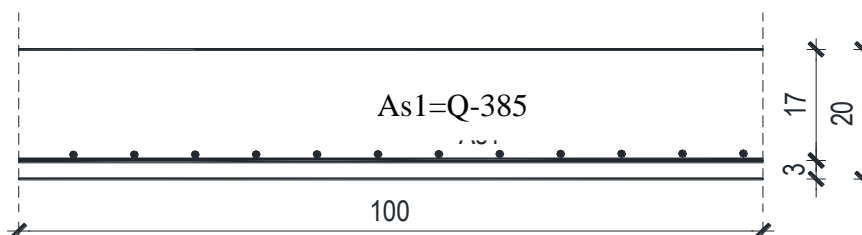
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-385** ( $A_{s1}=3.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 MPa$

$A_s = Q-385 = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 - \text{Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.005133$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 7 \text{ mm}$  - (Q-385  $\Rightarrow \text{Ø}7/10$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature



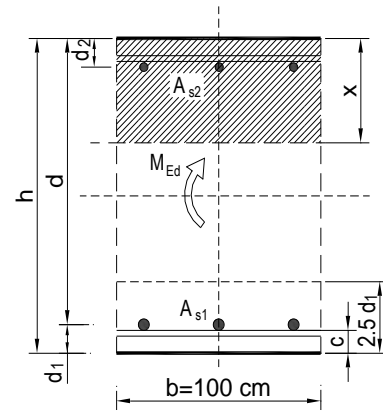
$k_1 = 0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	15,8 kNm	$k_f =$	0,40		
$\sigma_s =$	254,54 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,60 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000109 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000764		
$\varnothing =$	7,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	299,82 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,229 mm	<	$w_g$		

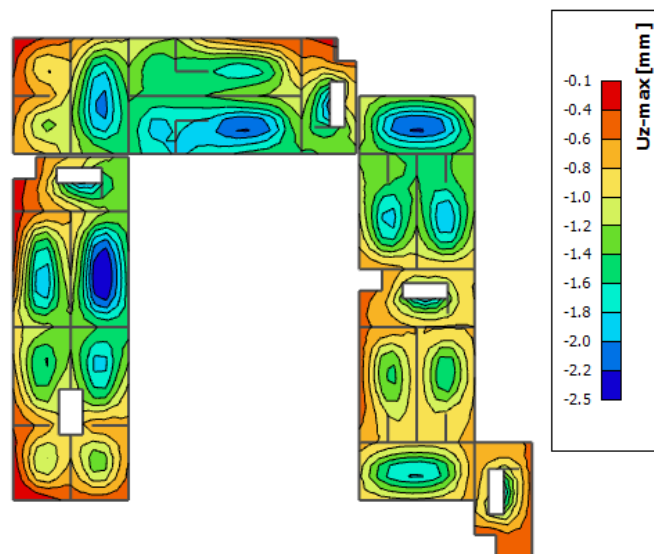


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,229 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.32. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

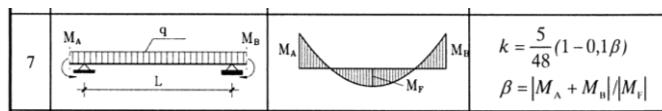
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |30.6 + 36.12| / 15.81 = 4.22$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.22) = 0.060$$



$$A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 1143.22 = 67809.89 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1581}{3300 \cdot 67809.89} = 0.0000071 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.60^3}{12} + (100 \cdot 2.60) \cdot \left(\frac{2.60}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (17-2.60)^2 + 0] \\
 &= 146.47 + 439.4 + 4837.92 = 5423.79 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1581}{3300 \cdot 5423.79} = 0.000088 \frac{1}{\text{cm}}
 \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 254.54 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 19333.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{19333.33}{\left(17 - \frac{2.60}{3}\right) \cdot 3.85} = 311.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 311.26 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{311.26}{254.54}\right)^2 = 0.25$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000071 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000088 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.25) \cdot 0.0000071 + 0.25 \cdot 0.000088 = 0.000027 \frac{1}{\text{cm}}$$

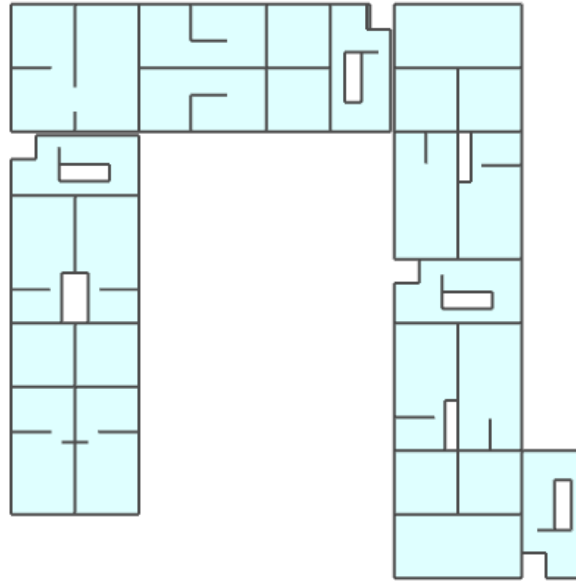
$$k = 0.060$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.060 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000027 = 0.46 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

11.5. Proračun ploče pozicije 300 (ploča iznad 2.kata)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.33. Prikaz ploče pozicije 300

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0$  MPa = 2 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1.72,0$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

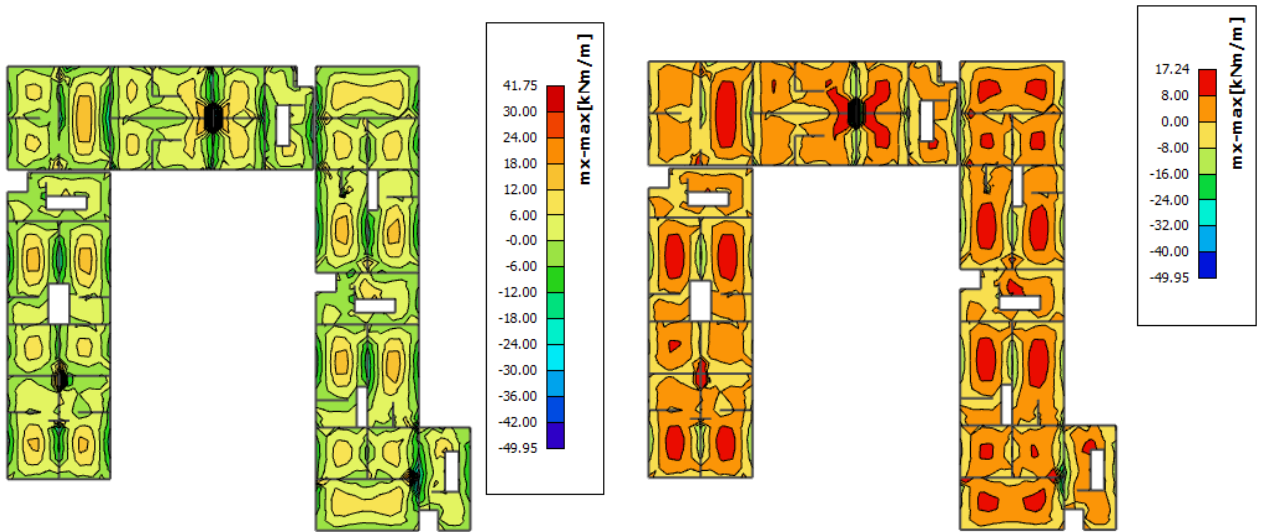
Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
R/Q - 424	4,24	91,90	27,96	0,25

$R/Q$	-	503	5,03	91,90	33,16	0,30
$R/Q$	-	524	5,24	91,90	34,75	0,31
$R/Q$	-	636	6,36	91,90	41,93	0,37
$R/Q$	-	785	7,85	91,90	51,76	0,46

▪ **Proračun u polju**

$M_x$  (kritični presjek)

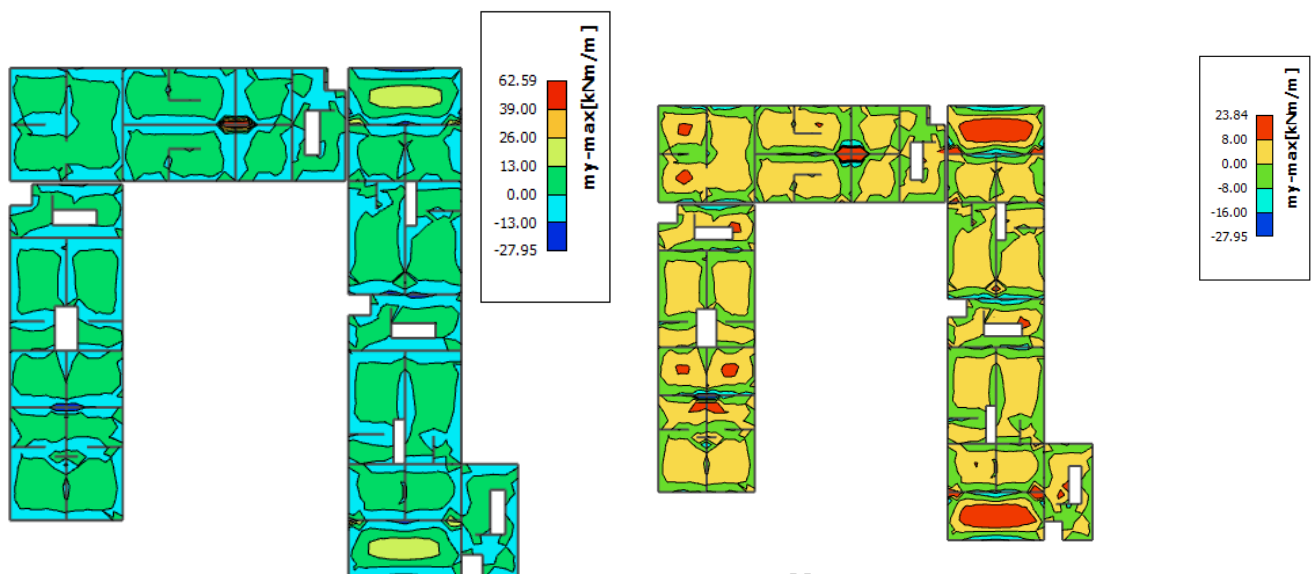
$M_x$  (ostali dijelovi ploče)



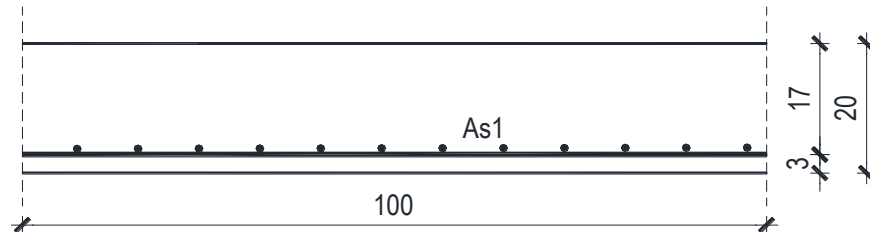
Slika 11.35.  $M_x$

$M_y$  (kritični presjek)

$M_y$  (ostali dijelovi ploče)



Slika 11.36.  $M_y$

**Proračun u kritičnom presjeku:**

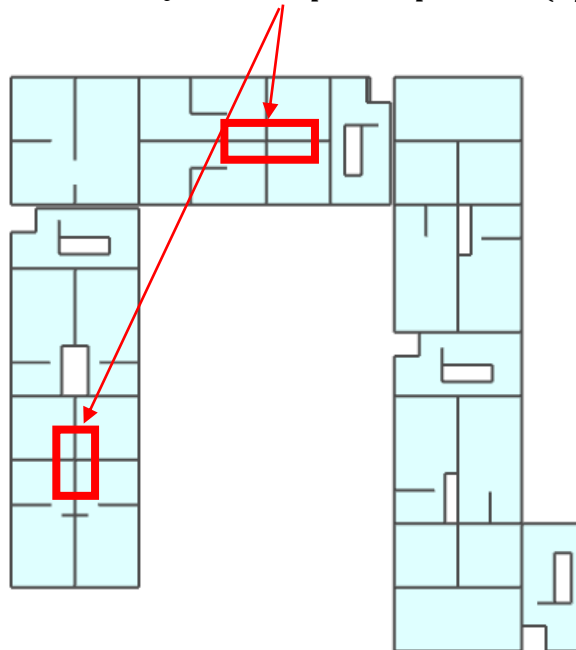
$$M_{Ed} = 62.59 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6259}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,108$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,4\text{‰} \quad \zeta = 0,926$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6259}{0,926 \cdot 17 \cdot 43,48} = 9,14 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 40cm ( $A_s = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**



Slika 11.37. Prikaz mjesta gdje je potrebno ojačanje u armaturi

**Proračun za ostale dijelove ploče u polju :**

$$M_{Ed} = 23,84 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2384}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,041$$

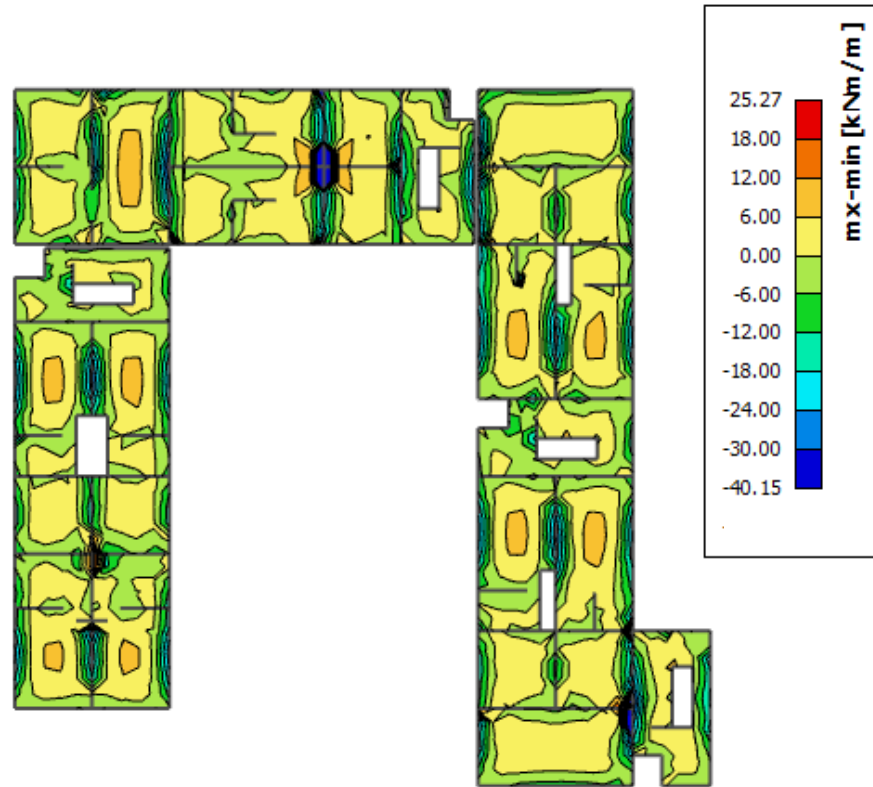
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰} \quad \zeta = 0,962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2384}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

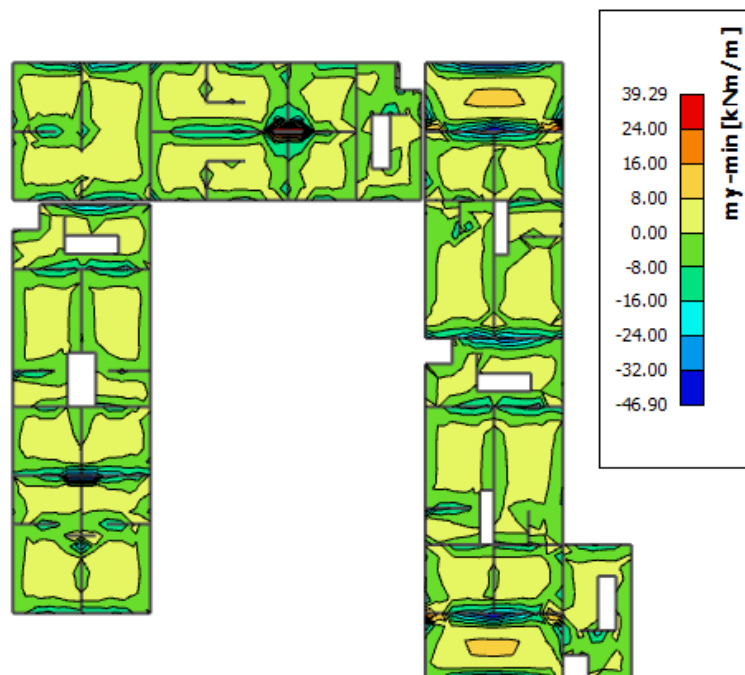
ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

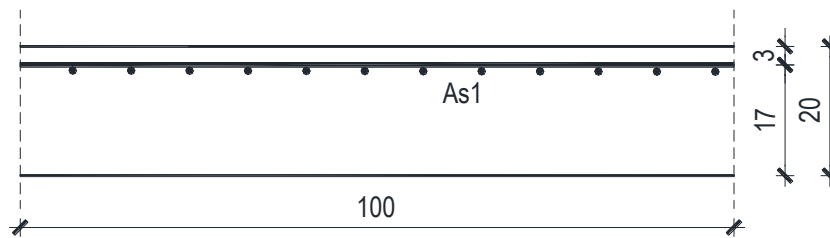
▪ Proračun na ležaju

Slika 11.38.  $M_x$



Slika 11.39.  $M_y$  (kritični presjek)



**Proračun u kritičnom presjeku:**

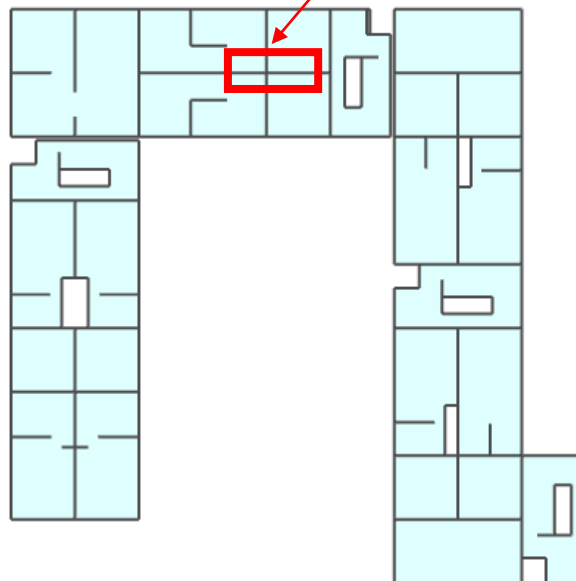
$$M_{Ed} = 49,32 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7854}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,136$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 3,0\% \quad \zeta = 0,908$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7854}{0,908 \cdot 17 \cdot 43,48} = 11,70 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 636 + 4φ14 (A<sub>s</sub> = 12,52 cm<sup>2</sup>/m')**



Slika 11.40. Prikaz mjesta gdje je potrebno ojačanje u armaturi

**Proračun za ostale dijelove ploče na ležaju :**

$$M_{Ed} = 40,15 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4015}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,069$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,7\% \quad \zeta = 0,948$$



$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4015}{0,948 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,73 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

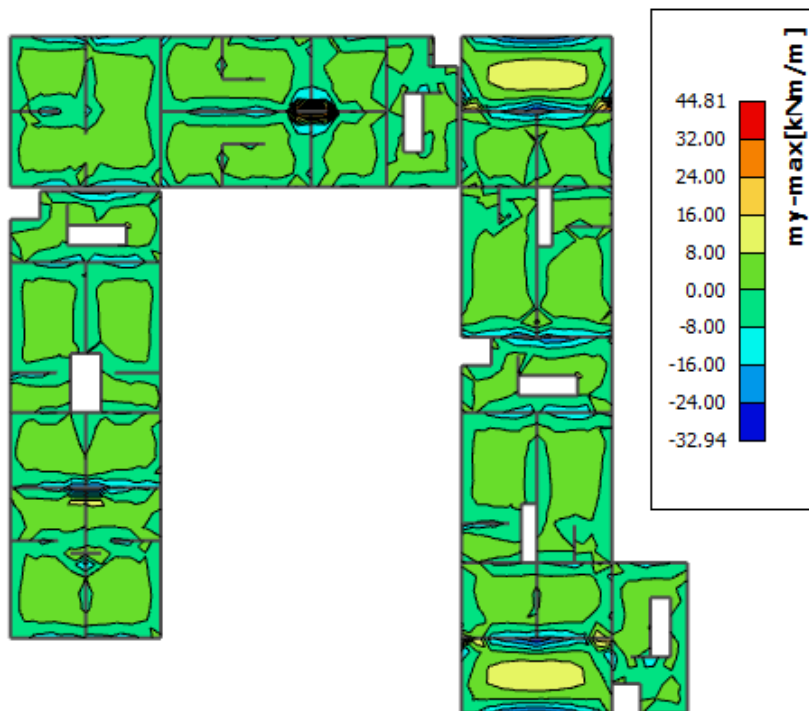
ODABRANA ARMATURA: R – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 11.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

#### ➤ Pukotine (u kritičnom presjeku)

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 44,81 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.41. **M-GSU**

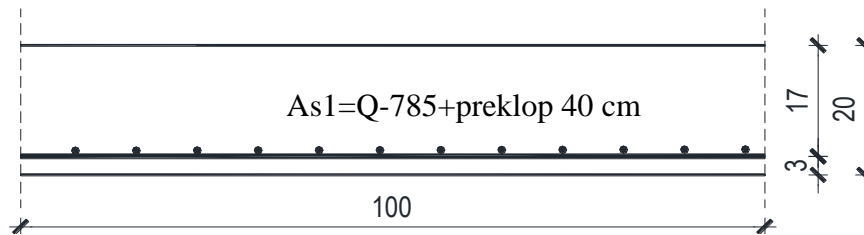
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona:  $A_{s1} = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 MPa$

$A_s = Q-785 + \text{preklop } 40 \text{ cm} = 9.31 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 - \text{Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{9.31}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.01241$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 10 \text{ mm}$  - (Q-785  $\Rightarrow \text{Ø}10/10$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

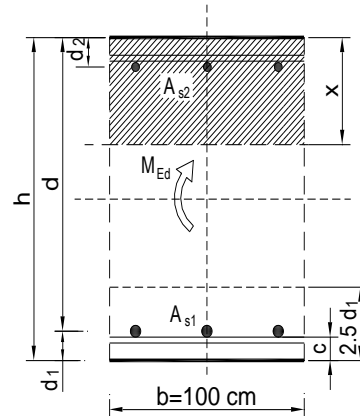
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  -Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	9,31 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	44,8 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	306,32 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,86 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0124		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,001030	$> 0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000919		
$\varnothing =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	204,95 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,211 mm	$<$	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,211 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

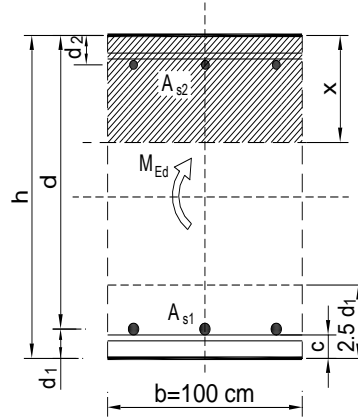
**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Pukotine (na ostatku ploče)**



Slika 11.42. M-GSU

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	15,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	247,29 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,60 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000073	$< 0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000742		
$\emptyset =$	7,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	299,82 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,222 mm	$<$	$w_g$		

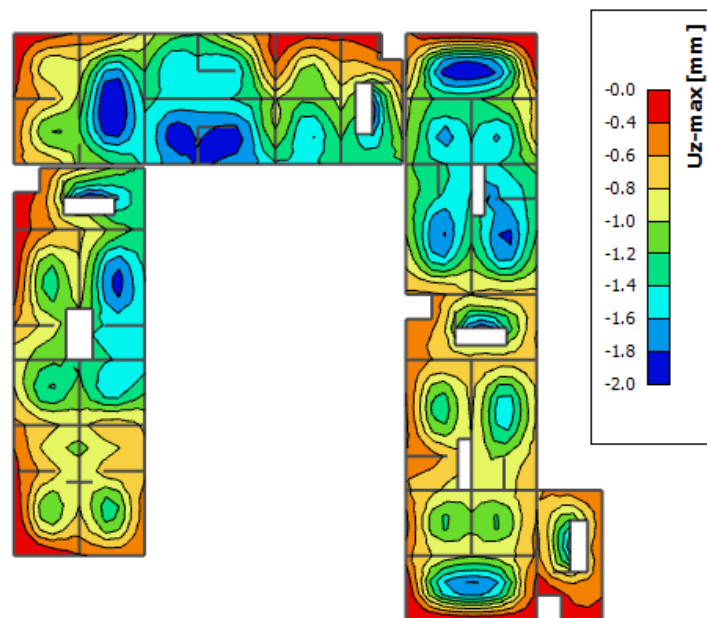


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,222 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

### ➤ Progibi



Slika 11.43. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21,3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

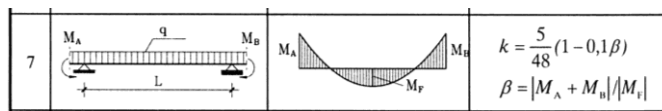
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |26.7 + 32.94| / 15.36 = 3.88$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.88) = 0.064$$



$$A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 1143.22 = 67809.89 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1536}{3300 \cdot 67809.89} = 0.0000069 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.60^3}{12} + (100 \cdot 2.60) \cdot \left( \frac{2.60}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot (17 - 2.60)^2 + 0 \right] \\ &= 146.47 + 439.4 + 4837.92 = 5423.79 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1536}{3300 \cdot 5423.79} = 0.000086 \frac{1}{cm}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 254.54 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 19333.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{19333.33}{\left(17 - \frac{2.60}{3}\right) \cdot 3.85} = 311.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 311.26 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{311.26}{254.54}\right)^2 = 0.25$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000069 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000086 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.25) \cdot 0.0000069 + 0.25 \cdot 0.000086 = 0.000027 \frac{1}{cm}$$

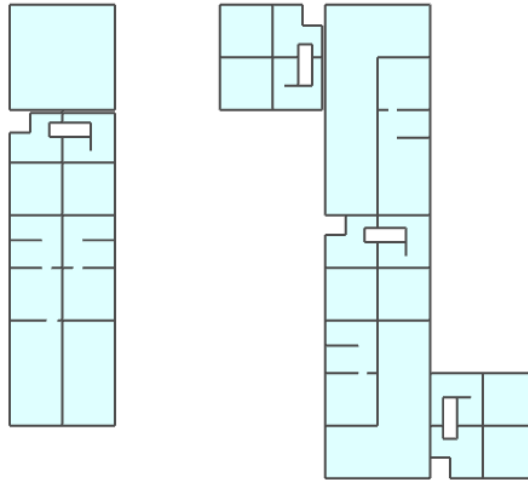
$$k = 0.064$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.064 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000027 = 0.49 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

11.6. Proračun ploče pozicije 200 (ploča iznad 1.kata)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.6.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.44. Prikaz ploče pozicije 200

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0$  MPa = 2 kN/cm<sup>2</sup>

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0$  MPa  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8$  MPa = 43.48 kN/cm<sup>2</sup>

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 17 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1.72,0$$

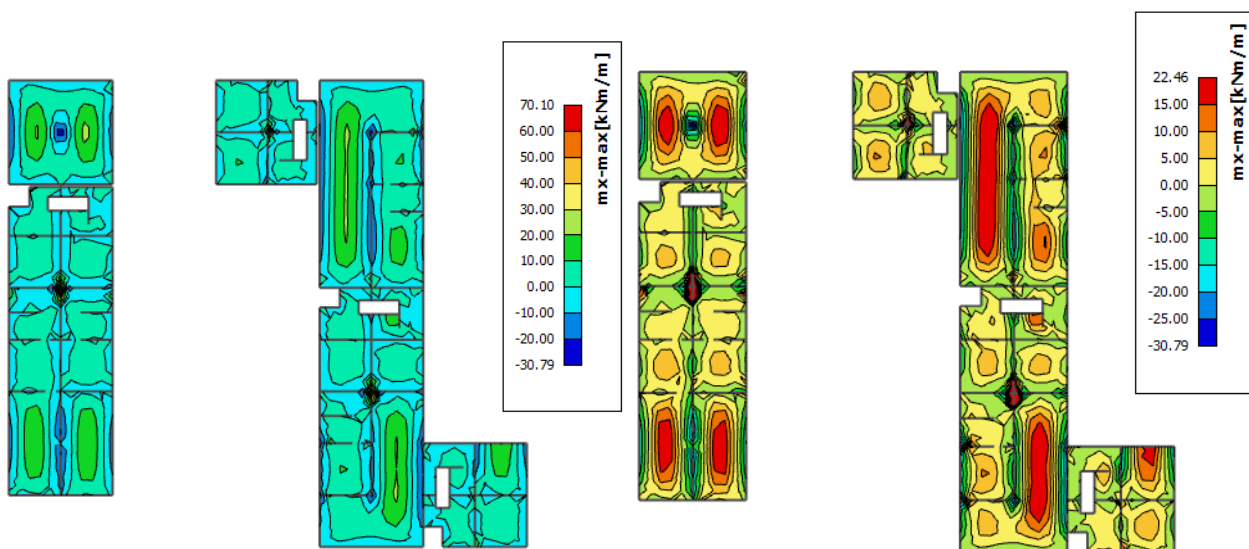
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[cm <sup>2</sup> /m <sup>1</sup> ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
R/Q - 424	4,24	91,90	27,96	0,25
R/Q - 503	5,03	91,90	33,16	0,30
R/Q - 524	5,24	91,90	34,75	0,31
R/Q - 636	6,36	91,90	41,93	0,37
R/Q - 785	7,85	91,90	51,76	0,46

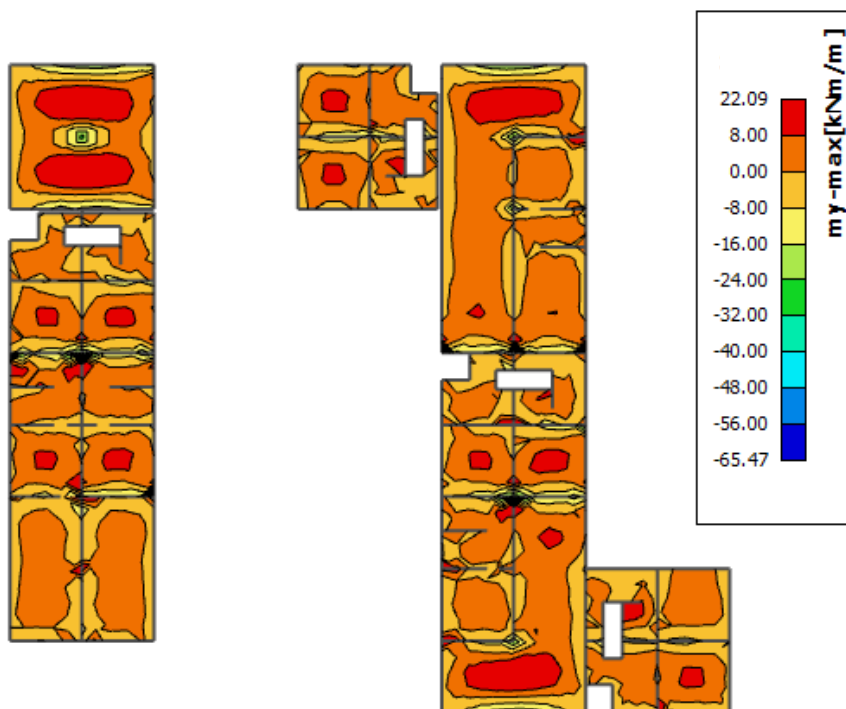
- Proračun u polju

$M_x$  (kritični presjek)

$M_x$  (ostali dijelovi ploče)

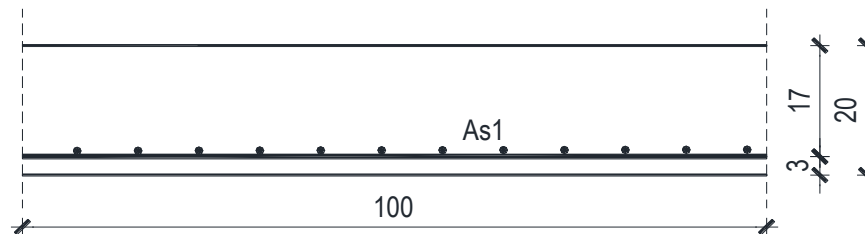


Slika 11.45.  $M_x$



Slika 11.46.  $M_y$



**Proračun u kritičnom presjeku:**

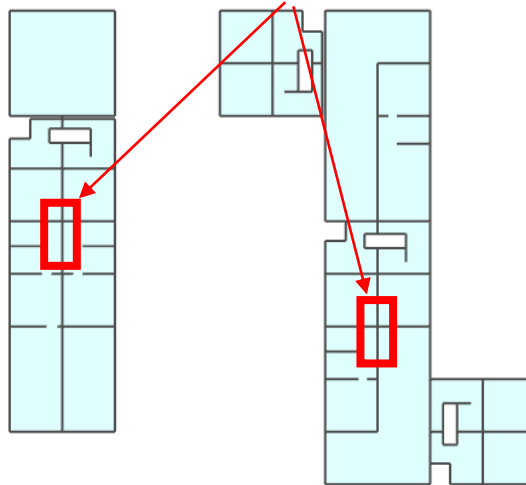
$$M_{Ed} = 70.57 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7057}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,121$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,6\% \quad \zeta = 0.918$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7057}{0,918 \cdot 17 \cdot 43,48} = 10,40 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785 + preklop 70cm (A<sub>s</sub> = 10,41cm<sup>2</sup>/m')**



Slika 11.47. Prikaz mjesta gdje je potrebno ojačanje u armaturi

**Proračun za ostale dijelove ploče u polju :**

$$M_{Ed} = 22,46 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2246}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,039$$

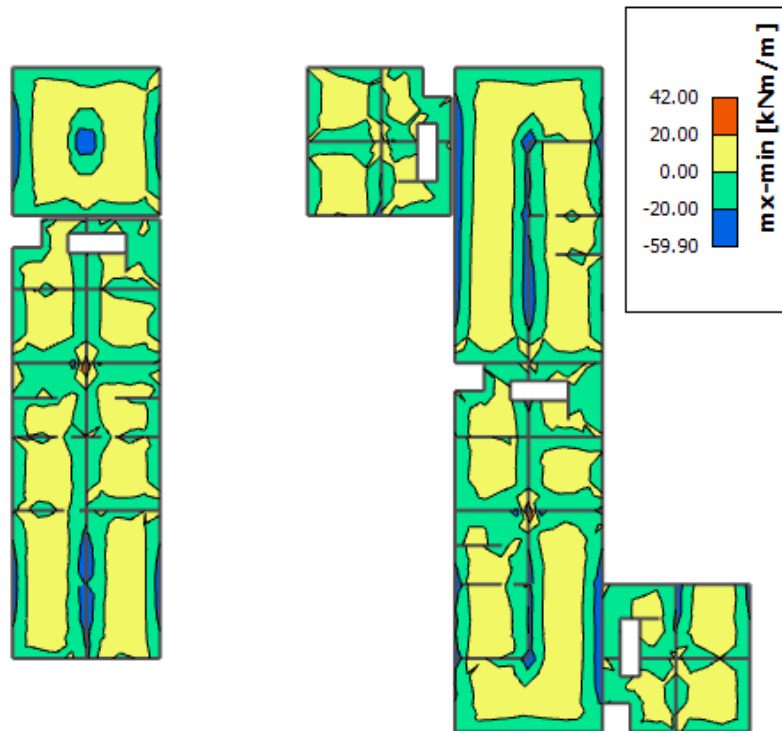
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\% \quad \zeta = 0.964$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2246}{0,964 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,15 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

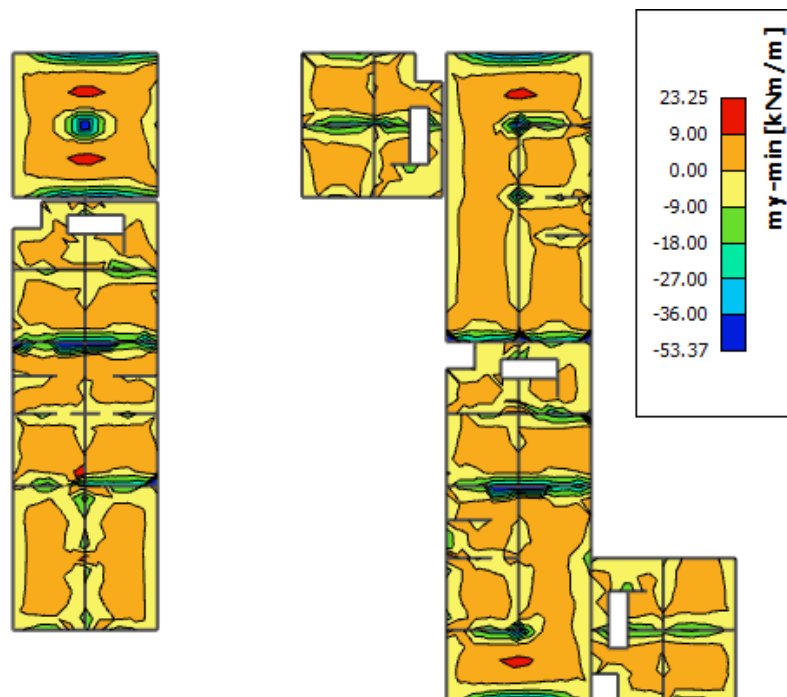
ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

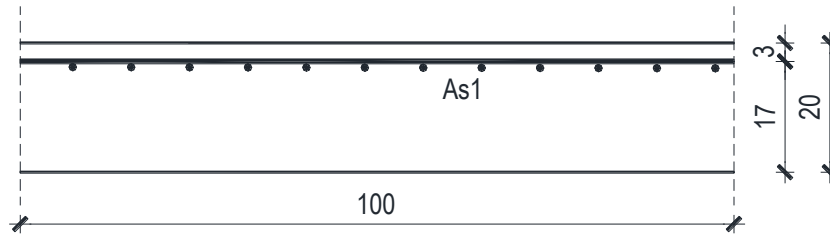
▪ Proračun na ležaju

Slika 11.48.  $M_x$



Slika 11.49.  $M_y$





$$M_{Ed} = 59,90 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5990}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,104$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5990}{0,928 \cdot 17 \cdot 43,48} = 8,73 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ12 (A<sub>s</sub> = 10,11 cm<sup>2</sup>/m')**

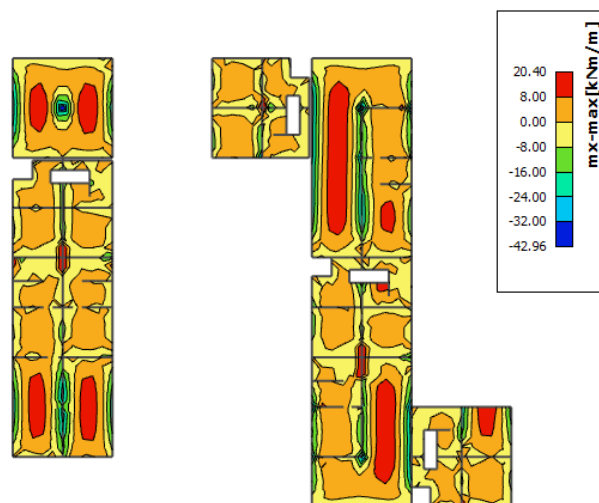
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči svugdje je usvojena ista armatura.

#### 11.6.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

##### ➤ **Pukotine (u kritičnom presjeku)**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 20,40 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.50. M-GSU

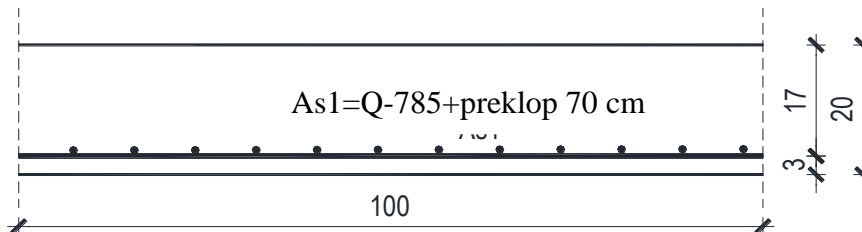
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-785+ preklop 70** ( $A_{s1}=10.41 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 \text{ MPa}$

$A_s = \text{Q-785+preklop 70 cm} = 10.41 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{10.41}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.01388$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 10 \text{ mm} - (\text{Q-785} \Rightarrow \text{Ø10/10})$$

$c=20 \text{ mm}$ - Zaštitni sloj uzdužne armature

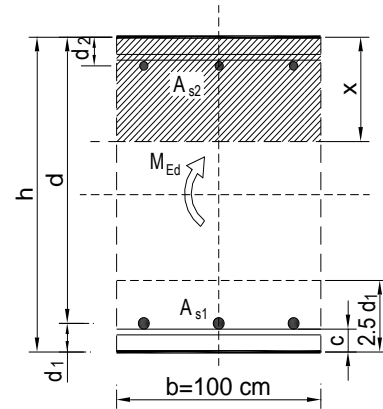
$k_1=0.8$  -Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  -Savijanje

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	10,41 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	20,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	125,23 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4,05 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0139		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000173	$< 0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000376		
$\text{Ø} =$	10,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	190,48 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,072 mm	$<$	$w_g$		

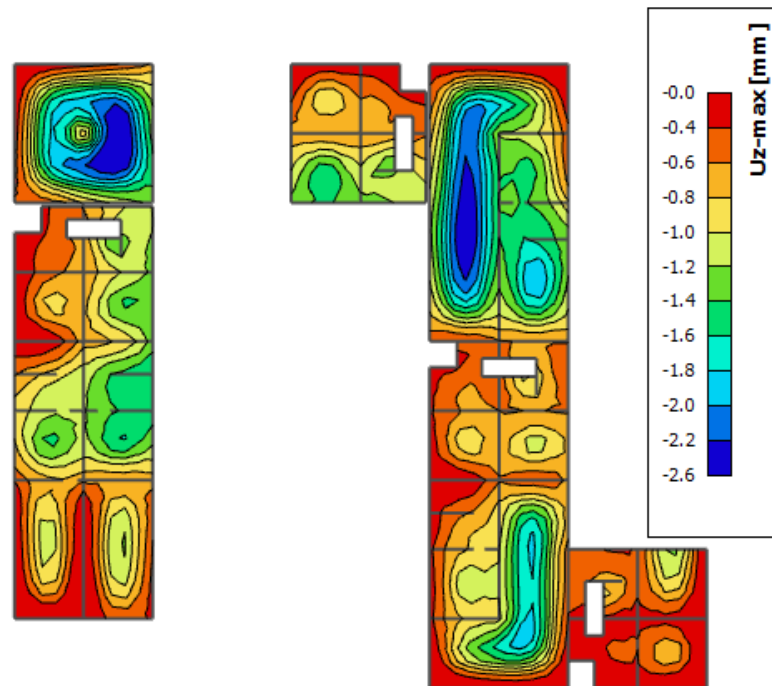


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,072 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**



➤ Progibi

Slika 11.52. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$ 

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

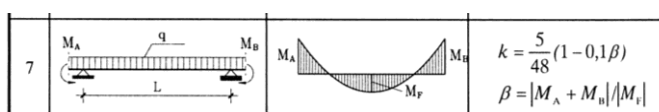
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$ 

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |28.9 + 65.74| / 15.2 = 6.22$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 6.22) = 0.039$$



$$A_{s1} = 3.85 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = \\ &= 66666.67 + 1143.22 = 67809.89 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1520}{3300 \cdot 67809.89} = 0.0000068 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.60^3}{12} + (100 \cdot 2.60) \cdot \left( \frac{2.60}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot (17 - 2.60)^2 + 0 \right] \\ &= 146.47 + 439.4 + 4837.92 = 5423.79 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1520}{3300 \cdot 5423.79} = 0.000085 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 244.88 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 19333.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{19333.33}{\left( 17 - \frac{2.60}{3} \right) \cdot 3.85} = 311.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 311.26 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{311.26}{244.88} \right)^2 = 0.19$$



$$\frac{1}{r_I} = 0.0000068 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000085 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.19) \cdot 0.0000068 + 0.19 \cdot 0.000085 = 0.000022 \frac{1}{cm}$$

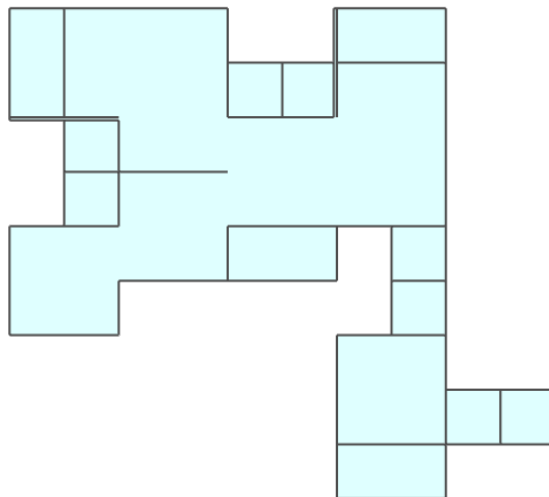
$$k = 0.039$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.039 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000022 = 0.24 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

### 11.7. Proračun ploče pozicije 100 (ploča iznad garaže) $d_{pl}=30 \text{ cm}$

#### 11.7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.53. Prikaz ploče pozicije 100

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$   $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500.0 \text{ MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm}, \quad h_{pl} = 30 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 2 = 231,82 \text{ kNm}$$

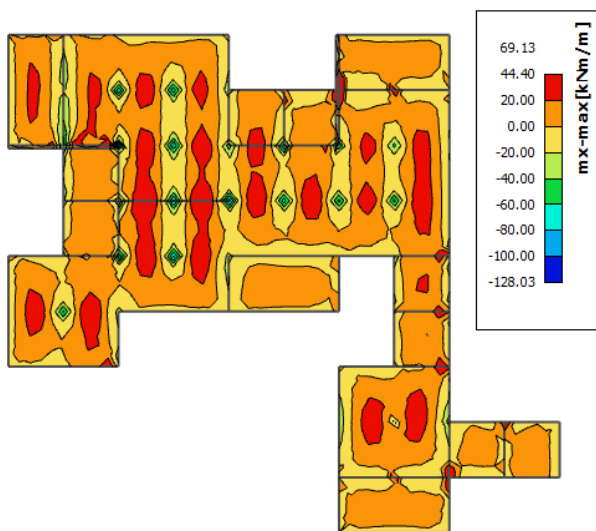
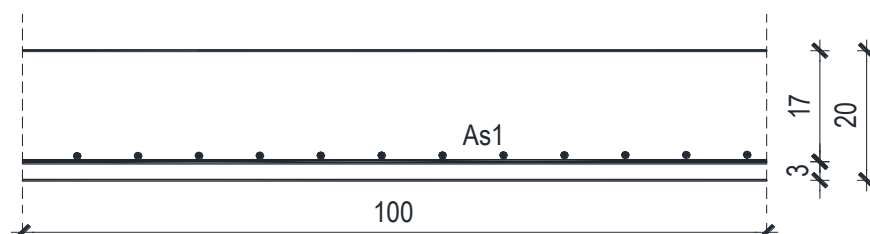
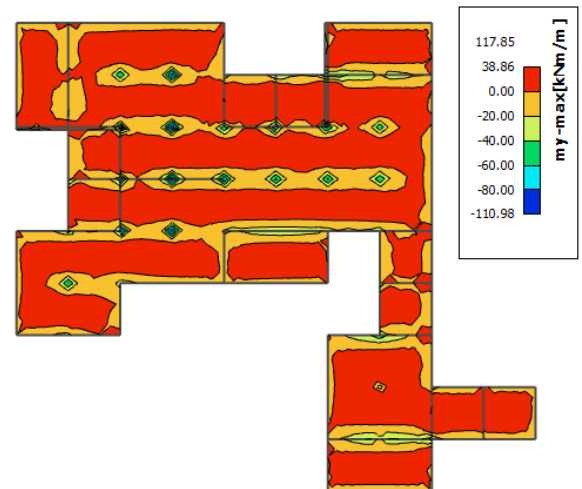
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 27 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{30}{100} = 3,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{30}{100} = 6,0 \text{ cm}^2$$

Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m <sup>1</sup> ]	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	231,82	29,63	0,09
R/Q - 335	3,35	231,82	35,07	0,11
R/Q - 385	3,85	231,82	40,31	0,13
R/Q - 424	4,24	231,82	44,39	0,14
R/Q - 503	5,03	231,82	52,66	0,17
R/Q - 524	5,24	231,82	54,86	0,18
R/Q - 636	6,36	231,82	66,59	0,21
R/Q - 785	7,85	231,82	82,19	0,26

▪ **Proračun u polju**

Slika 11.54.  $M_x$ Slika 11.55.  $M_y$ 

$$M_{Ed} = 44.40 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4440}{100 \cdot 27^2 \cdot 2} = 0,030$$

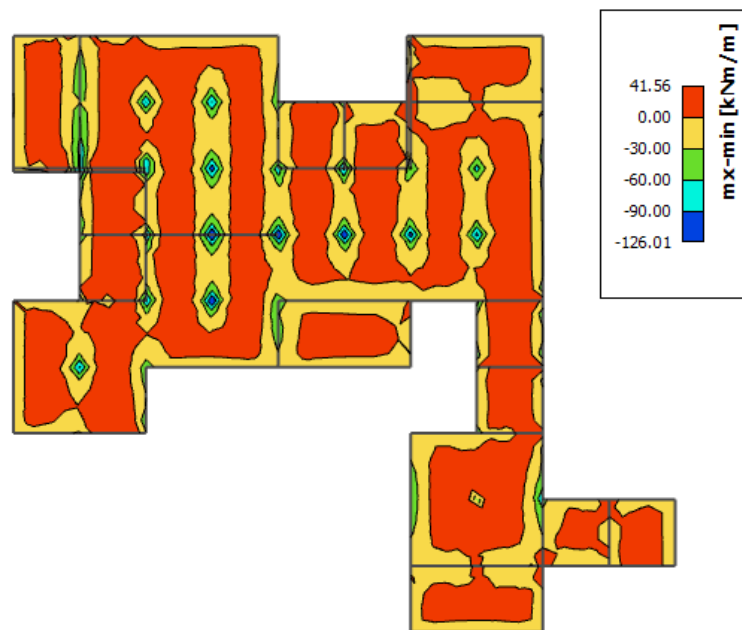
Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0\%$   $\varepsilon_{c2} = 1,0\%$   $\zeta = 0.969$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4440}{0,969 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,90 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

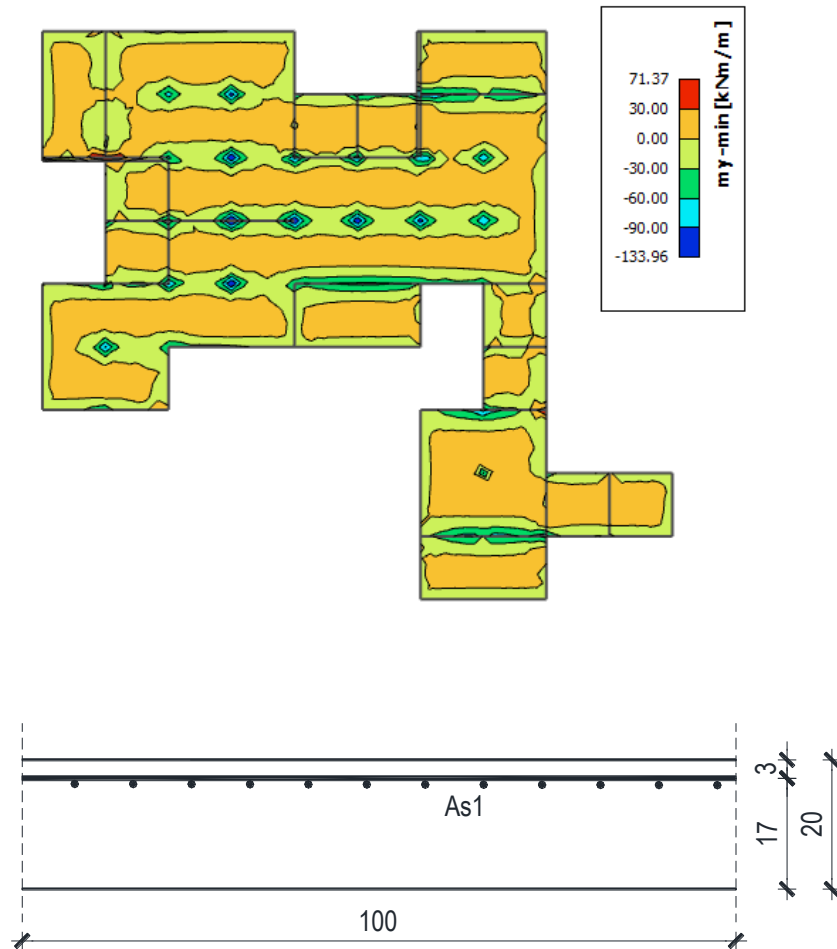
ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

▪ Proračun na ležaju

Slika 11.56.  $M_x$



Slika 11.57.  $M_y$



$$M_{Ed} = 133,96 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13396}{100 \cdot 27^2 \cdot 2} = 0,092$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,1\text{‰} \quad \zeta = 0,936$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13396}{0,936 \cdot 27 \cdot 43,48} = 12,91 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 4φ14 (A<sub>s</sub> = 14,01 cm<sup>2</sup>/m')**

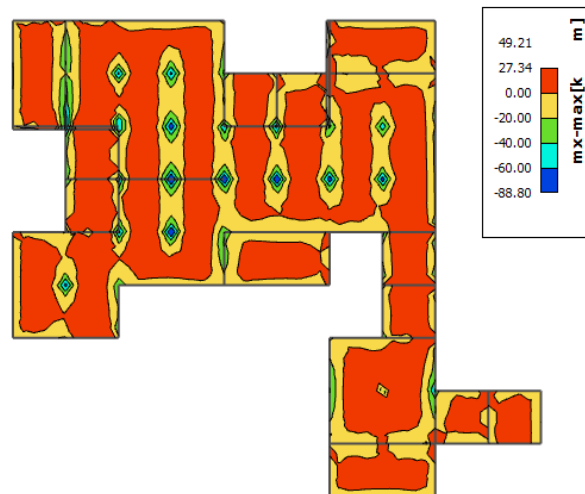
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči svugdje je usvojena ista armatura.

#### 11.7.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

##### ➤ **Pukotine**

Mjerodavni momenti u ploči dobiveni su iz kombinacija za granično stanje uporabljivosti.

$$M_{Ed} = 27,34 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.58. M-GSU

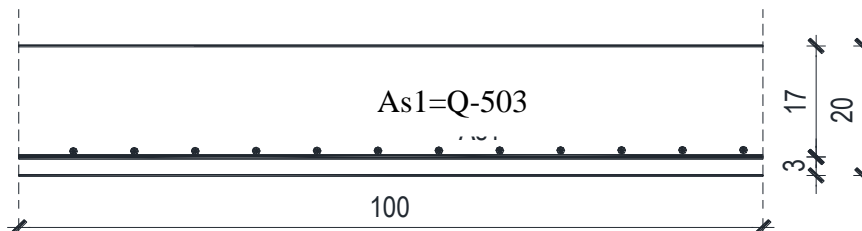
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0.3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona: **Q-503** ( $A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Skica armature u polju:



Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

Za C 30/37  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 MPa$

$A_s = Q-503 = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti betona

$E_s = 200,0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$  - modul elastičnosti armature

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 \text{ - Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5.03}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0067$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\phi = 8 \text{ mm}$  - (Q-503  $\Rightarrow \text{Ø}8/10$ )

$c = 20 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

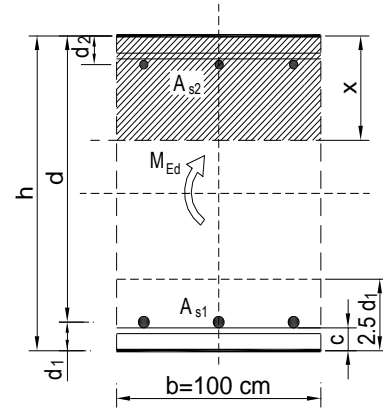
$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	27,0 cm	$h =$	30,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	5,03 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	27,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	211,15 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,77 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0067		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000157 <	$0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000633		
$\varnothing =$	8,0 mm	$c =$	2,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	270,78 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,172 mm	<	$w_g$		

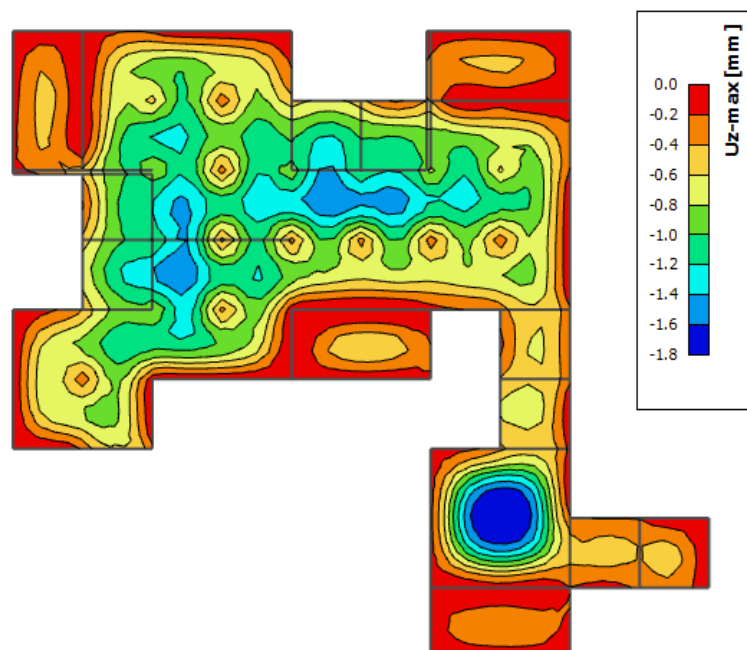


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,172 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.43. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5325}{250} = 21.3 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$ 

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

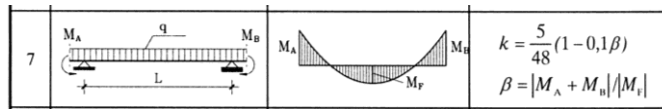
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$ 

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{33.0} = 6.06$$

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |35.8 + 88.80| / 27.34 = 4.56$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4.56) = 0.057$$



$$A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2$$

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

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

$$= \frac{100 \cdot 30^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 5.03 \cdot \left( \frac{30}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] =$$

$$= 225000 + 4389.38 = 229389.38 \text{ cm}^4$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 33.0 \text{ GN/m}^2 = 3300.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{2734}{3300 \cdot 229389.38} = 0.0000036 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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



$$x = 3.77 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 3.77^3}{12} + (100 \cdot 3.77) \cdot \left(\frac{3.77}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot [5.03 \cdot (27-3.77)^2 + 0] \\ &= 446.52 + 1339.57 + 16448.98 = 18235.07 \text{ cm}^4 \\ \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{2734}{3300 \cdot 18235.07} = 0.000045 \frac{1}{\text{cm}} \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 211.15 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 30^2}{6} = 43500$$

$$\sigma_{sr} = \frac{43500}{\left(27 - \frac{3.77}{3}\right) \cdot 5.03} = 335.94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 335.94 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{335.94}{211.15}\right)^2 = 0.27$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000036 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000045 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.27) \cdot 0.0000036 + 0.27 \cdot 0.000045 = 0.000015 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.057$$

$$L = 532.5 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.057 \cdot 532.5^2 \cdot 0.000015 = 0.24 \text{ cm} < v_{lim} = 2.13 \text{ cm}$$

## 11.8. Odabrana armatura po pozicijama

<b><i>POZICIJA PLOČE</i></b>	<b><i>ARMATURA U DONJOJ ZONI</i></b>	<b><i>ARMATURA U KRITIČNOM PRESJEKU</i></b>	<b><i>ARMATURA U GORNJOJ ZONI</i></b>	<b><i>ARMATURA U KRITIČNOM PRESJEKU</i></b>
<b><i>POZ 700</i></b>	Q283	-	R636	-
<b><i>POZ 600</i></b>	Q283	-	R503	R785+2φ14
<b><i>POZ 500</i></b>	Q283	-	R636	
<b><i>POZ 400</i></b>	Q385	-	R636	R636+2φ12
<b><i>POZ 300</i></b>	Q385	Q785+preklop 40 cm	R636	R636+4φ14
<b><i>POZ 200</i></b>	Q385	Q785+preklop 70 cm	R785+2φ12	-
<b><i>POZ 100</i></b>	Q503	-	R785+4φ14	

## 12. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 12.1. Proračun stupova

Stupovi su u modelu modelirani kao 1D štapni elementi. Prostorni model je proračunat na uobičajene i izvanredne kombinacije iz kojih su izvučene maksimalne rezne sile. Razlikujemo četiri pozicije stupova u modelu. Prva pozicija su AB stupovi u garaži okruglog presjeka promjera 40 cm. Oni se izvode monolitno na licu mjesta u oplati. Visina tih stupova je 2,8 m. Stupovi S1 nalaze se u garaži te su stoga dimenzionirani samo na uobičajene kombinacije. Druga pozicija su stupovi prvoj etaži koji su AB stupovi kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 25/25 cm. Visina stupova 1. etaže je 3,60 m. Treću poziciju čine stupovi 2. i 4. etaže koji su istog poprečnog presjeka kao i stupovi druge pozicije, ali im je visina 2,8 m. AB stupovi su svi napravljeni od betona C30/37 te armirani armaturom B500B. Zaštitni sloj betona do armature iznosi 3,5 cm. Četvrtu poziciju sačinjava čelični stup kvadratnog poprečnog presjeka također dimenzija 25/25 cm. Stup se izvodi kao predgotovljeni čelični element u radionici te montira na na betonsku ploču iznad garaže.

Proračun stupova proveden je pomoću programskog paketa AspalathosSectionDesign. Pretpostavljena je armatura u stupu te je za nekoliko različitih profila armaturnih šipki izračunata granična nosivost stupa za zadani poprečni presjek i odabranu armaturu. Potom je u programu MicrosoftExcel napravljen dijagram nosivosti stupa sa podacima dobivenim iz SectionDesigna. Nanošenjem maksimalnih reznih sila (kombinacija M i N) na graf nosivosti utvrđeno je koji profil armature zadovoljava.

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

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2}$$

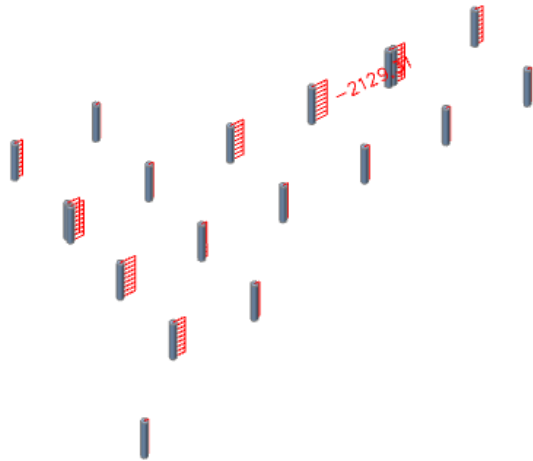
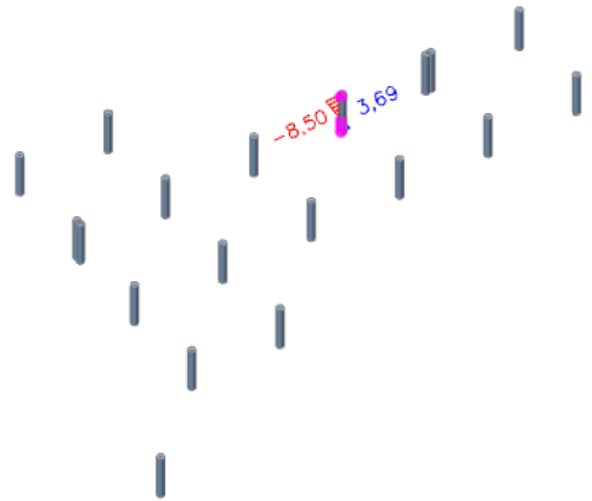
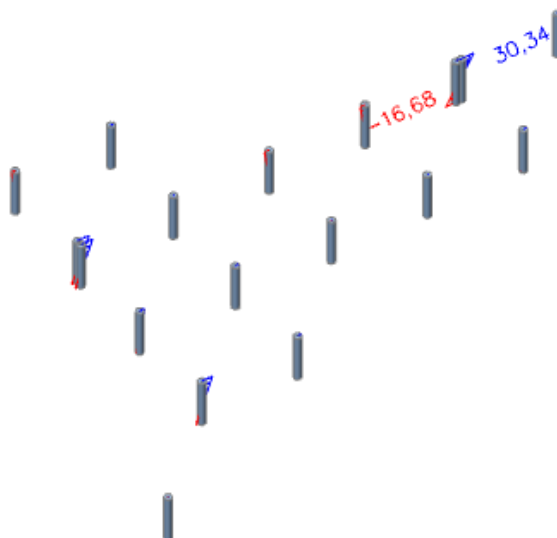
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani}$$

## 12.1.1. Proračun stupova pozicije S1( stupovi u garaži)

## 12.1.1.1. Rezne sile

## ○ Uobičajena kombinacija

Slika 12.1.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$ Slika 12.2.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 12.3.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 12.4.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$ 

## 12.1.1.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \pi \cdot \frac{r^4}{4} = \pi \cdot \frac{0,2^4}{4} = 0,001256 \text{ m}^4$$

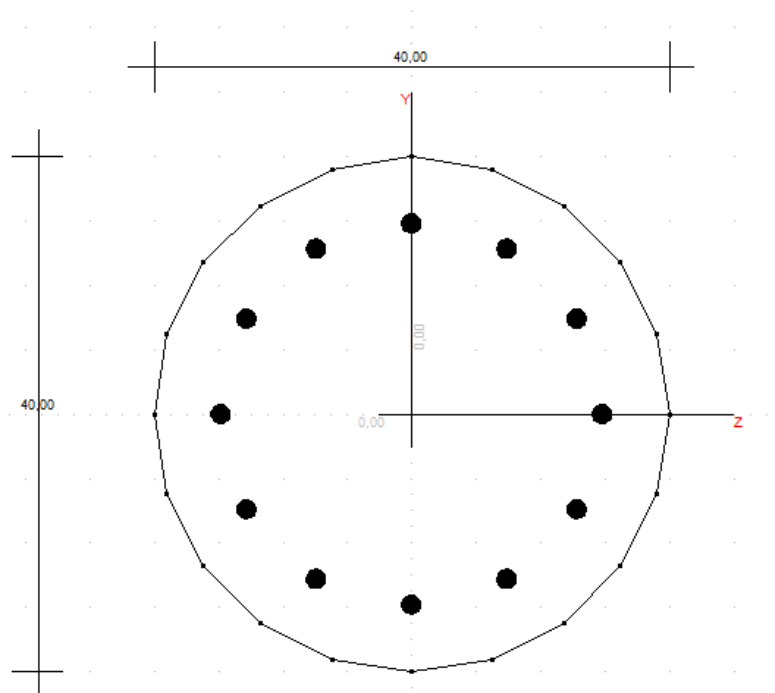
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,8 \text{ m} = 3,92 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,001256 \cdot 1000}{3,92^2} = 7584,86 \text{ kN}$$

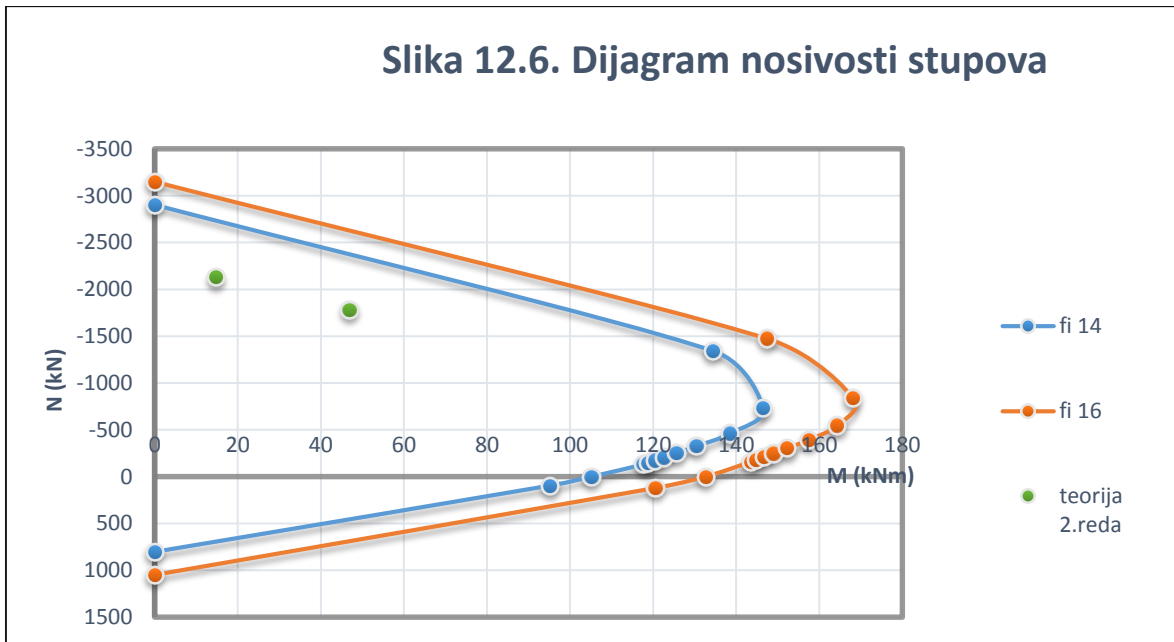
$$\psi = \frac{1}{1 - \gamma \cdot \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

	$N(\text{kN})$	$M \text{ I.reda}(\text{kNm})$	$\psi$	$M \text{ II.reda}(\text{kNm})$
$N_{\text{max}}, M_{\text{prip.}}$	-2129,31	8,5	1,727901	14,69
$M_{\text{max}}, N_{\text{prip.}}$	-1783,49	30,34	1,545227	46,88



Slika 12.5. Poprečni presjek stupa



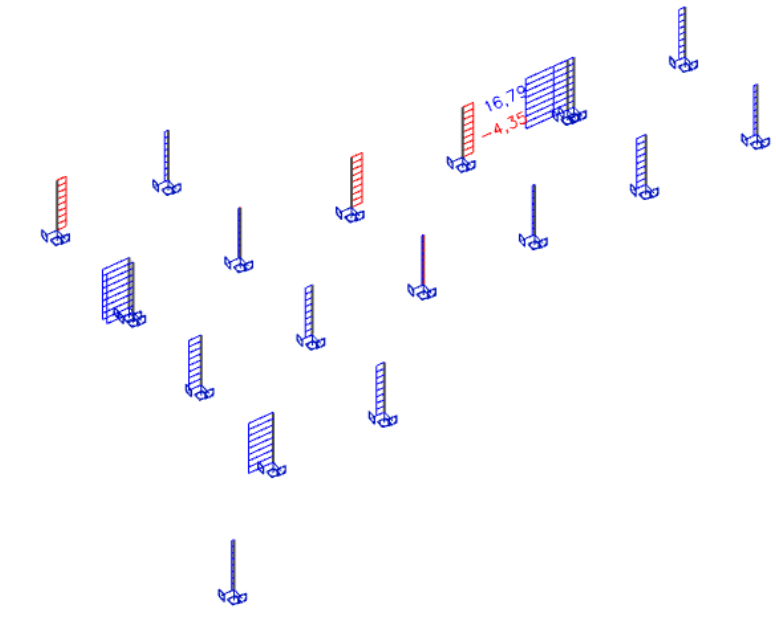
**Odabrana armatura u stupu:  $12\phi 14$  ( $18,48\text{ cm}^2$ )**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot \frac{1256,64}{100} = 1,26\text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 1256,64/100 = 25,13\text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

### 12.1.1.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu



Slika 12.7. V

$$V_{Ed} = 16,79\text{ kN}$$

C 30/37

 $V_{Ed} = 16,79 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 2129,31 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1.74 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.74$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 2129,31 / (1256,64) = 1,69 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 12\phi 14 = 18,48 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{18,48}{1256,64} = 0.0147$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.74 \cdot (100 \cdot 0.0147 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 1.69 \right] \cdot 200 \cdot 370$$

$$V_{Rd,c} = 73348,41 \text{ N} = 73,348 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.74^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.44$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 1,69 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.44 + 0,15 \cdot 1,69) \cdot 370 \cdot 200$$

$$V_{Rd,c} \geq 51319 \text{ N} = 51,32 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 16,79 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 370 \cdot 200 \cdot 20.0 = 390720 \text{ N} = 390,72 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 16,79 / 390,72 \approx 0.04 \Rightarrow V_{Ed} = 0.04 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 37 = 27.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{\max} = 27.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.001$$

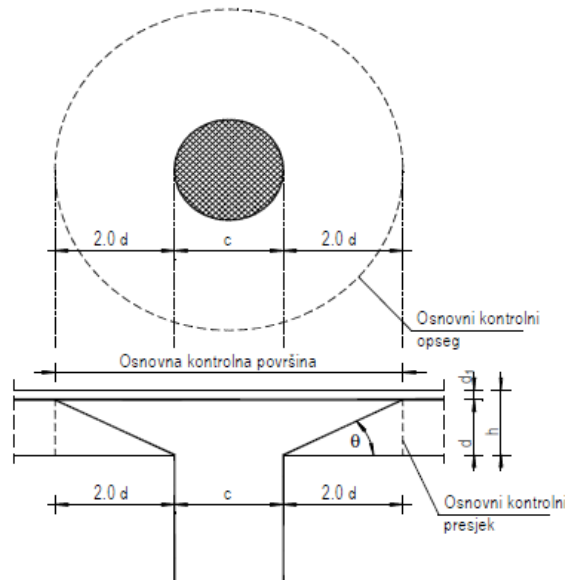
**Odabrani razmak spona je 20 cm, osim pri gornjoj i donjoj trećini**

**gdje su progušćene na razmak od 15 cm.**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 20 \cdot 20}{2} = 0.20 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone $\text{Ø}8/20 (A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2)$ -duž većeg dijela stupa Postaviti spone $\text{Ø}8/15 (A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2)$ -u gornjoj i donjoj trećini stupa
--

#### 12.1.1.4. Proračun stupa na proboj ploče



Slika 12.8. Proboj stupa kroz ploču

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

$v_{Ed}$  – računski poprečna sila po jedinici kritičnog opsega

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

$V_{Ed}$  – maksimalna uzdužna sila u kritičnom opsegu  $V_{Ed} = 2129,31 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega  $u_1 = (4d + c)\pi = (4 \cdot 27 + 40)\pi = 464,96 \text{ cm}$

$d$  – statička visina ploče  $d = 27 \text{ cm}$

$\beta$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek

Preporučene vrijedosti:

$\beta = 1.15$  za unutrašnje stupove → stup je unutrašnji

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu



$$v_{Ed} = 2129,31 \cdot \frac{1,15}{27 \cdot 464,94} = 0,195 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,195 \text{ kN/cm}^2$$

Budući je zadovoljen uvjet :  $v_{Ed} \leq V_{Rd,max}$  zadovoljena je nosivost ploče na proboj te je još potrebno utvrditi da li je ploču potrebno dodatno armirati armaturom za proboj ili odabrana poprečna armatura je dostatna.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet :

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{5,03 + 14,01}{3000} = 0,0063$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,0063^2} = 0,0063$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,86 \cdot (100 \cdot 0,0063 \cdot 30,0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,59 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.86^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.49$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.49 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.49 \text{ MPa} < 0.59 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0.59 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 1.95 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > V_{Rd,c} = 0.59 \text{ MPa}$$

Potrebno je postaviti armaturu za proboj:

$$A_{sw} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot V_{Rd,c}) \frac{d \cdot u}{f_{yd} \cdot \sin \alpha}$$

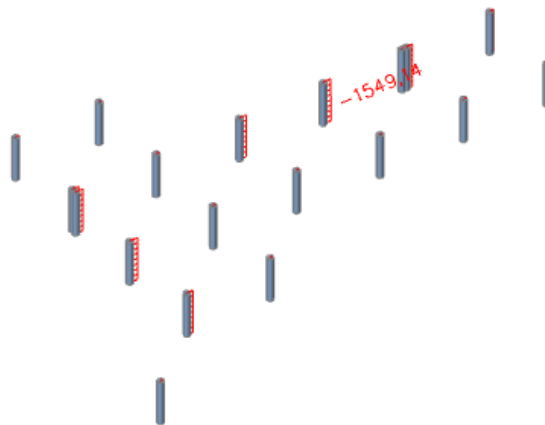
$$= (0.195 - 0.75 \cdot 0.059) \frac{27 \cdot 464.96}{(250 + 0.25 \cdot 270) / 10 \cdot \sin 45} = 84.3 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura za proboj : Postaviti jahače u krug probojnog opsega 16 $\phi$ 20

$$A_s = 100.48 \text{ cm}^2$$

#### 12.1.1.5. Kontrola naprezanja u stupu za GSU

Naprezanja u betonu za kombinaciju opterećenja za granično stanje uporabljivosti ograničavamo na vrijednost  $\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck}$



Slika 12.9. M-GSU

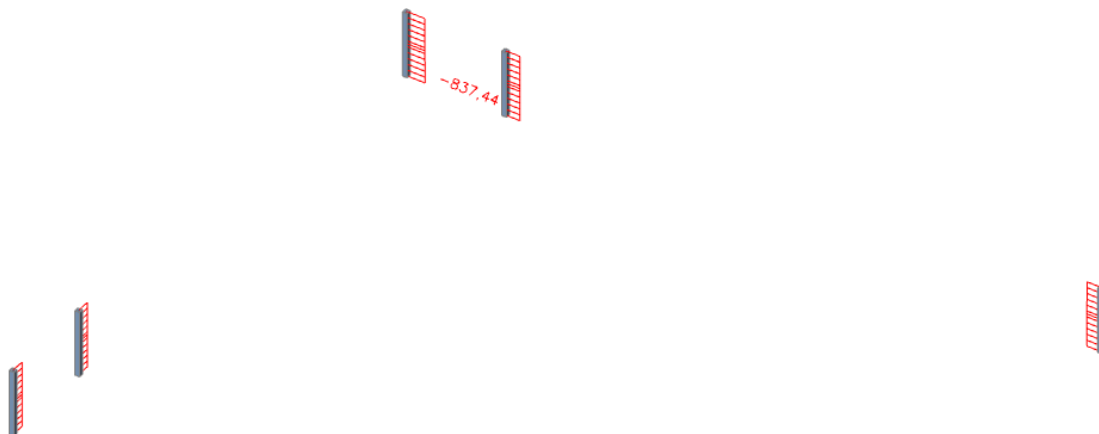
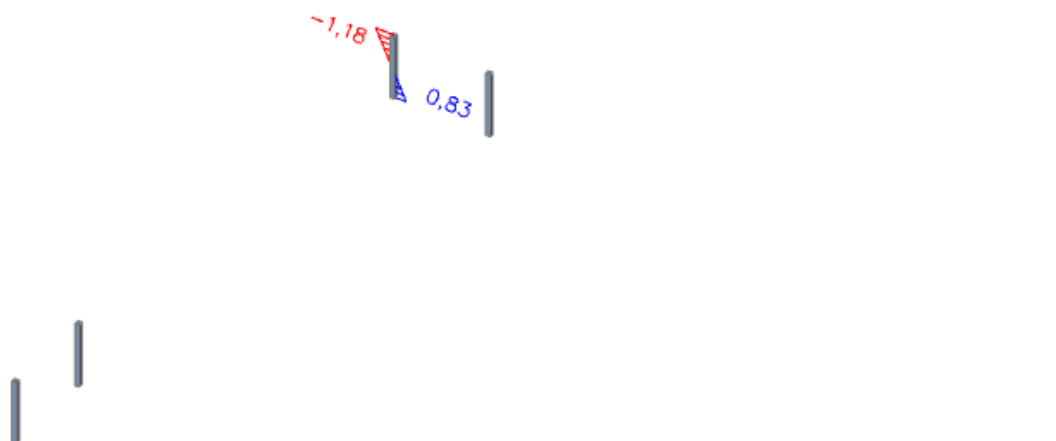
$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{1549.14}{\frac{40^2 \cdot \pi}{4}} = 1.23 \text{ kN/cm}^2 < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 3 = 1.35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

## 12.1.2. Proračun stupova pozicije S2

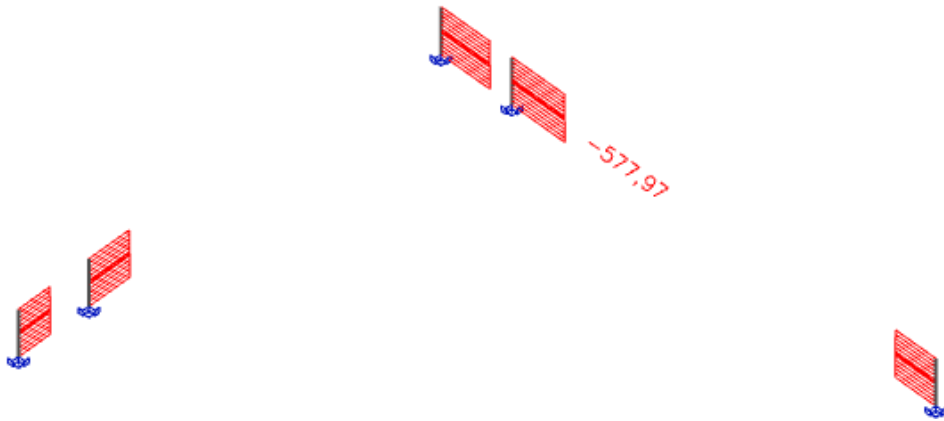
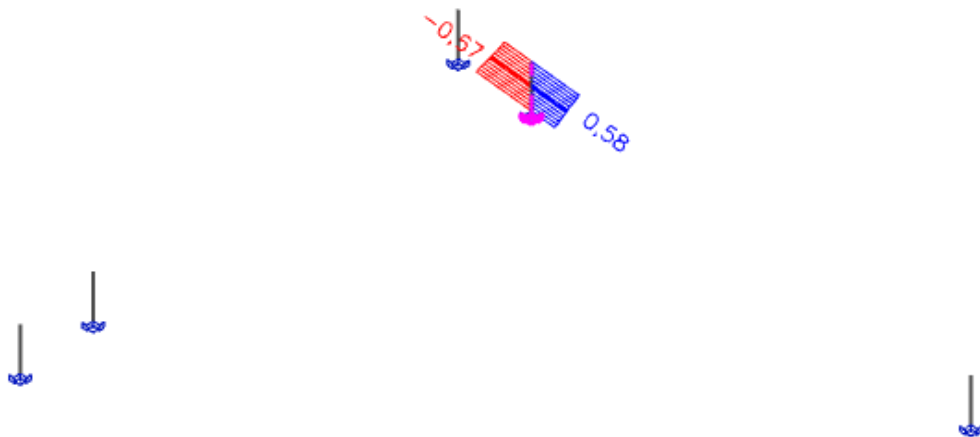
## 12.1.2.1. Rezne sile

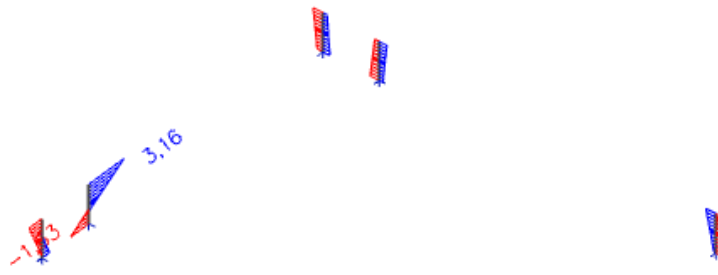
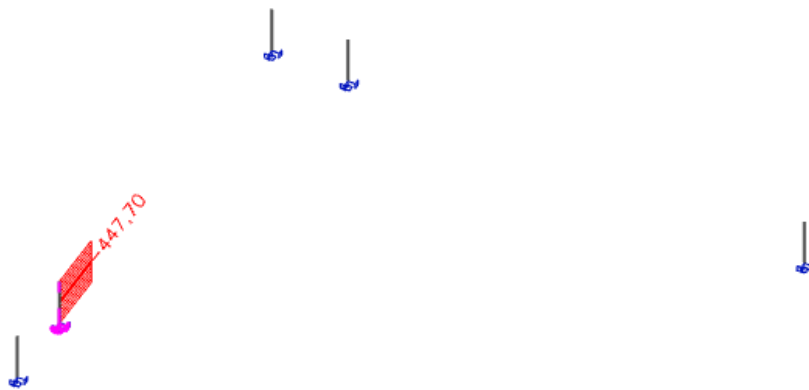
## ○ Uobičajena kombinacija

Slika 12.10.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz NSlika 12.11.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz MSlika 12.12.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz M

Slika 12.13.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$ 

- **Izvanredna kombinacija**

Slika 12.14.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$ Slika 12.15.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 12.16.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $M$

Slika 12.17.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$ 

### 12.1.2.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,00125 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 3,6 \text{ m} = 5,04 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,0003266 \cdot 1000}{3,92^2} = 1190 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitanj}$$

		$N(\text{kN})$	$M$ $I.\text{reda}(\text{kNm})$	$\psi$	$M$ $II.\text{reda}(\text{kNm})$
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-837,44	1,18	3,39E+00	4,00
	<b>Mmax,Nprip.</b>	-587,84	4,91	1,98E+00	9,72
	<b>Nmax,Mprip.</b>	-577,97	0,67	1,95E+00	1,30

***Izvanredna  
kombinacija***

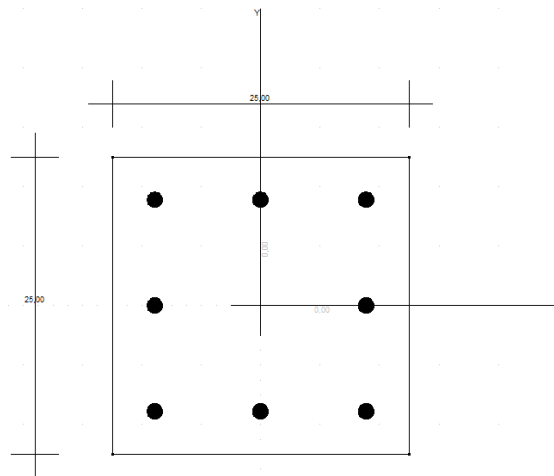
**Mmax,Nprip.**

-447,7

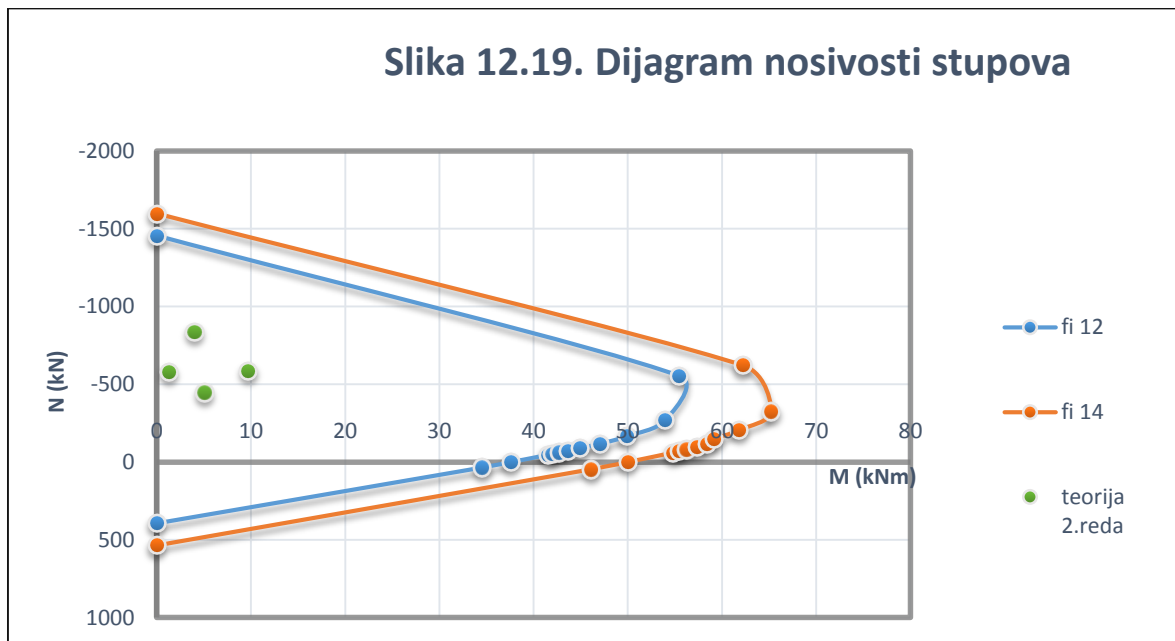
3,16

1,60E+00

5,07



Slika 12.18. Poprečni presjek stupa

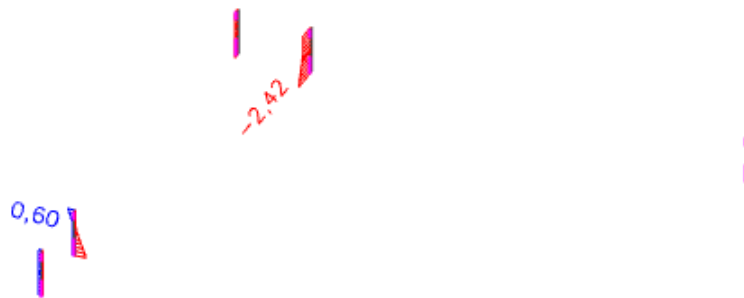


**Odabrana armatura u stupu: 8 $\phi$ 12 (9,04 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

12.1.2.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu

Slika 12.20. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 2,42 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 577,97 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.95$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 577,97 / (25 \cdot 25) = 0,92 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 8\phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{9,04}{25 \cdot 25} = 0.0145$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.0145 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.92 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 64416,03 \text{ N} = 64,42 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.92 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.52 + 0,15 \cdot 0,92) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 36190 \text{ N} = 36,19 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 2,42 \text{ kN}$$

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

$$\nu = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 2,42 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojiti će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 2,42 / 290,40 \approx 0.0083 \Rightarrow V_{Ed} = 0.0083 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

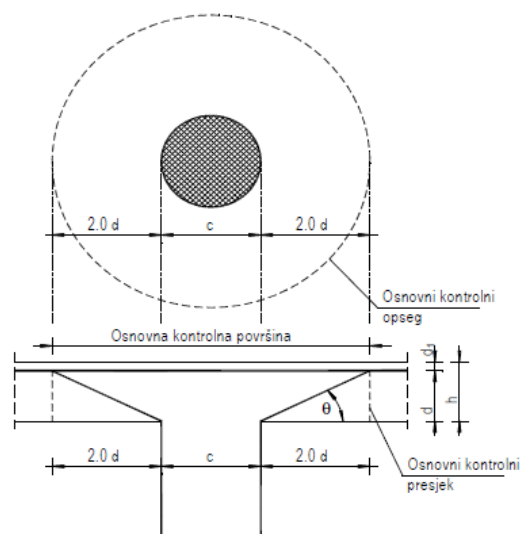
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spone Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 12.1.2.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 12.21. Proboj ploče kroz stup

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



$v_{Ed}$  – računska poprečna sila po jedinici kritičnog opsega

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

$V_{Ed}$  – maksimalna uzdužna sila u kritičnom opsegu  $V_{Ed} = 837,44 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega

$$u_1 = 4a + 2 \cdot 2d\pi = 4 \cdot 25 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot \pi = 313,63 \text{ cm}$$

$d$  – statička visina ploče  $d = 17 \text{ cm}$

$\beta$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek

Preporučene vrijedosti:

$\beta = 1.15$  za unutrašnje stupove  $\rightarrow$  stup je unutrašnji

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 837,44 \cdot \frac{1,15}{17 \cdot 313,63} = 0,18 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,18 \text{ kN/cm}^2$$

Budući je zadovoljen uvjet :  $v_{Ed} \leq V_{Rd,max}$  zadovoljena je nosivost ploče na proboj te je još potrebno utvrditi da li je ploču potrebno dodatno armirati armaturom za proboj ili odabrana poprečna armatura je dostatna.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{3,85 + 10,11}{2000} = 0,007$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,007^2} = 0,007$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.007 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,66 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,66 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,66 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 1,80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > V_{Rd,c} = 0,66 \text{ MPa}$$

Potrebno je postaviti armaturu za proboj:

$$A_{sw} = (v_{Ed} - 0,75 \cdot V_{Rd,c}) \frac{d \cdot u}{f_{yd} \cdot \sin \alpha}$$

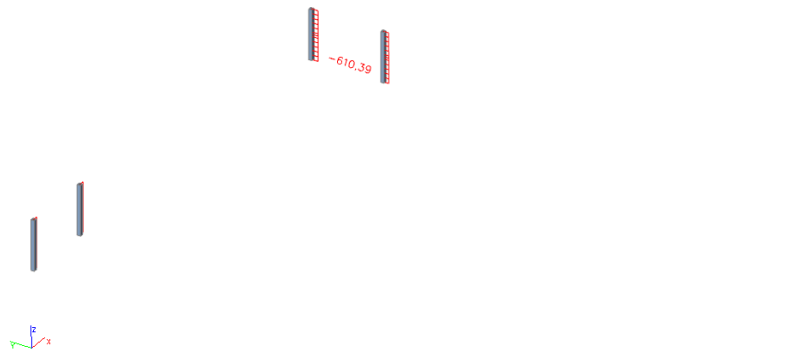
$$= (0,18 - 0,75 \cdot 0,066) \frac{17 \cdot 313,63}{(250 + 0,25 \cdot 170) / 10 \cdot \sin 45} = 33,64 \text{ cm}^2$$

*Odabrana armatura za proboj: Postaviti jahače u krugu probojnog opsega 12ϕ14*

$$A_s = 36,96 \text{ cm}^2$$

#### 12.1.2.5. Kontrola naprezanja u stupu za GSU

Naprezanja u betonu za kombinaciju opterećenja za granično stanje uporabljivosti ograničavamo na vrijednost  $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$

Slika 12.22.  $M$ -GSU

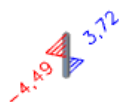
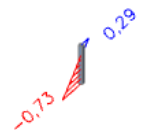
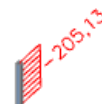
$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{610,39}{25 * 25} = 0,98 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

### 12.1.3. Proračun stupova pozicije S3

#### 12.1.3.1. Rezne sile

##### ○ Uobičajena kombinacija

Slika 12.23.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$ Slika 12.25.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 12.24.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 12.26.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$ 

○ Izvanredna kombinacija

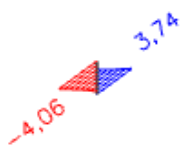
Slika 12.27.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$



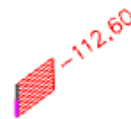
Slika 12.28.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$



Slika 12.29.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $M$



Slika 12.30.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$



12.1.3.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,00125 \text{ m}^4$$

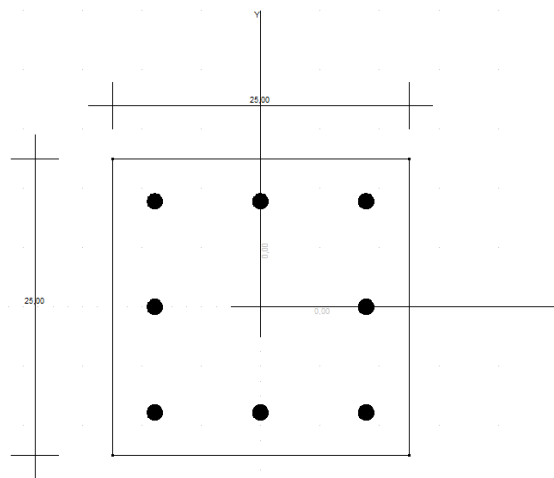
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,8 \text{ m} = 3,92 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,0003266 \cdot 1000}{3,92^2} = 1964 \text{ kN}$$

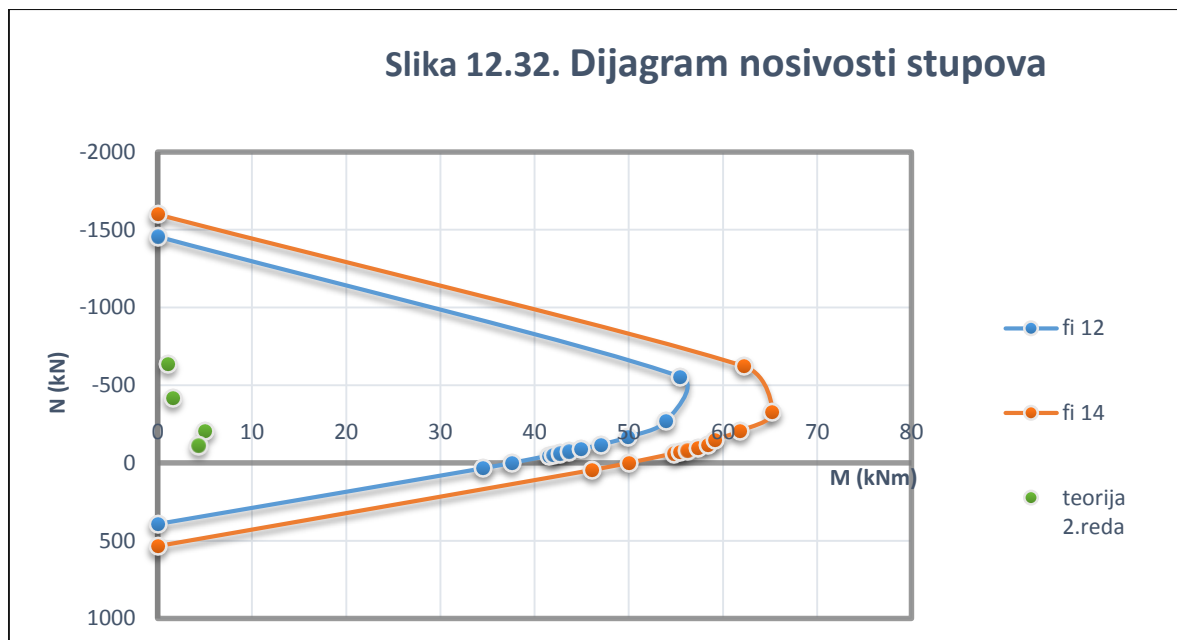
$$\psi = \frac{1}{1 - \gamma \cdot \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

		$N(kN)$	$M$ $I.reda(kNm)$	$\psi$	$M II.reda$ $(kNm)$
<i>Uobičajena kombinacija</i>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-635,27	0,73	1,47810E+00	1,08
	<b>Mmax,Nprip.</b>	-205,13	4,49	1,11662E+00	5,01
<i>Izvanredna kombinacija</i>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-416,23	1,26	1,268	1,60
	<b>Mmax,Nprip.</b>	-112,6	4,06	1,060	4,31



Slika 12.31. Poprečni presjek stupa



**Odabrana armatura u stupu: 8 $\phi$  12 (9,04 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

## 12.1.3.3. Dimenzioniranje stupa na poprečnu silu

2,93

0,37

Slika 12.33. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 2,93 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 205,13 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1,95 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,95$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 205,13 / (25 \cdot 25) = 0,33 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 8\phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{9,04}{25 \cdot 25} = 0,0145$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,95 \cdot (100 \cdot 0,0145 \cdot 30,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,33 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 5930103 \text{ N} = 59,30 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,95^{3/2} \cdot 30,0^{1/2} = 0,52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0,33 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,52 + 0,15 \cdot 0,33) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 31322,5 \text{ N} = 31,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 2,42 \text{ kN}$$

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

$$\nu = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 2,93 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojiti će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 2,42 / 290,40 \approx 0.0083 \Rightarrow V_{Ed} = 0.0083 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

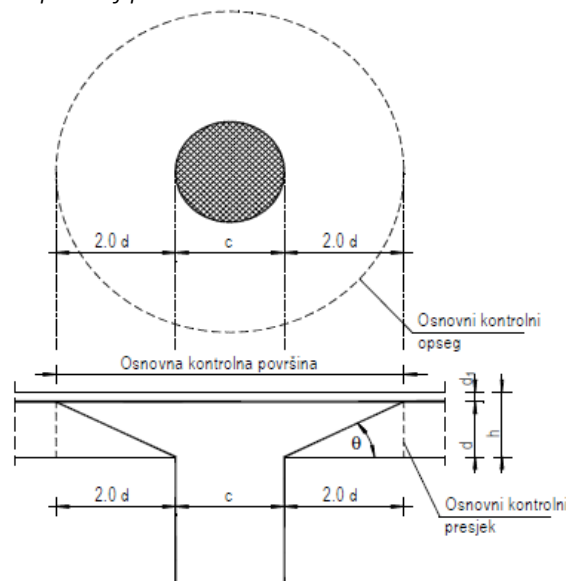
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spone Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 12.1.3.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 12.34. Proboj stupa kroz ploču

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

$v_{Ed}$  – računska poprečna sila po jedinici kritičnog opsega

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

$V_{Ed}$  – maksimalna uzdužna sila u kritičnom opsegu  $V_{Ed} = 635,27 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega

$$u_1 = 4a + 2 \cdot 2d\pi = 4 \cdot 25 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot \pi = 313,63 \text{ cm}$$

$d$  – statička visina ploče  $d = 17 \text{ cm}$

$\beta$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritičan presjek

Preporučene vrijedosti:

$\beta = 1.15$  za unutrašnje stupove  $\rightarrow$  stup je unutrašnji

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 635,27 \cdot \frac{1,15}{17 \cdot 313,63} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$$

Budući je zadovoljen uvjet :  $v_{Ed} \leq V_{Rd,max}$  zadovoljena je nosivost ploče na proboj te je još potrebno utvrditi da li je ploču potrebno dodatno armirati armaturom za proboj ili odabrana poprečna armatura je dostatna.

Armatura za osiguranje od proboja neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet :



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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{3,85 + 6,36}{2000} = 0,005$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,005^2} = 0,005$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.005 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,59 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,88 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,88 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 1,40 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > V_{Rd,c} = 0,59 \text{ MPa}$$

Potrebno je postaviti armaturu za proboj:

$$A_{sw} = (v_{Ed} - 0,75 \cdot V_{Rd,c}) \frac{d \cdot u}{f_{yd} \cdot \sin \alpha}$$

$$= (0,14 - 0,75 \cdot 0,059) \frac{17 \cdot 313,63}{(250 + 0,25 \cdot 170) / 10 \cdot \sin 45} = 24,7 \text{ cm}^2$$

*Odabrana armatura za proboj: Postaviti jahače u krugu probojnog opsega 8φ14*

$$A_s = 26,7 \text{ cm}^2$$

## 12.1.3.5. Kontrola naprezanja u stupu za GSU

Naprezanja u betonu za kombinaciju opterećenja za granično stanje uporabljivosti ograničavamo na vrijednost  $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$



Slika 12.35. M-GSU

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{465,65}{25 * 25} = 0,75 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

## 12.1.4. Proračun stupa pozicije S4

**EC-EN 1993 Steel check ULS**

Linear calculation  
 Class: GSN-LEŽAJ  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: B26  
 Filter: Cross-section = CS4 - RHS (250; 250; 5; 7; 2)

**EN 1993-1-1 Code Check**

National annex: Standard EN

<b>Member B26</b>	<b>3,600 / 3,600 m</b>	<b>RHS (250; 250; 5; 7; 2)</b>	<b>S 355</b>	<b>GSN-LEŽAJ</b>	<b>0,18 -</b>
-------------------	------------------------	--------------------------------	--------------	------------------	---------------

**Combination key**

GSN-LEŽAJ / 1.35\*Vlastita težina + 1.50\*Pokretno opterećenje + 1.35\*Dodatno stalno + 0.90\*Vjetar Xsmjer

**Partial safety factors**

$\gamma_{M0}$ for resistance of cross-sections	1,00
$\gamma_{M1}$ for resistance to instability	1,00
$\gamma_{M2}$ for resistance of net sections	1,25

**Material**

Yield strength $f_y$	355,0	MPa
Ultimate strength $f_u$	490,0	MPa
Fabrication	Rolled	

...:SECTION CHECK:...

The critical check is on position 3,600 m

Internal forces	Calculated	Unit
$N_{Ed}$	278,68	kN
$V_{y,Ed}$	-1,07	kN
$V_{z,Ed}$	0,10	kN
$T_{Ed}$	-0,01	kNm
$M_{y,Ed}$	0,40	kNm
$M_{z,Ed}$	-2,52	kNm

**Classification for cross-section design**

Classification according to EN 1993-1-1 article 5.5.2

Classification of Internal and Outstand parts according to EN 1993-1-1 Table 5.2 Sheet 1 &amp; 2

Id	Type	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_{\alpha}$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Class 1 Limit [-]	Class 2 Limit [-]	Class 3 Limit [-]	Class
1	I	236	5	-5,789e+04	-7,150e+04								
3	I	236	5	-7,172e+04	-6,955e+04								
5	I	236	5	-6,925e+04	-5,564e+04								
7	I	236	5	-5,542e+04	-5,759e+04								

**Note:** The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.

The cross-section is classified as Class 1

**Tension check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.3 and formula (6.5)

A	4,3832e-03	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	1556,03	kN
$N_{u,Rd}$	1546,39	kN
$N_{t,Rd}$	1546,39	kN
Unity check	0,18	-

**Bending moment check for  $M_y$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.13)

$W_{pl,y}$	4,0243e-04	m <sup>3</sup>
$M_{pl,y,Rd}$	142,86	kNm
Unity check	0,00	-

**Bending moment check for  $M_z$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.13)

$W_{pl,z}$	4,0243e-04	m <sup>3</sup>
$M_{pl,z,Rd}$	142,86	kNm
Unity check	0,02	-

**Shear check for  $V_y$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.17)

$\eta$	1,20	
$A_v$	2,1916e-03	m <sup>2</sup>
$V_{pl,y,Rd}$	449,19	kN
Unity check	0,00	-

**Shear check for  $V_x$** 

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.17)

$\eta$	1,20	
$A_v$	2,1916e-03	m <sup>2</sup>
$V_{x,Ed}$	449,19	kN
Unity check	0,00	-

**Torsion check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.7 and formula (6.23)

Fibre	1	
$T_{Ed}$	0,0	MPa
$T_{Rd}$	205,0	MPa
Unity check	0,00	-

**Note:** The unity check for torsion is lower than the limit value of 0,05. Therefore torsion is considered as insignificant and is ignored in the combined checks.

**Combined bending, axial force and shear force check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.9.1 and formula (6.41)

$M_{x,y,Ed}$	142,86	kNm
$\alpha$	1,72	
$M_{x,z,Ed}$	142,86	kNm
$\beta$	1,72	

Unity check (6.41) = 0,00 + 0,00 = 0,00 -

**Note:** Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.

**Decision tables for combined section check**

Force presence	
Axial force $N_{Ed}$	Present
Shear force $V_{y,Ed}$	Not significant
Shear force $V_{z,Ed}$	Not significant
Torsional moment $T_{Ed}$	Not significant
Bending moment $M_{y,Ed}$	Present
Bending moment $M_{z,Ed}$	Present
Significant shear force without corresponding bending moment	No
Warping data	Not present or negligible

Check inputs	
Classification is supported	Yes
Section classification	Class 1
Elastic verification is set by the user	No
Plastic shear formula is available	Yes
Combined bending and axial force formula is available	Yes
Combined bending and axial force check can be calculated	Yes

**Selected check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.9.1 and formula (6.41)

The member satisfies the section check.

**...:STABILITY CHECK:...:****Classification for member buckling design**

Decisive position for stability classification: 0,000 m

Classification according to EN 1993-1-1 article 5.5.2

Classification of Internal and Outstand parts according to EN 1993-1-1 Table 5.2 Sheet 1 &amp; 2

Id	Type	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_{\sigma}$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Class 1 Limit [-]	Class 2 Limit [-]	Class 3 Limit [-]	Class
1	I	236	5	-6,686e+04	-5,976e+04								
3	I	236	5	-5,962e+04	-5,940e+04								
5	I	236	5	-5,954e+04	-6,663e+04								
7	I	236	5	-6,677e+04	-6,699e+04								

**Note:** The Classification limits have been set according to Semi-Comp+.

The cross-section is classified as Class 1

**Lateral Torsional Buckling check**

According to EN 1993-1-1 article 6.3.2.1

**Note:** The cross-section concerns an RHS section with 'h / b < 10 /  $\lambda_{rel,z}$ '.

This section is thus not susceptible to Lateral Torsional Buckling.

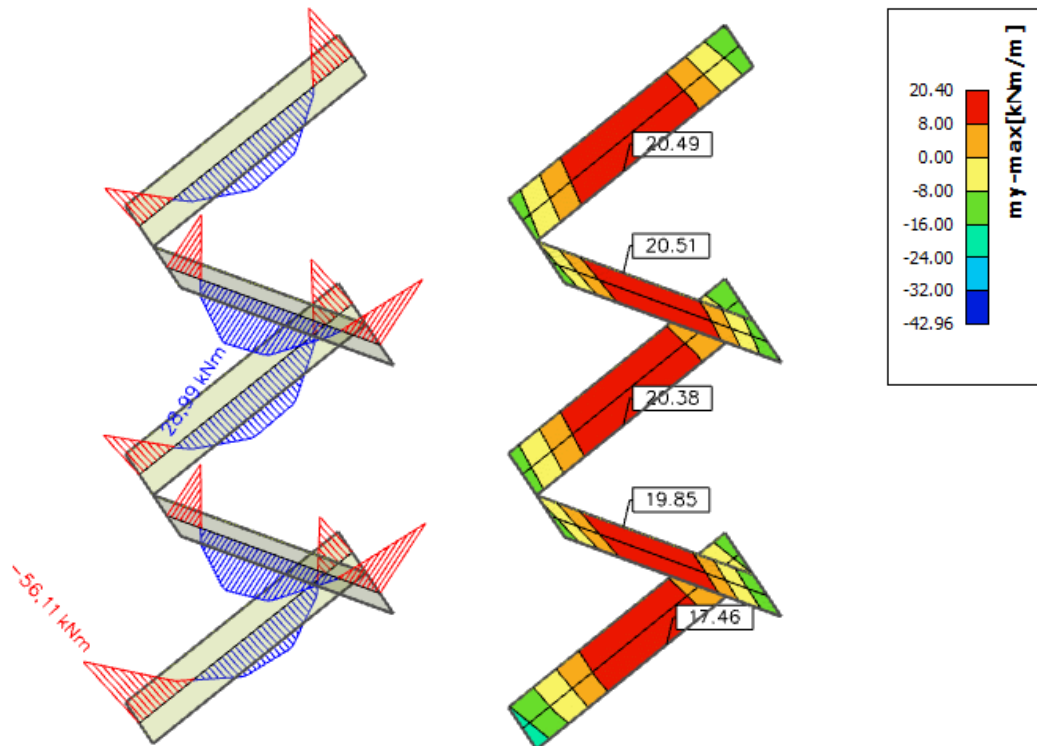
LTB additional parameters		
Minimal z coordinate $z_{min}$	-125	mm
Maximal z coordinate $z_{max}$	125	mm
Relative slenderness $\lambda_{rel,z}$	0,24	
End moment ratio $\psi$	0,10	

LTB additional parameters		
Equivalent point load F	0,00	kN
Equivalent line load q	0,00	kN/m
Difference with M	0,00	kNm
Difference with F	0,00	kNm
Difference with q	0,00	kNm
Resulting load type	linear moment M	

The member satisfies the stability check.

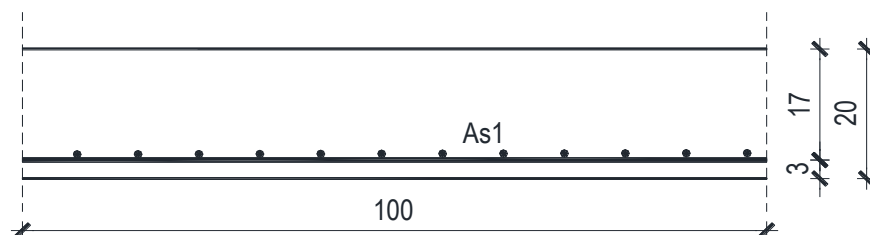
## 13. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

### 13.1. Dimenzioniranje stubišta 1



Slika 13.1. Prikaz momenta na stubištu 1

#### ➤ Proračun u polju



$$M_{Ed} = 28.99 \text{ kNm/m}$$

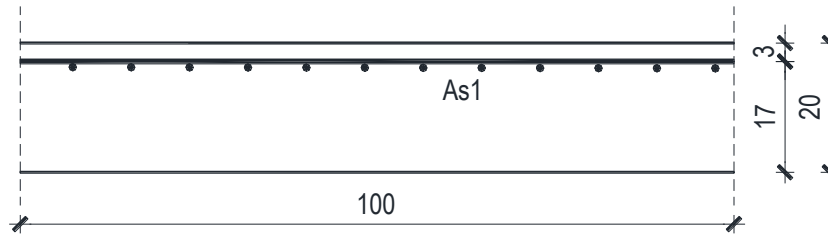
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2899}{140 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,036$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2899}{0,965 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,06 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2$ )

➤ Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)



$$M_{Ed} = 56,11 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5611}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,069$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7\text{‰} \quad \zeta = 0,948$$

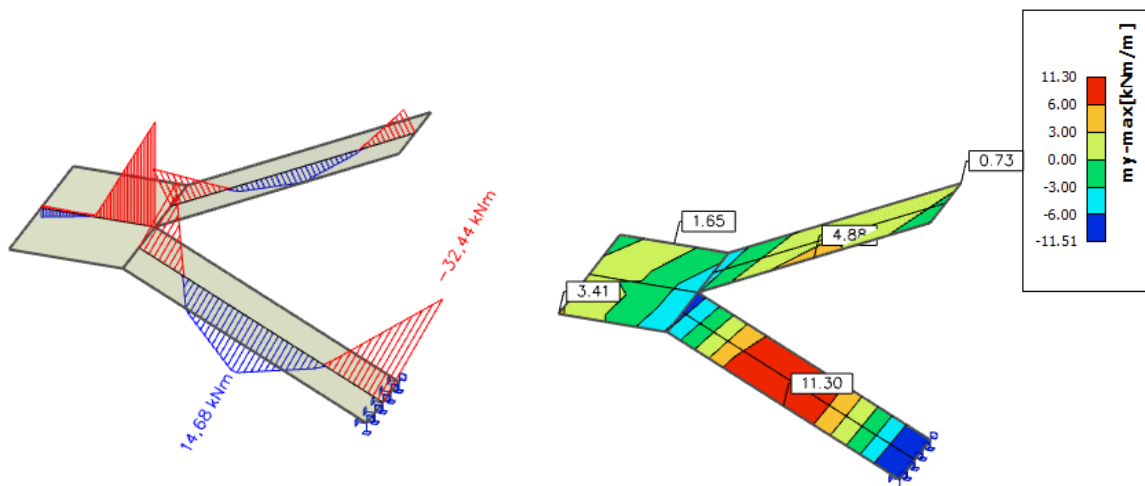
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5611}{0,948 \cdot 17 \cdot 43,48} = 8,01 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{min} = 0,1\%b \cdot h = 0,1 \cdot 140 \cdot \frac{20}{100} = 2,8 \text{ cm}^2$$

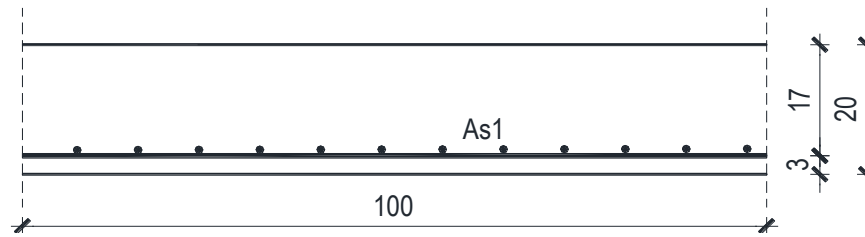
$$A_{max} = 2,0\%b \cdot h = 2,0 \cdot 140 \cdot \frac{20}{100} = 56 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ12 (A<sub>s</sub> = 10,11 cm<sup>2</sup>/m')**

13.2. Dimenzioniranje stubišta 2



Slika 13.2. Prikaz momenta na stubištu 2

➤ Proračun u polju

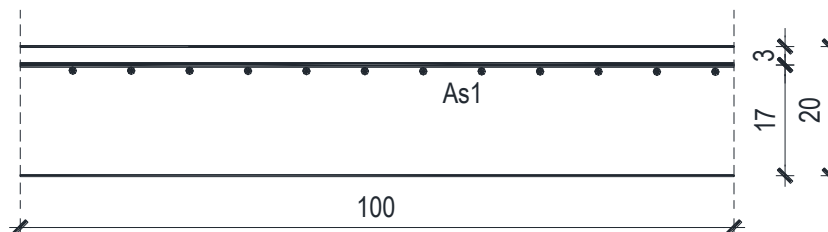
$$M_{Ed} = 14,68 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14,68}{130 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,02$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,8\text{‰} \quad \zeta = 0,975$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2899}{0,975 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,04 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2$ )

➤ Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)

$$M_{Ed} = 32,44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3244}{130 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,043$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,2\text{‰} \quad \zeta = 0,932$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3244}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{min} = 0,1\% b \cdot h = 0,1 \cdot 130 \cdot \frac{20}{100} = 2,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{max} = 2,0\% b \cdot h = 2,0 \cdot 130 \cdot \frac{20}{100} = 52 \text{ cm}^2$$

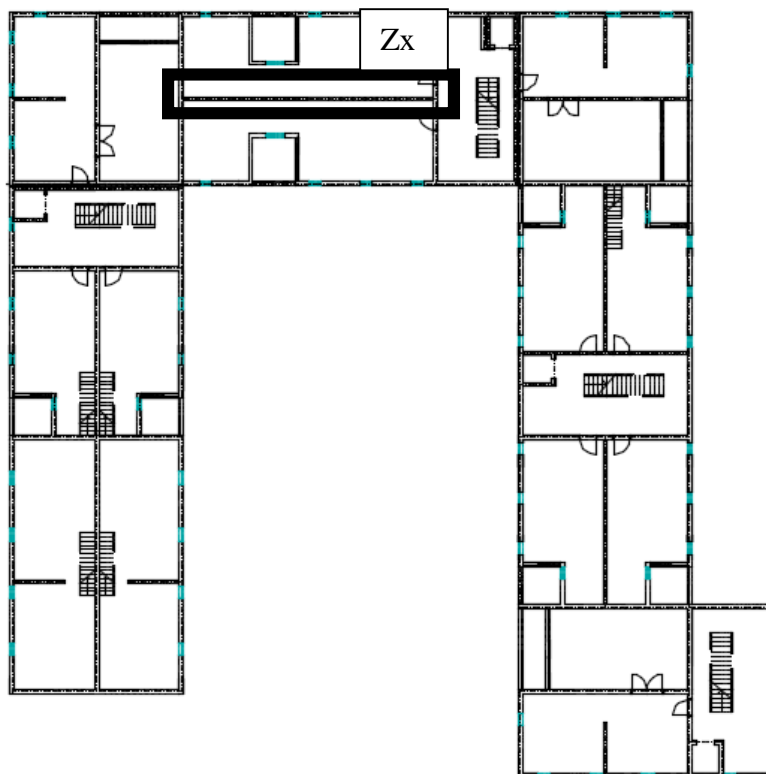
ODABRANA ARMATURA: R – 785 + 2ϕ12 ( $A_s = 10,11 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 14. PRORAČUN ZIDOVA

Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za karakteristična zida, jedan u smjeru X drugi u smjeru Y. Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 25 cm od betona C30/37, armirani sa B500B te debljine zaštitnog sloja od 2 cm.

Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile  $M, N$  i  $V$ . Budući s vrijdnosti poprilično ujednačene na svim zidovima za sve je usvojena proračunata armatura u ova dva zida. Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprazanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.

### 14.1. Proračun zida u smjeru X

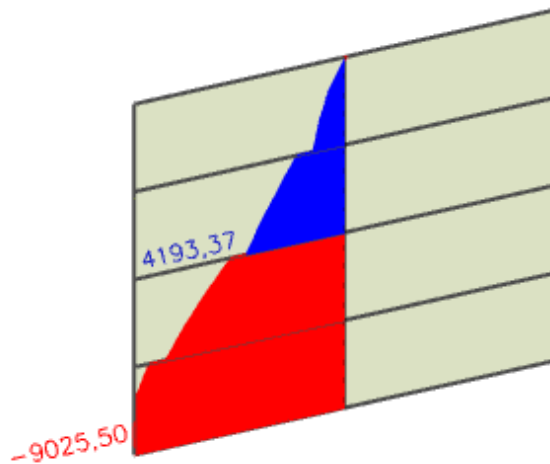


*Slika 14.1. Položaj proračunatog zida u smjeru X*

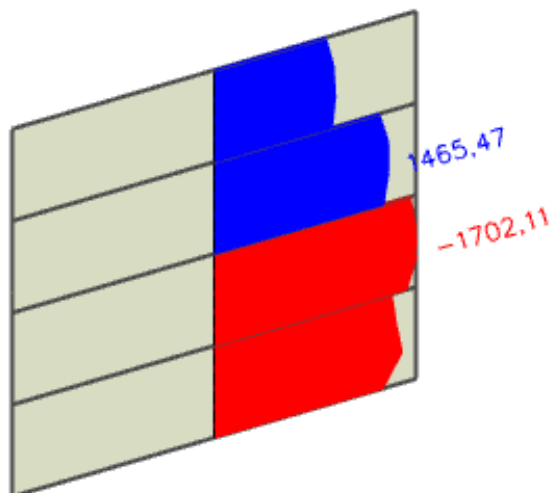


**Uobičajena kombinacija:**

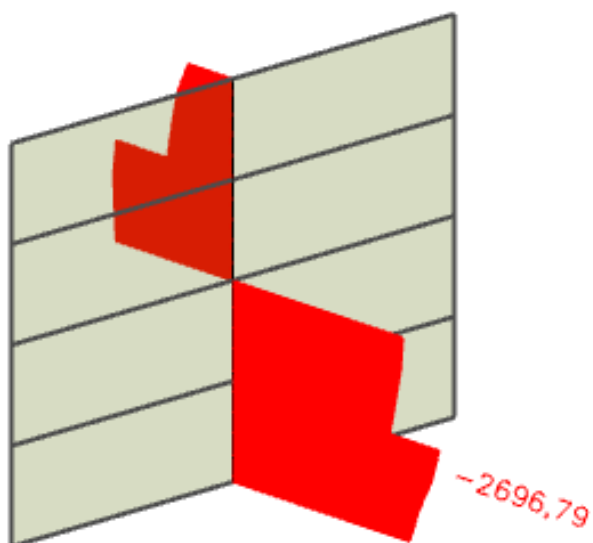
*Slika 14.2. M*



*Slika 14.3. V*



*Slika 14.4. N*



**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

N <sub>ed</sub> (kN)	1950,8
Debljina zida b (cm)	25
Duljina zida l(cm)	1090
f <sub>cd</sub> (kN/cm <sup>2</sup> )	2

$$v_d \quad 0,03579 \quad < \quad 0,4$$

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m} ; h_s / 20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata

 $h_s$ 

2,6 m

→

 $b_{w0} \geq$ 

0,15 m

za debljinu zida od

25 cm

**Proračun zida na savijanje****Provjera vitkosti zida:**visina zida h<sub>w</sub> 1400 cmduljina zida l<sub>w</sub> 1090 cm

$$\frac{h_w}{l_w} =$$

1,2844 &lt; 2

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja budući zid nije vitak

**Geometrijske karakteristike zida:**

Duljina zida l <sub>w</sub>	1090 cm
Debljina zida b <sub>w</sub>	25 cm
Visina zida h <sub>w</sub>	1400 cm
d <sub>1</sub>	3 cm
d	1087 cm
f <sub>cd</sub>	2 kN/cm <sup>2</sup>

**Rezne sile:**

Med	6843,8 kNm
Ned	1234,5 kN
Ved	1591,4 kN
f <sub>ck</sub>	30 Mpa
f <sub>yd</sub>	500 MPa

f <sub>yd</sub>	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
ε <sub>s1</sub>	10 ‰

**Jednostruko armiranje**

ω	2,6844
ρ	0,0037
ξ	0,0758
ζ	0,9737
As <sub>1</sub>	1,017 cm <sup>2</sup>
As <sub>2</sub>	0,00 cm <sup>2</sup>

M <sub>E<sub>ds</sub></sub>	13534,86 kNm
ε <sub>s1</sub>	10 ‰
ε <sub>c2</sub>	0,82 ‰
M <sub>rd,lim</sub>	94027,12 kNm
μ <sub>Ed</sub>	0,0222176

## Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min}=0,002A_c$   
 $A_{sv,min}$  5  $\text{cm}^2/\text{m}$   
 Odabrano: 6,7  $\text{cm}^2/\text{m}$  (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00268$$

### Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(\text{Mpa})}{250}\right) = 0,528$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$\text{tg}\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 872 \text{ cm}$$

$V_{Rd,max} = 4604,16 > 1591,38$  Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu

### Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,394543$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta}$$

$$\rho_h > 0,00168$$

$$\rho_{h_{min}} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h_{min}} > 0,001$$

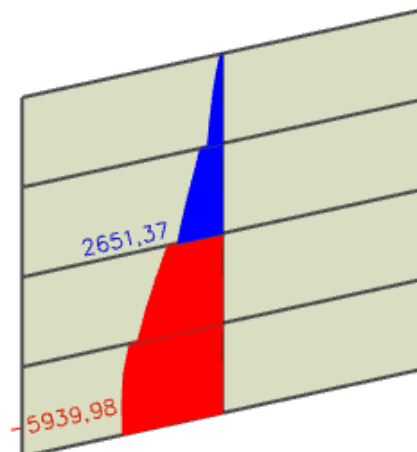
$$\rho_h > 0,00168$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

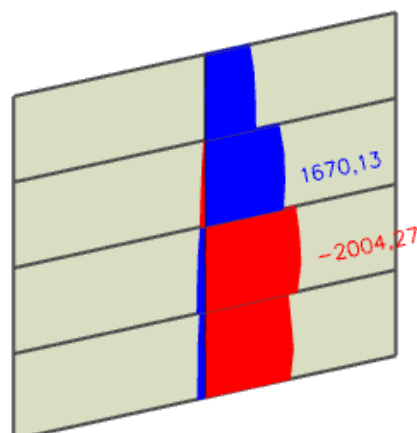
$A_h$       4,19745     $\text{cm}^2/\text{m}$       Odabrana poprečna armatura zadovoljava  
 Odabrano:      6,7       $\text{cm}^2/\text{m}$       (obostrano) Q335

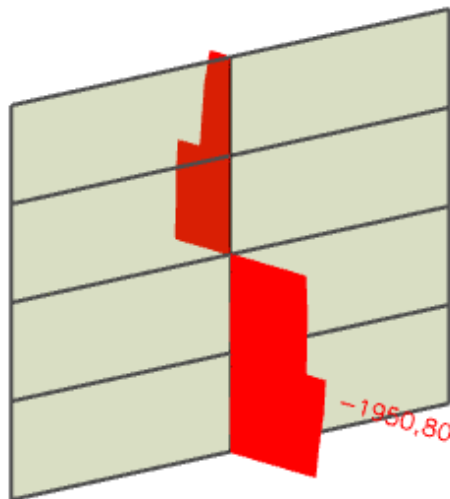
### Izvanredna kombinacija:

Slika 14.5. **M**



Slika 14.6. **V**



Slika 14.7. **N****Izračun visine kritičnog područja**

<b>n</b>	<b>6</b>	Broj katova
<b>Hw</b>	1760 cm	Ukupna visina zgrade
<b>hs</b>	260 cm	Svijetla visina kata
<b>lw</b>	1622,5 cm	Duljina zida
1) $h_{cr} = \max(lw ; Hw/6)$	<b>1622,5 cm</b>	
	<b>2lw</b>	<b>3245 cm</b>
2) $h_{cr} \leq$	$\left\{ \begin{array}{l} \hs \\ 2 \hs \end{array} \right.$	<b>hs</b> 260 cm za $n \leq 6$ katova
		<b>2 hs</b> 520 cm za $n \geq 7$ katova
<b>hcr =</b>	<b>260 cm</b>	

**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**  $\alpha = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$ 

$N_{Ed}$ (kN)	1950,8
Debljina zida $b$ (cm)	25
Duljina zida $l$ (cm)	1622,5
$f_{cd}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	2

$$v_d \quad 0,02405 \quad < \quad 0,4$$

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m}; h_s/20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata

 $h_s$ 

2,6 m

→

$$b_{w0} \geq 0,15 \text{ m}$$

za debljinu zida od 25 cm  
zadovoljava**Proračun zida na savijanje****Provjera vitkosti zida:**

visina zida $h_w$	1120 cm	$\frac{h_w}{l_w} =$	0,69029	<	2
duljina zida $l_w$	1622,5 cm				

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnicu momenata savijanja budući zid nije vitak

**Geometrijske karakteristike zida:**

Duljina zida $l_w$	1622,5 cm
Debljina zida $b_w$	25 cm
Visina zida $h_w$	1120 cm
$d_1$	3 cm
$d$	1619,5 cm
$f_{cd}$	2 kN/cm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$M_{Eds}$	21707,32 kNm
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$\epsilon_{c2}$	0,71 ‰
$M_{rd,lim}$	208716,11 kNm
$\mu_{Ed}$	0,0172745

**Rezne sile:**

$M_{ed}$	5940 kNm
$N_{ed}$	1950,8 kN
$V_{ed}$	2004,3 kN
$f_{ck}$	30 MPa
$f_{yd}$	500 MPa

**Jednostruko armiranje**

$\omega$	2,0799
$\rho$	-0,0329
$\xi$	0,0664
$\zeta$	0,9771
$A_{s1}$	-13,318 cm <sup>2</sup>
$A_{s2}$	0,00 cm <sup>2</sup>

**Proračun zida na poprečnu silu**

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sv,min}=0,002A_c$$

 $A_{sv,min}$  5 cm<sup>2</sup>/mOdabrano: 6,7 cm<sup>2</sup>/m (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00268$$

**Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) \quad 0,528$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

1298 cm

$V_{Rd,max} \quad 6853,44 \quad > \quad 2004,27 \text{ kN}$  Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu

**Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,1826603$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00142$$

$$\rho_{h,min} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h,min} > 0,001$$

$$\rho_h > 0,00142$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

$A_h$  3,55148 cm<sup>2</sup>/m Odabrana poprečna armatura zadovoljava  
 Odabrano: 6,7 cm<sup>2</sup>/m (obostrano) Q335

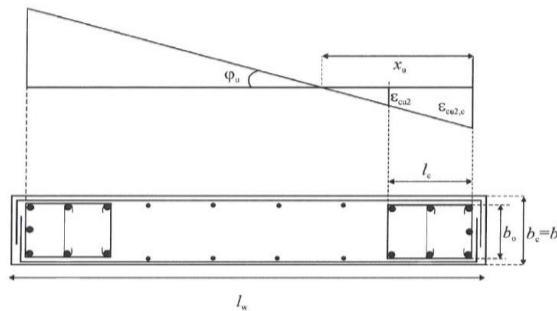
**Za klasu duktilnosti M nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem!**

### Detaljiranje lokalne duktilnosti

Pretpostavljene vrijednosti:

Debljina zaštitnog sloja: 2 cm  
 Promjer vilice:  $\phi$  1 cm

- $b_0$  širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)
- $b_c$  bruto širina ovijene jezgre
- $x_u$  visina neutralne osi
- $\epsilon_{cu2}$  granična deformacija neovijenog betona
- $\epsilon_{cu2,c}$  granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0,0035
- $\alpha$  faktor učinkovitosti ovijanja
- $\omega_{wd}$  mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



$$b_0 = b_c - 2 \cdot d_{zs} - 2 \cdot \phi / 2 = 20 \text{ cm}$$

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

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00268 \quad A_{sv}\text{-ukupna površina vertikalne armature u hrptu zida}$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,0583 \quad \omega_v\text{-mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2,c}}$$

$$\epsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \epsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$



$$\begin{array}{ll} T_1 & 0,156 \\ T_c & 0,4 \\ q_0 & 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{koeficijent duktilnosti s obzirom} & \mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \\ \text{na zakrivljenost} & \mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{ako je } T_1 > T_c \\ \text{ako je } T_1 < T_c \end{array}$$

$$\mu_\varphi = 11,256$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0,0021739$$

$$\begin{array}{ll} \alpha \cdot \omega_{vd} = & 0,04053 \\ \varepsilon_{cu2,c} & 0,00755 \\ \bar{x}_u = & 166,93 \text{ cm} \\ h_0 = & 89,5751 \text{ cm} \end{array}$$

$l_c$  duljina ovijenog rubnog elementa

$$l_c \geq \{0,15l_w ; 1,50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$\begin{array}{ll} 0,15l_w = & 243,375 \text{ cm} \\ 1,50b_w = & 37,5 \text{ cm} \\ h_0 = & 89,58 \text{ cm} \end{array} \quad l_c = 243,38 \text{ cm}$$

**Odabrana duljina rubnog elementa:** 250 cm

**Odabrana armatura** 40,04 cm<sup>2</sup> (26φ14) Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,min} = 0,5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 31,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4,0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 250 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne armature

### Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Najmanji promjer spona je Φ6 mm

Odabrani promjer spona: 1 cm As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura:  
promjer 14 mm

$d_{bl}$ - najmanji promjer između odabranih šipki 1,4 cm

Razmak spona  $s_w \leq (8 \cdot d_{bl}; \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm})$  10 cm

Odabrani razmak spona: 10 cm

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,04053$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \rightarrow \text{faktor učinkovitosti ovijanja} \quad \alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}$$

$\alpha_n, \alpha_s \rightarrow$  gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 0,653$$

$$\alpha_s = 0,735$$

$$\alpha = 0,480$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 0,041 \quad \rightarrow$$

$$\omega_{wd} \geq$$

$$0,084$$

$$> 0,08$$

Duljina spona:

$$540 \text{ cm}$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

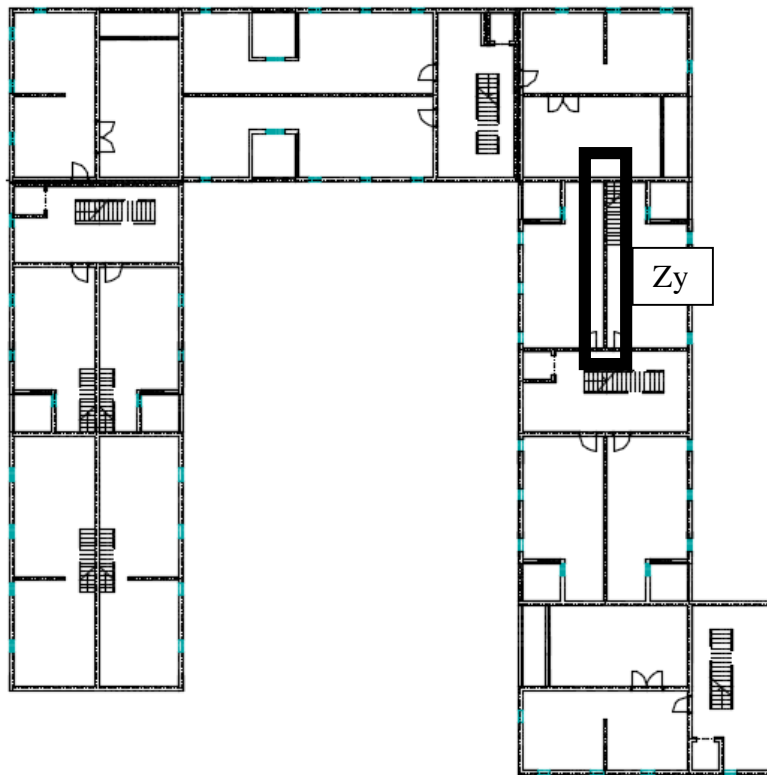
$$\alpha \cdot \omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} =$$

$$0,184$$

>

$$0,084$$

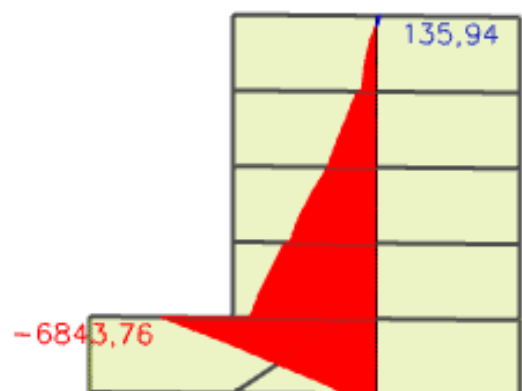
obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

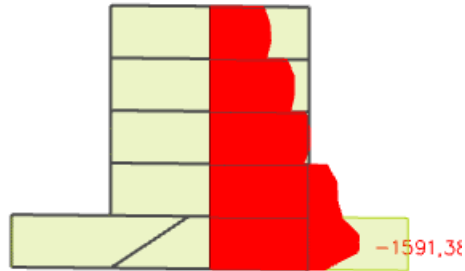
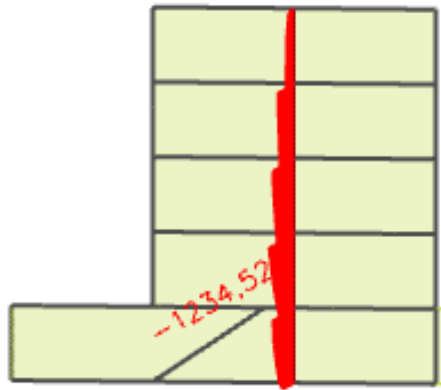
14.2. Proračun zida u smjeru Y

Slika 14.8. Prikaz položaja proračunatog zida u smjeru Y

**Uobičajena kombinacija:**

Slika 14.9. **M**



Slika 14.10. **V**Slika 14.11. **N****Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

N <sub>Ed</sub> (kN)	1950,8
Debljina zida b (cm)	25
Duljina zida l(cm)	1090
f <sub>cd</sub> (kN/cm <sup>2</sup> )	2

$$v_d = 0,03579 < 0,4$$

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m} ; h_s / 20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata

 $h_s$ 

2,6 m

→

 $b_{w0} \geq$ 

0,15 m

za debljinu zida od

25 cm

## Proračun zida na savijanje

### Provjera vitkosti zida:

visina zida $h_w$	1400 cm	$\frac{h_w}{l_w} =$	1,2844	<	2
duljina zida $l_w$	1090 cm				

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnicu momenata savijanja budući zid nije vitak

### Geometrijske karakteristike zida:

Duljina zida $l_w$	1090 cm
Debljina zida $b_w$	25 cm
Visina zida $h_w$	1400 cm
$d_1$	3 cm
$d$	1087 cm
$f_{cd}$	2 kN/cm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$M_{Eds}$	13534,86 kNm
$\epsilon_{s1}$	10 ‰
$\epsilon_{c2}$	0,82 ‰
$M_{rd,lim}$	94027,12 kNm
$\mu_{Ed}$	0,0222176

### Rezne sile:

Med	6843,8 kNm
Ned	1234,5 kN
Ved	1591,4 kN
$f_{ck}$	30 Mpa
$f_{yd}$	500 MPa

### Jednostruko armiranje

$\omega$	2,6844
$\rho$	0,0037
$\xi$	0,0758
$\zeta$	0,9737
$A_{s1}$	1,017 cm <sup>2</sup>
$A_{s2}$	0,00 cm <sup>2</sup>

## Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:

$$A_{sv,min} = 0,002A_c$$

$A_{sv,min}$	5 cm <sup>2</sup> /m
Odabrano:	6,7 cm <sup>2</sup> /m (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00268$$

### Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,528$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 872 \text{ cm}$$

$V_{Rd,max} = 4604,16 > 1591,38$  Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu

**Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:**

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,394543$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00168$$

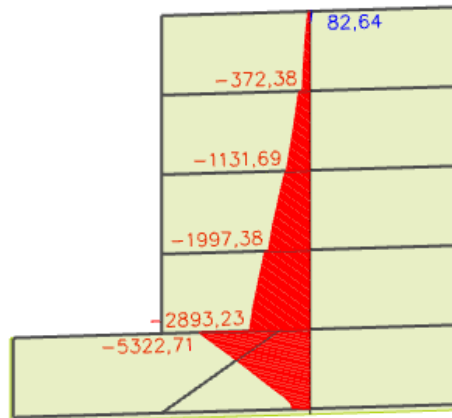
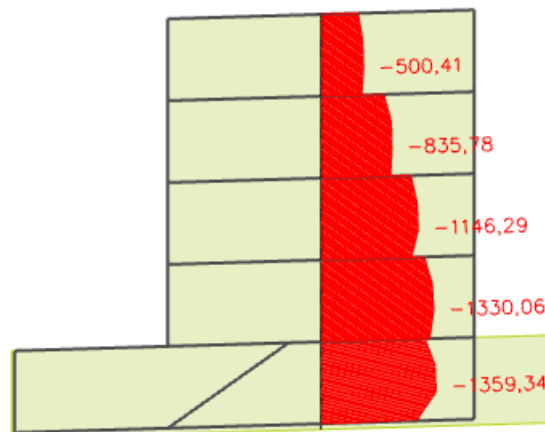
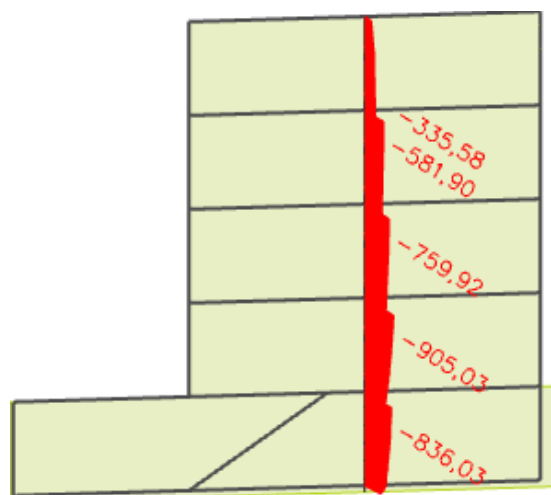
$$\rho_{h,min} > \max(0,001; 0,25\rho_v)$$

$$\rho_{h,min} > 0,001$$

$$\rho_h > 0,00168$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \cdot s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h$$

$A_h = 4,19745 \text{ cm}^2/\text{m}$  Odabrana poprečna armatura zadovoljava  
 Odabrano:  $6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$  (obostrano) Q335

**Izvanredna kombinacija:***Slika 14.12. M**Slika 14.13. V**Slika 14.14. N*

**Ograničenje normalizirane uzdužne sile**

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

N <sub>ed</sub> (kN)	1950,8
Debljina zida b (cm)	25
Duljina zida l(cm)	1090
f <sub>cd</sub> (kN/cm <sup>2</sup> )	2

$$v_d = 0,03579 < 0,4$$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile za DCM zadovoljava!

**Geometrijska ograničenja za klasu DCM**

$$b_{w0} \geq \max(0,15 \text{ m}; h_s/20)$$

Debljina hrtpa

Svijetla visina kata h <sub>s</sub>	2,6 m	→	b <sub>w0</sub> ≥	0,15 m
			za debljinu zida od	25 cm

**Proračun zida na savijanje****Provjera vitkosti zida:**

visina zida h <sub>w</sub>	1400 cm	$\frac{h_w}{l_w} =$	1,2844	<	2
duljina zida l <sub>w</sub>	1090 cm				

Nije potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnicu momenata savijanja budući zid nije vitak

**Geometrijske karakteristike zida:**

Duljina zida l <sub>w</sub>	1090 cm
Debljina zida b <sub>w</sub>	25 cm
Visina zida h <sub>w</sub>	1400 cm
d <sub>1</sub>	3 cm
d	1087 cm
f <sub>cd</sub>	2 kN/cm <sup>2</sup>

**Rezne sile:**

Med	6843,8 kNm
Ned	836,03 kN
Ved	1591,3 kN
f <sub>ck</sub>	30 Mpa
f <sub>yd</sub>	500 MPa

**Jednostruko armiranje**

f <sub>yd</sub>	43,48 kN/cm <sup>2</sup>	ω	2,6844
ε <sub>s1</sub>	10 ‰	ρ	0,0037
M <sub>E<sub>ds</sub></sub>	13534,86 kNm	ξ	0,0758
ε <sub>s1</sub>	10 ‰	ζ	0,9737
ε <sub>c2</sub>	0,82 ‰	As <sub>1</sub>	1,017 cm <sup>2</sup>
M <sub>rd,lim</sub>	94027,12 kNm	As <sub>2</sub>	0,00 cm <sup>2</sup>
μ <sub>Ed</sub>	0,0222176		



## Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min}=0,002A_c$   
 $A_{sv,min}$  5 cm<sup>2</sup>/m  
 Odabrano: 6,7 cm<sup>2</sup>/m (obostrano) Q335

$$\rho_v = \frac{A_v}{A_c} = 0,00268$$

### Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(Mpa)}{250}\right) = 0,528$$

$\alpha_{cw} = 1,0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0,8 \cdot l_w = 872 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 4604,16 > 1591,34 \quad \text{Poprečna otpornost je dostatna za poprečnu silu}$$

### Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = 0,3945529$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0,8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta}$$

$$\rho_h > 0,00168$$



$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,0583 \quad \omega_v\text{-mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

T1	0,156
Tc	0,4
q0	3

koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1}$$

ako je  $T_1 > T_c$   
ako je  $T_1 < T_c$

$$\mu_\varphi = 11,256$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0,0021739$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,05131$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,00863$$

$$x_u = 128,15 \text{ cm}$$

$$h_0 = 76,183 \text{ cm}$$

$l_c$  duljina ovijenog rubnog elementa

$$l_c \geq \{0,15l_w ; 1,50 \cdot b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$$0,15l_w = 163,5 \text{ cm}$$

$$1,50b_w = 37,5 \text{ cm}$$

$$l_c = 163,50 \text{ cm}$$

$$h_0 = 76,18 \text{ cm}$$

**Odabrana duljina rubnog elementa:** 165

**Odabrana armatura**

: 27,7 cm<sup>2</sup> Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,min} = 0,5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 20,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4,0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 165 \text{ cm}^2$$

zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

**Izračun ovojne armature u rubnom elementu**

Najmanji promjer spona je  $\Phi 6$  mm

Odabrani promjer vanjskih spona: 1 As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrani promjer unutarnjih spona: 1 As 0,785 cm<sup>2</sup>

Odabrana armatura:

promjer 14 mm

dbl- najmanji promjer između odabranih šipki 1,4 cm

Razmak spona  $s_w \leq (8 \cdot d_{bl}; \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm})$  10 cm

Odabrani razmak spona: 10 cm

$$\alpha \cdot \omega_{vd} = 0,05131$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \rightarrow \text{faktor učinkovitosti ovijanja}$$

$\alpha_n, \alpha_s \rightarrow$  gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$b_i$  – razmak između susjednih obuhvaćenih šipki

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}$$

$b_i$	$b_i^2$
20	400
20,3	412,09
12,6	158,76

$$\alpha_n = 0,636$$

$$\alpha_s = 0,727$$

$$\alpha = 0,463$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 0,051$$

$$\rightarrow \omega_{wd} \geq 0,111 > 0,08$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

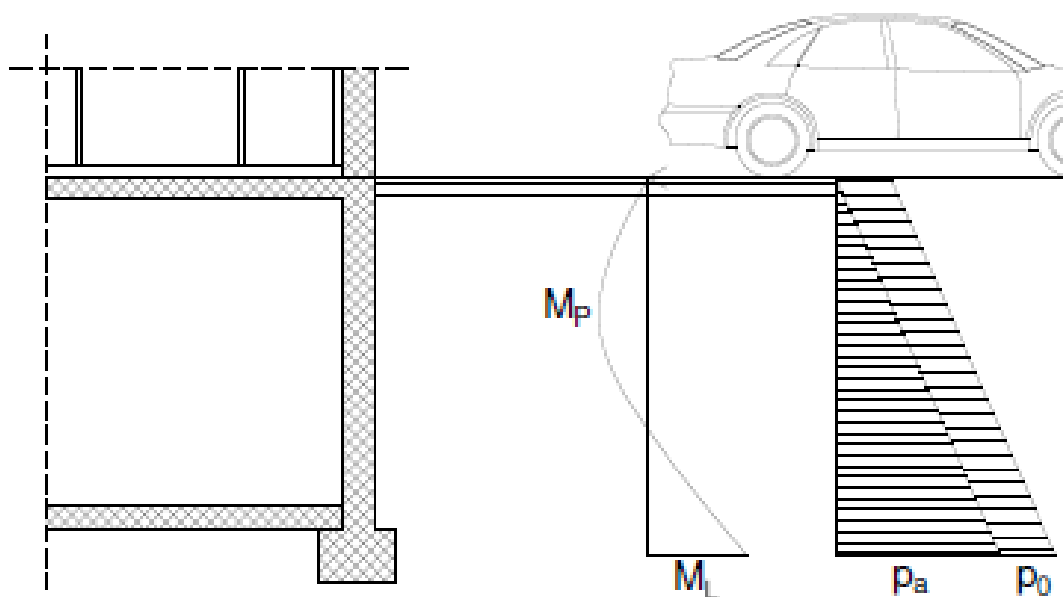
Duljina spona: 370 cm

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 0,191 > 0,111$$

obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

## 15. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE

Obodni zidovi garaže opterećeni su dodatno i aktivnim tlakom tla. U biti uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji imaju i ulogu potpornog zida koji omeđuje cijelu građevinu na podzemnoj etaži. Postoji i mogućnost opterećenja toga zida uslijed dodatnog tlaka od terena u blizini zida na tlu (npr. automobili). Stoga je uzeto dodatno opterećenje u iznosu  $5 \text{ kN/m}^2$ . Dodatni tlak vode se na uzima u obzir budući je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 15.1. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tlom računamo kao :  $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

$K_0 = 0,4$  – koeficijent tlaka mirovanja

$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H$  – vertikalno naprezanje u tlu

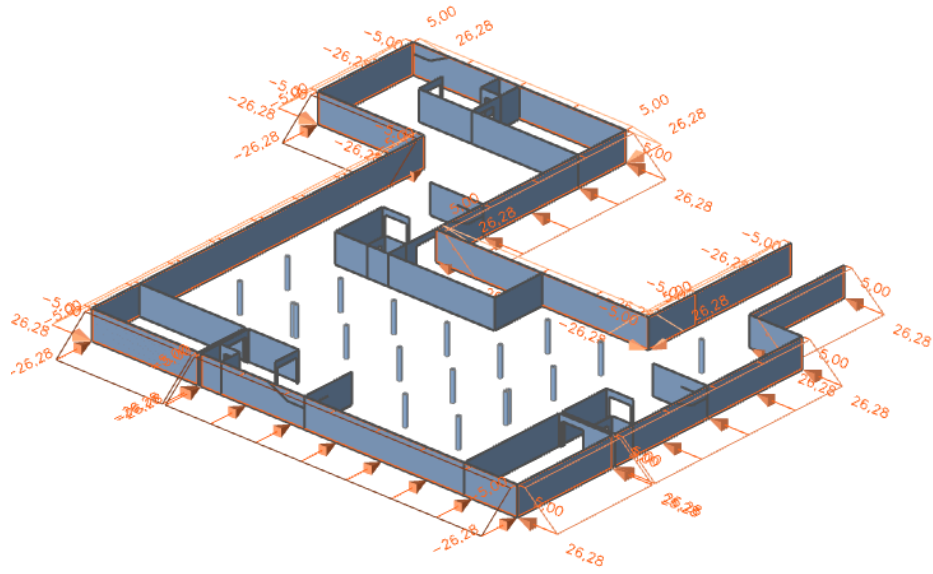
$\gamma_{tla} = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$  – jedinična težina tla za slojeve lapora slične vapnencu

$H = 2,8 \text{ m}$  – visina zida ispod tla

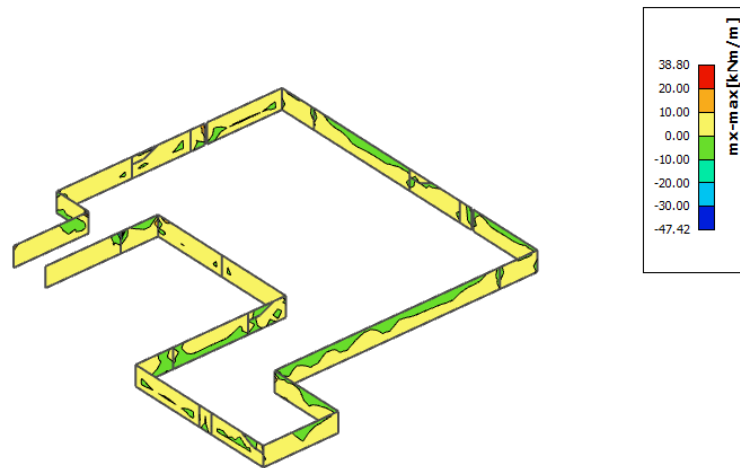
$$q_0 = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_a = 19 \cdot 2,8 \cdot 0,4 = 21,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

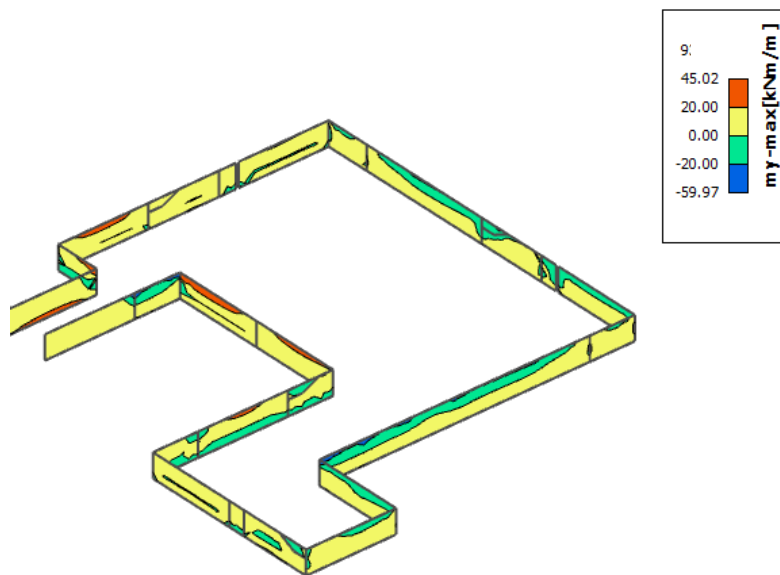
$$p_a + q_0 = 21,28 + 5 = 26,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Slika 15.2. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže u modelu



Slika 15.3.  $M_x$



Slika 15.3.  $M_y$

Proračun armature za unutarnju stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 22 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 22^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 22 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{22}{100} = 2,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{22}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 45,02 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4502}{100 \cdot 22^2 \cdot 2} = 0,044$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,3\% \quad \zeta = 0.959$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4502}{0,959 \cdot 22 \cdot 43,48} = 4,91 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )Proračun armature za vanjsku stranu zida:

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.0 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Armatura: B 500B; } f_{yk}=500.0 \text{ MPa } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$d_1 = 3 \text{ cm } d = 22 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 22^2 \cdot 2 = 91,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0.892 \cdot 22 \cdot 43.48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{22}{100} = 2,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{22}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 59,97 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5997}{100 \cdot 22^2 \cdot 2} = 0,0620$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,6\% \quad \zeta = 0.950$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5997}{0,950 \cdot 22 \cdot 43,48} = 6,60 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 16. PRORAČUN TEMELJA

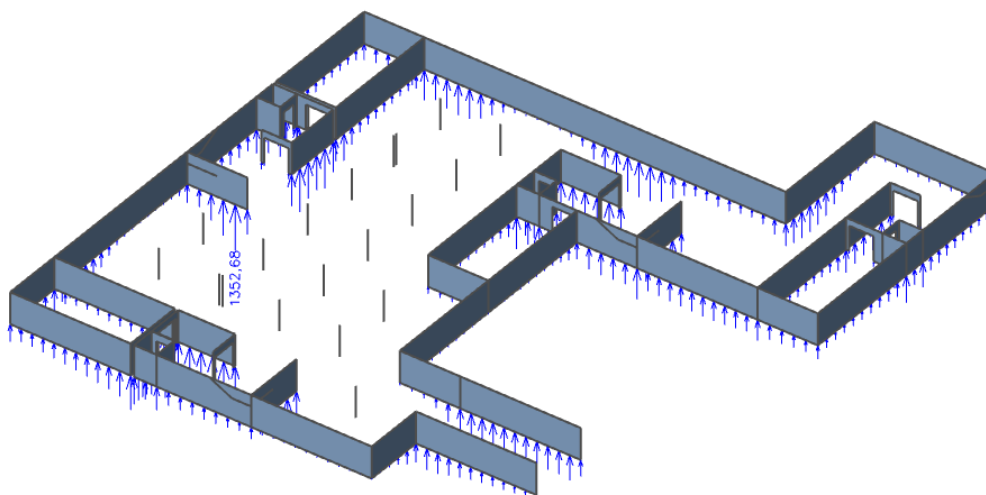
Temelji se izvode kao trakasti temelji ispod zidova te temelji samci ispod stupova u garaži. Sve temeljne trake i temelji samci izvedeni su od beton C25/30 te armirani armaturom B500B. Na slici je prikazan raspored temelja. Radi jednostavnosti izvedbe a i ujednačenosti reakcija ispod zidova i temelja sve su temeljne trake istih dimenzija te jednako armirane. Isto vrijedi i za temelje samce stupova.

Proračun je proveden na način da su iz prostornog modela za kritične uobičajene kombinacije dobivene maksimalne rezne sile na ležajevima ispod zidova i stupova. Potom je provedena kontrola naprezanja koje mora zadovoljiti uvjet  $\sigma < \sigma_{dop} = 0,5MPa$ .

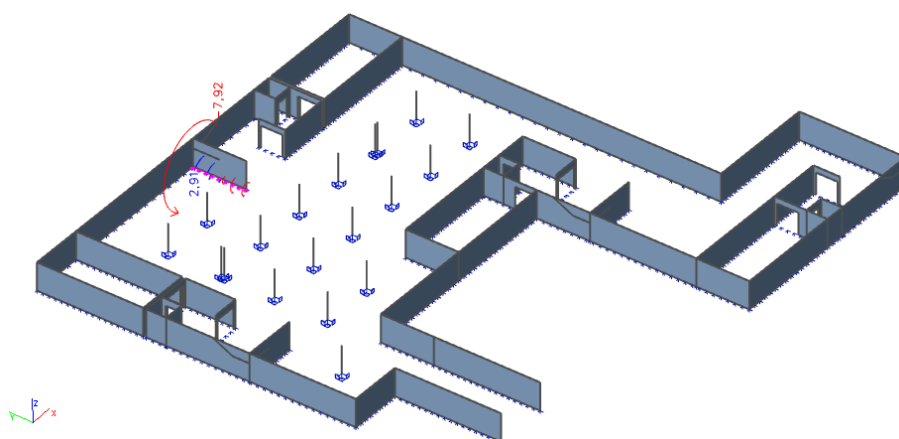
### 16.1. Proračun trakastog temelja

#### 16.1.1. Rezne sile

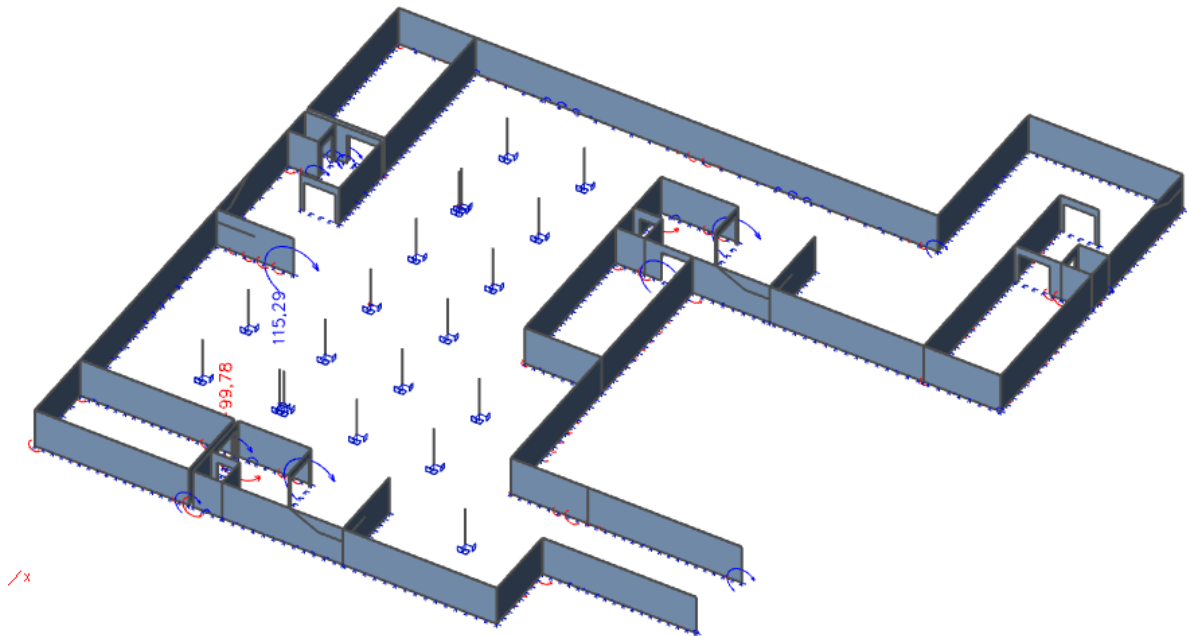
Slika 16.1.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$



Slika 16.2.  $N_{max}, M_y$ pripadni-prikaz  $M$





Slika 16.3.  $N_{max}, Mx$  pripadni prikaz  $M$ 

## 16.1.2. Dimenzioniranje temelja

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 7,5750 \cdot 0,40 \cdot 25 = B \cdot 75,75$

$$V_d = 1352,68 + B \cdot 75,75$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 7,5750$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot 7,575^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{1352,68 + B \cdot 75,75}{B \cdot 7,5750} + \frac{115,29}{\frac{B \cdot 7,575^2}{6}} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{1352,68 \cdot 7,5750 + B \cdot 75,75 \cdot 7,5750}{B \cdot 7,575^2} + \frac{6 \cdot 115,29}{B \cdot 7,575^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 0,40m$$

$$\sigma_2 = \frac{1352,68 + B \cdot 75,75}{B \cdot 7,5750} - \frac{115,29}{\frac{B \cdot 7,575^2}{6}} = \frac{114,07kN}{m^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 0,35m$$

**Odabrana širina temelja  $B=75 \text{ cm}$**

$$\sigma_1 = \frac{1352,68 + 56,81}{5,68} + \frac{115,29}{7,17} = 264,23 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1352,68 + 56,81}{5,68} - \frac{115,29}{7,17} = 232,07 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 256,51 \cdot \frac{0,25^2}{2} + (264,23 - 256,51) \cdot \frac{0,25^2}{3} = 8,2 kNm$$

$$M_{Ed} = 8,2 kNm$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{820}{75 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,005$$

$$Očitano: \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,3\text{‰} \quad \zeta = 0,989$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{820}{0,989 \cdot 37 \cdot 43,48} = 0,52 \text{ cm}^2$$

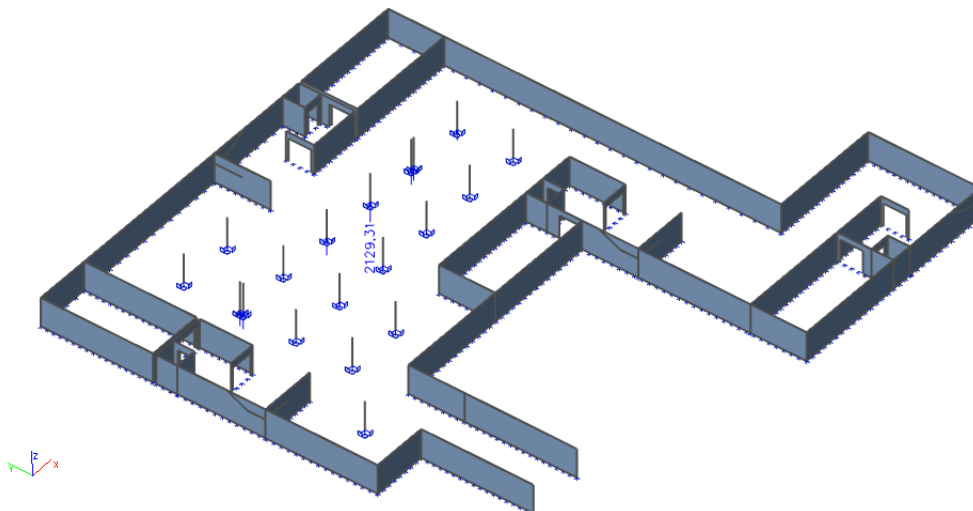
$$A_{min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 75 \cdot \frac{37}{100} = 4,16 \text{ cm}^2$$

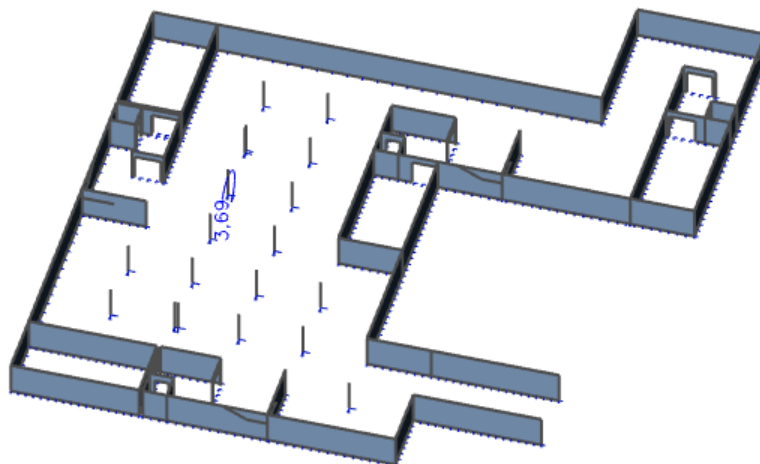
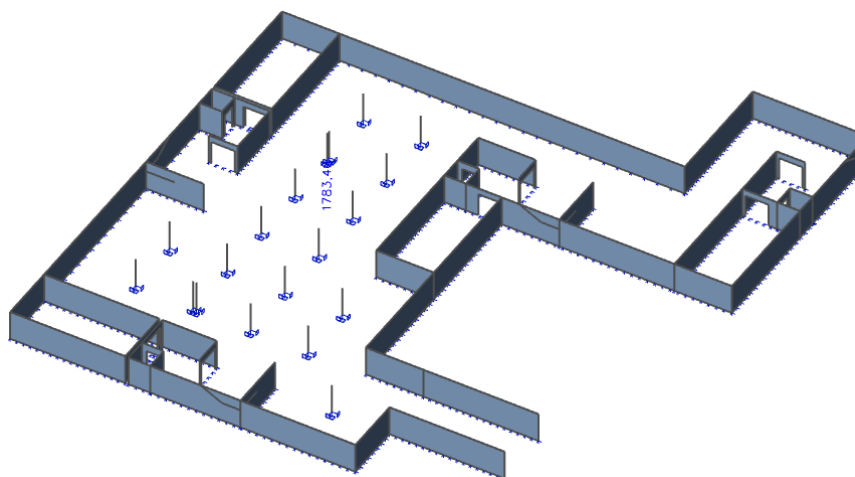
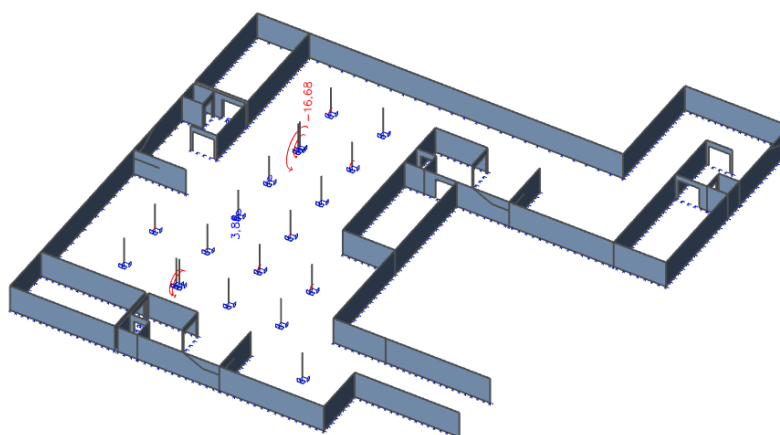
**Odabrana armatura:** 7Ø10  $A_s = 5,53 \text{ cm}^2$

## 16.2. Dimenzioniranje temelja samca ispod stupova garaže

### 16.2. Rezne sile

Slika 16.4.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$



*Slika 16.5.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$* *Slika 16.6.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $N$* *Slika 16.7.  $M_{max}, N_{pripadni}$ -prikaz  $M$* 

## 16.2.2. Dimenzioniranje temelja

$$\sigma_d = 500 \text{ kPa} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_d} = \frac{2129,31 \text{ kN}}{500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 4,3 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{4,3} = 2,06 \text{ m}$$

$$B_{usv} = 2,20 \text{ m}, \quad L = 2,20 \text{ m}$$

$$h_{usv} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2,2 \cdot 2,2 \cdot 0,40 \cdot 25 = 48,4 \text{ kN}$

$$V_d = 2129,31 + 48,4 = 2177,71 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = 2,2 \cdot 2,2 = 4,84 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot B^2}{6} = \frac{2,2^3}{6} = 1,77 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{2177,71}{4,84} + \frac{3,69}{1,77} = 452,02 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{2177,71}{4,84} - \frac{3,69}{1,77} = 447,86 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 450,32 \cdot \frac{0,90^2}{2} + (452,02 - 450,32) \cdot \frac{0,9^2}{3} \\ = 182,84 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 182,84 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18284}{220 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,036$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18284}{0,965 \cdot 37 \cdot 43,48} = 11,77 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 220 \cdot \frac{37}{100} = 12,21 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura:** 8Ø14  $A_s = 12,32 \text{ cm}^2$

$$\sigma_d = 500 \text{ kPa} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_d} = \frac{1783,4 \text{ kN}}{500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 3,57 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{3,57} = 1,90 \text{ m}$$

$$B_{usv} = 2,20 \text{ m}, \quad L = 2,20 \text{ m}$$

$$h_{usv} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2,2 \cdot 2,2 \cdot 0,40 \cdot 25 = 48,4 \text{ kN}$

$$V_d = 1783,4 + 48,4 = 1831,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = 2,2 \cdot 2,2 = 4,84 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot B^2}{6} = \frac{2,2^3}{6} = 1,77 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{1831,8}{4,84} + \frac{16,68}{1,77} = 387,89 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1831,8}{4,84} - \frac{16,68}{1,77} = 369,05 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 380,18 \cdot \frac{0,90^2}{2} + (387,89 - 380,18) \cdot \frac{0,9^2}{3}$$

$$= 156,05 \text{ kNm}$$

Mjerodavana je prva kombinacija  $N_{max} + M_{pripadni} M_{Ed} = 182,84 \text{ kNm}$

**Odabrana armatura:**  $8\emptyset 14 A_s = 12,32 \text{ cm}^2$

## 17. GRAFIČKI PRILOZI

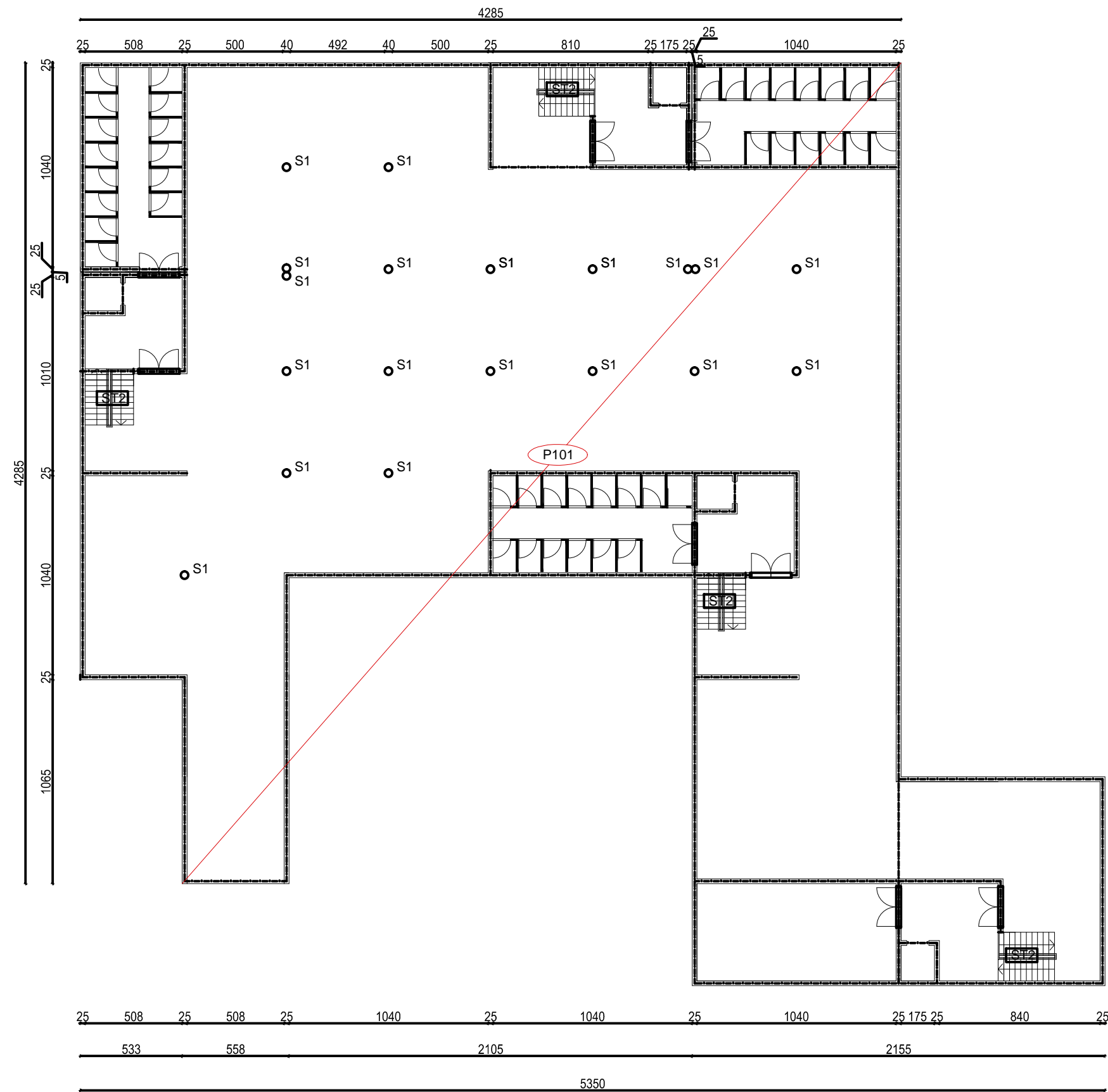
1. Tlocrt garaže- plan pozicija 100	M1:250
2. Tlocrt prizemlja – plan pozicija 200	M1:250
3. Tlocrt 1. kata – plan pozicija 300	M1:200
4. Tlocrt 2. kata – plan pozicija 400	M1:200
5. Tlocrt 3. kata – plan pozicija 500	M1:200
6. Tlocrt 4. kata – plan pozicija 600	M1:200
7. Tlocrt 5. kata – plan pozicija 700	M1:200
8. Presjek A-A	M1:200
9. Pročelja	M1:200
10. Armatura ploče pozicije 100- donja zona	M1:200
11. Armatura ploče pozicije 100- gornja zona	M1:200
12. Armatura ploče pozicije 200- donja zona	M1:200
13. Armatura ploče pozicije 100- gornja zona	M1:200
14. Armatura ploče pozicije 300- donja zona	M1:200
15. Armatura ploče pozicije 300- gornja zona	M1:200
16. Armatura ploče pozicije 400- donja zona	M1:200
17. Armatura ploče pozicije 400- gornja zona	M1:200
18. Armatura ploče pozicije 500- donja zona	M1:200
19. Armatura ploče pozicije 500- gornja zona	M1:200
20. Armatura ploče pozicije 600- donja zona	M1:200
21. Armatura ploče pozicije 600- gornja zona	M1:200
22. Armatura ploče pozicije 700- donja zona	M1:200
23. Armatura ploče pozicije 700- gornja zona	M1:200
24. Armatura stupova S1 ( u garaži)	M1:20
25. Armatura stupova S2 i S3	M1:20
26. Plan pozicija temelja	M1:20
27. Armatura temelja	M1:20
28. Plan pozicija i armatura zidova	M1:20
29. Armatura stubišta S1	M1:20
30. Armatura stubišta S2	M1:20

## 18. LITERATURA


- (1) *A. Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta- zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split*
- (2) *I. Tomičić : Betonske konstrukcije -3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996*
- (3) *EN 1990:2008 Eurokod- osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008+A1:2005+AC:2008)*
- (4) *EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukciju*
- (5) *EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija –Dio 1-1 :Opća pravila i pravila za zgrade*
- (6) *EN 1998:2008 Eurokod 8 –Projektiranje konstrukcija otpornih na potres-1.dio*

### *Računalni programi:*

- 1.AutoCad 2015.*
- 2.Scia Engineer 17.1*
- 3.Asplathos Section Design*
- 4.Microsoft Word*
- 5.Microsoft Excel*



# Tlocrt garaže- plan pozicija 100 M 1:250


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 461117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt garaže- plan pozicija 100	BROJ PRILOGA: 1

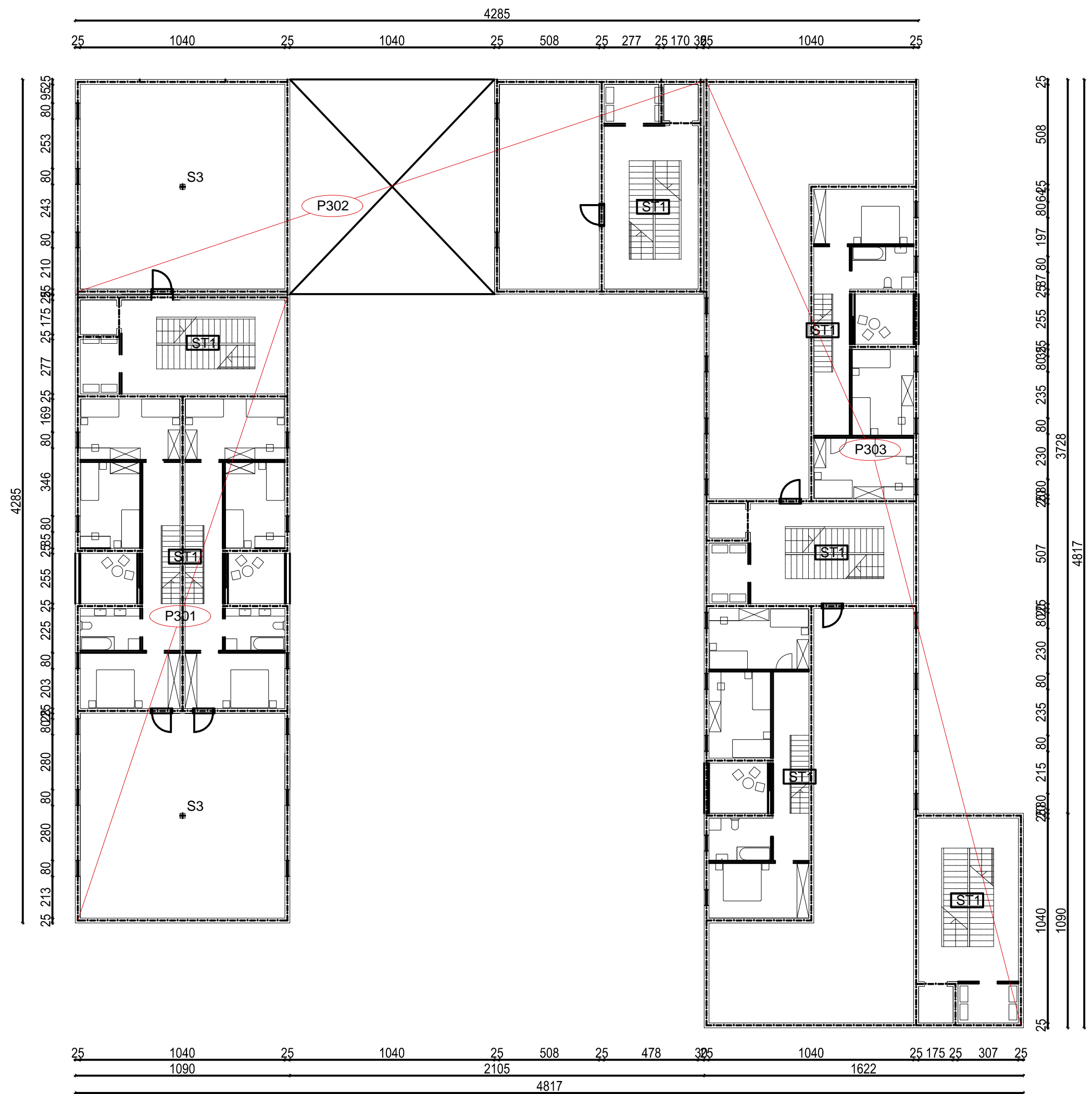




# Tlocrt prizemlja- plan pozicija 200


## M 1:250

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 46117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:250
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt garaže- plan pozicija 200	BROJ PRILOGA: 2



# Tlocrt 1.kata- plan pozicija 300


## M 1:200

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt 1.kata- plan pozicija 300	BROJ PRILOGA: 3



# Tlocrt 2.kata- plan pozicija 400

M 1:200


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt 2.kata- plan pozicija 400	BROJ PRILOGA: 4



# Tlocrt 4.kata- plan pozicija 600

## M 1:200




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE &amp; GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt 4.kata- plan pozicija 600	BROJ PRILOGA: 6

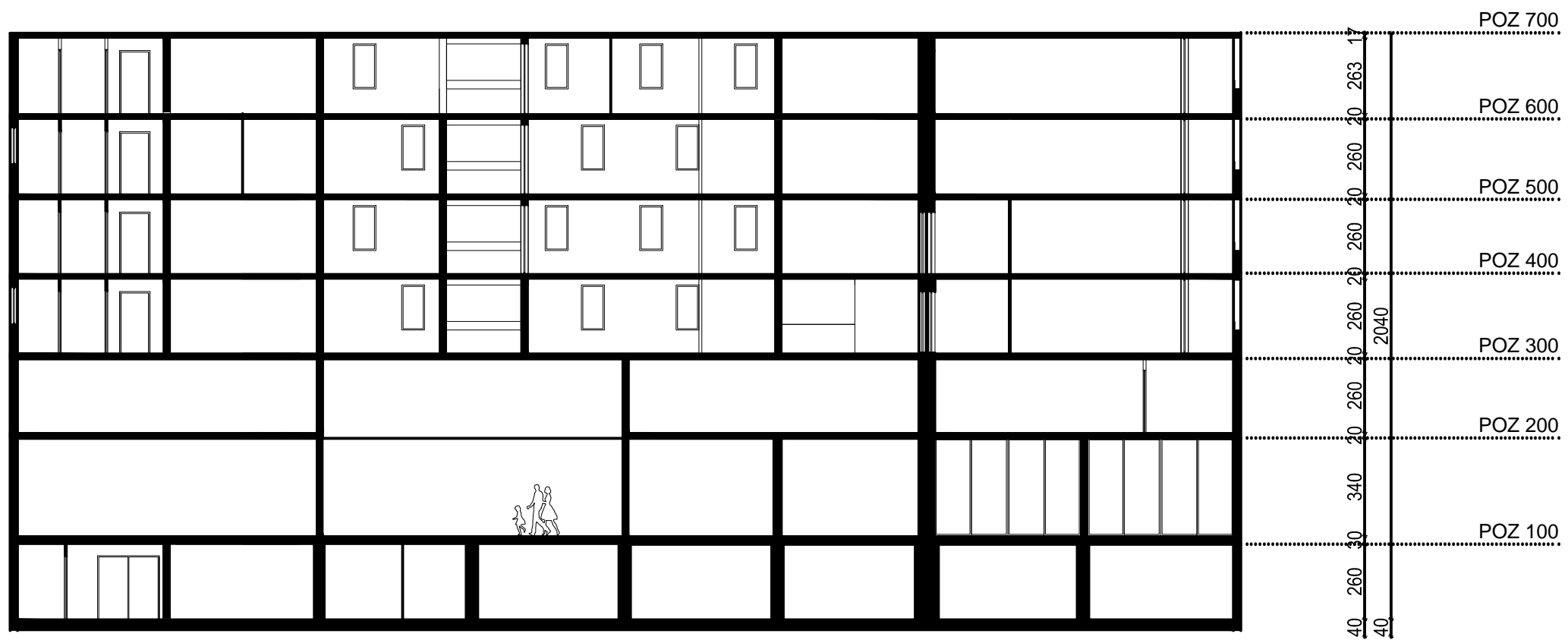



# Tlocrt 5.kata- plan pozicija 700

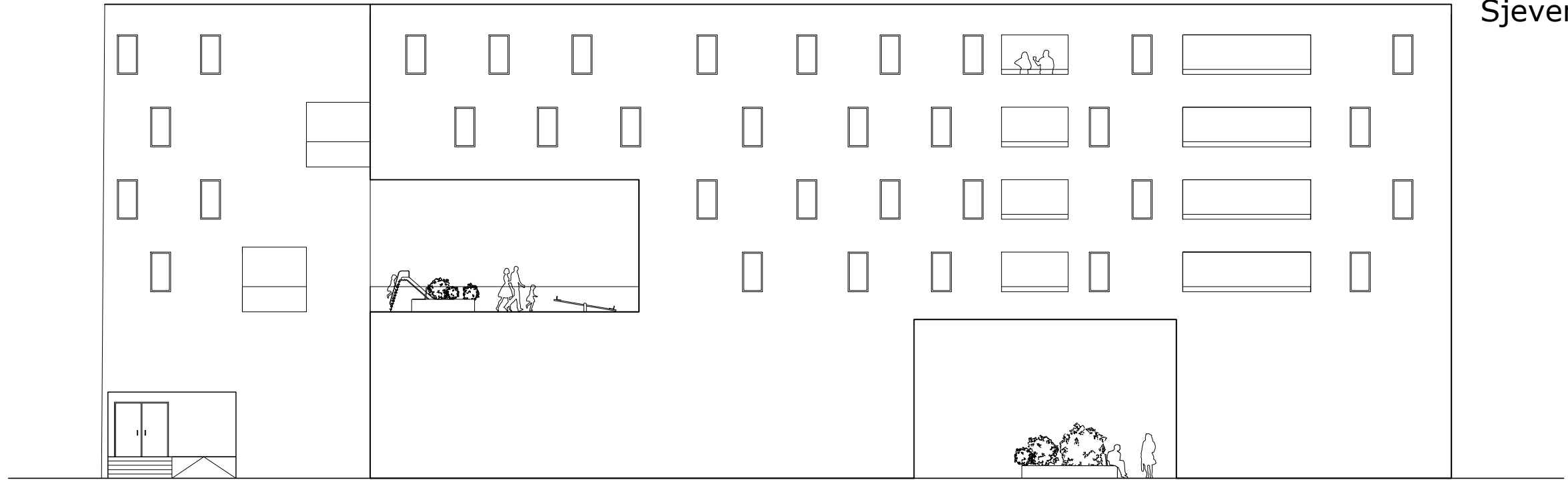
M 1:200

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 485117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Tlocrt 5.kata- plan pozicija 700	BROJ PRILOGA: 7

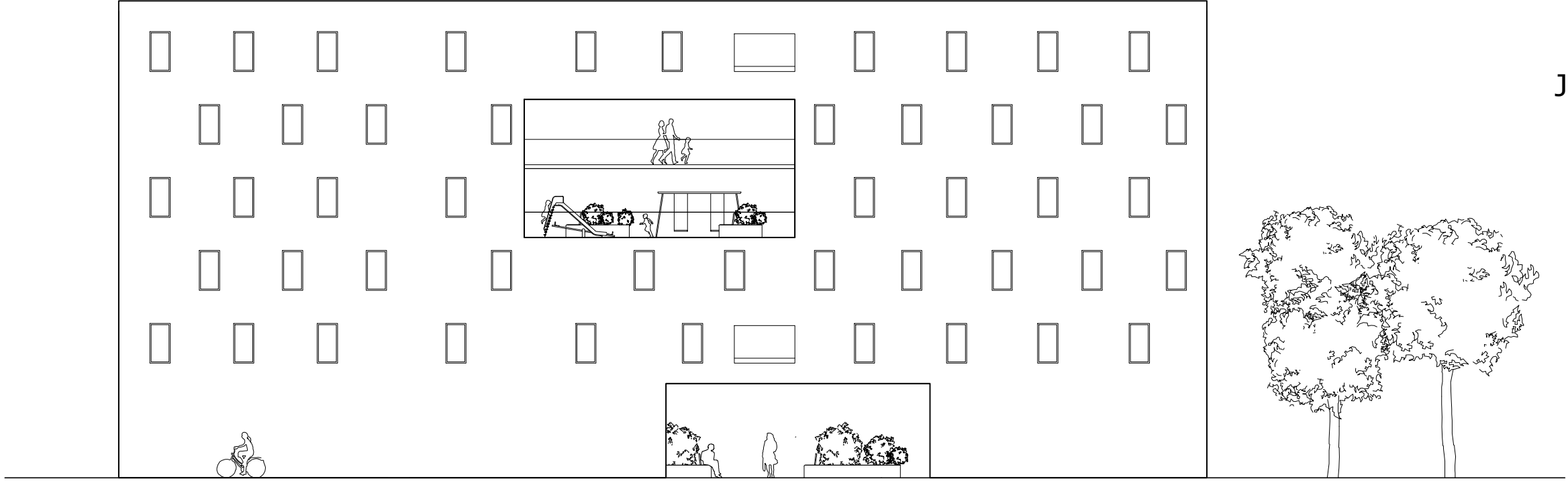
# Presjek A-A




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Presjek A-A	BROJ PRILOGA: 8



Sjeverno-zapadno pročelje  
M 1:200

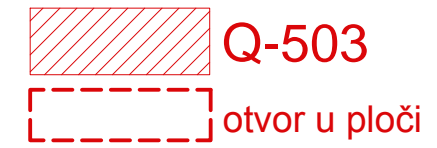
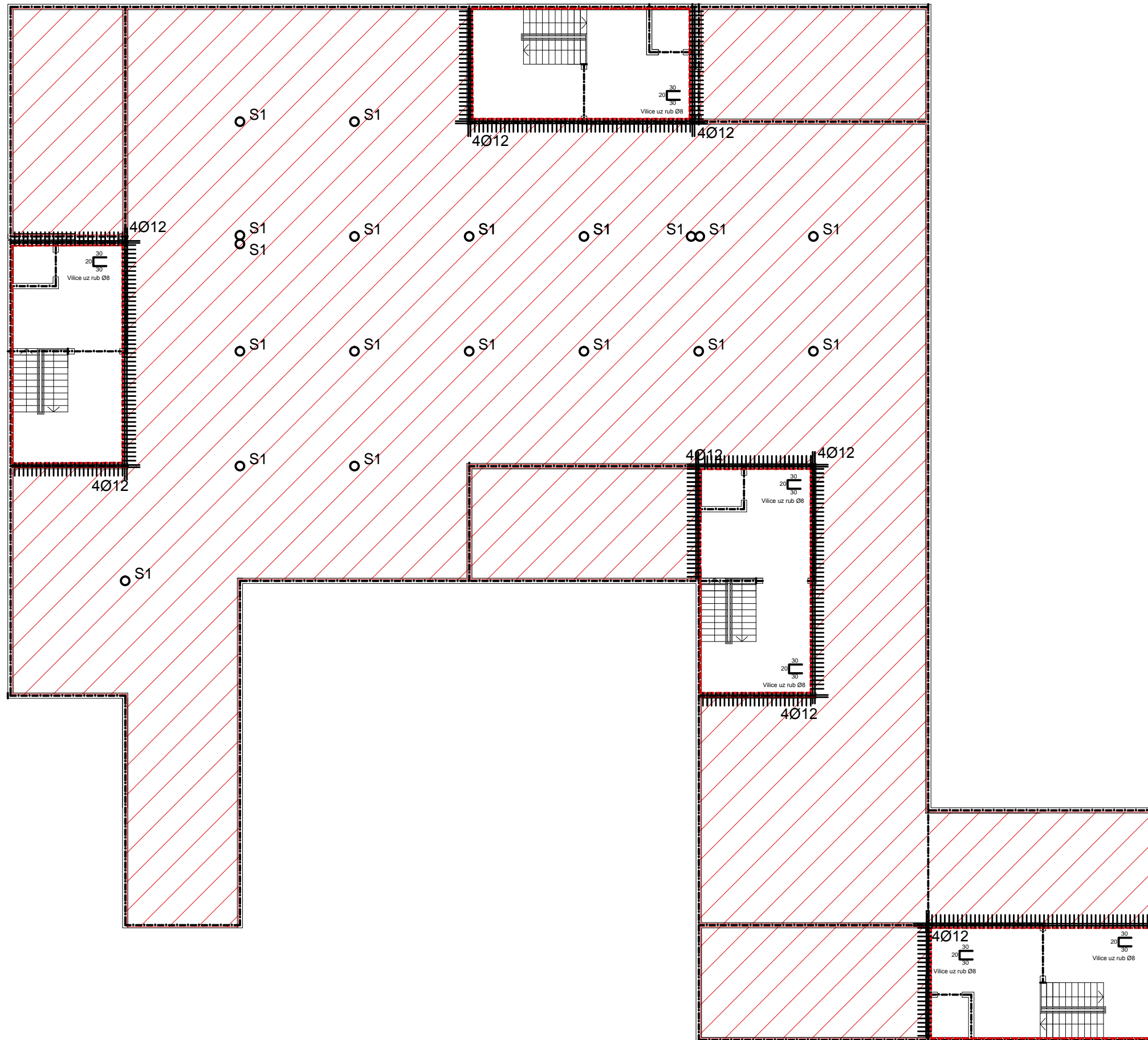


Jugo-zapadno pročelje  
M 1:200

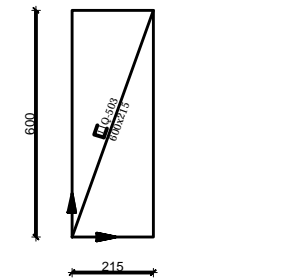
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Sjevero-zapadno pročelje Jugo-zapadno pročelje	BROJ PRILOGA: <b>9</b>



# Armatura ploče pozicije 100 -DONJA ZONA M 1:200



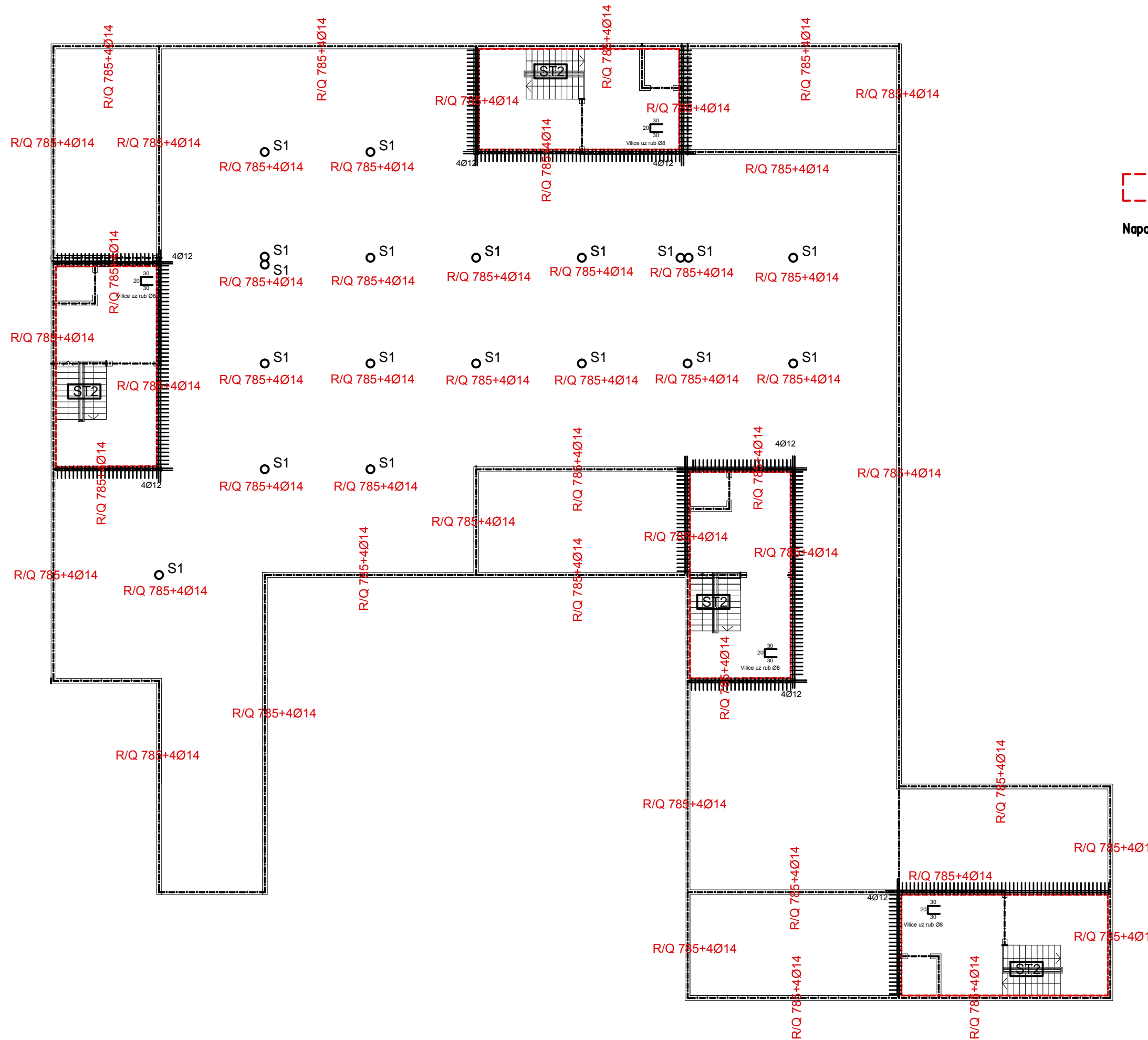
**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

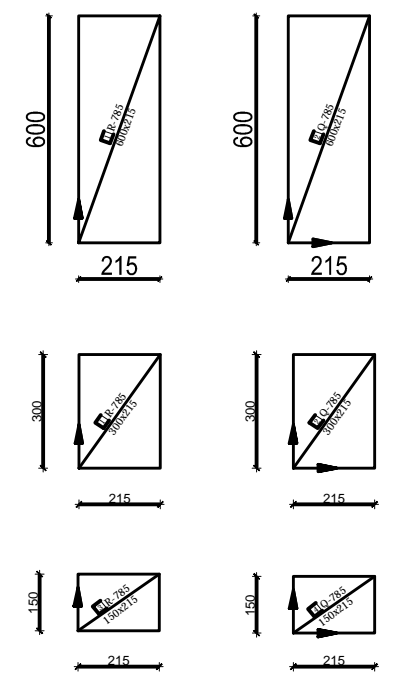
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 1. GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 051 4643 14 • f: 051 027 30333 • fax: 051 027 46117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 100-donja zona	BROJ PRILOGA: 10

# Armatura ploče pozicije 100 -GORNJA ZONA M 1:200



otvor u ploči

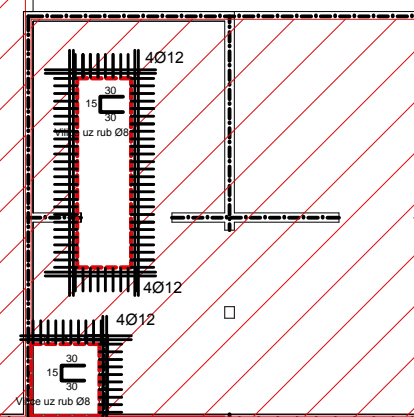
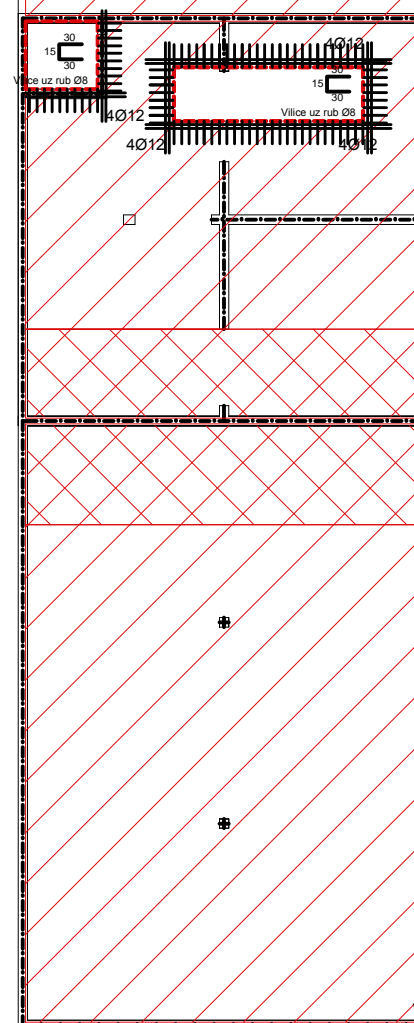
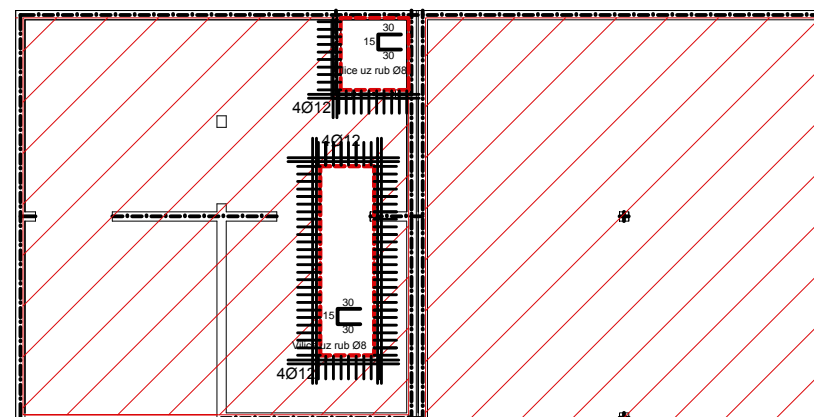
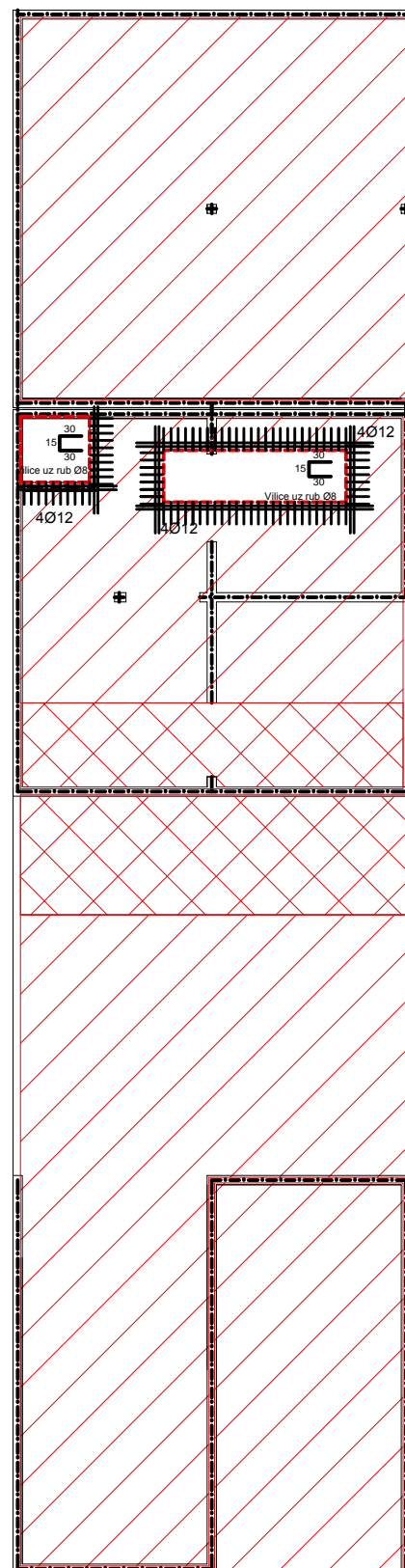
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklopima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785+4Ø14, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785+4Ø14
  - Iznad stupova postaviti mreže Q-785+4Ø14

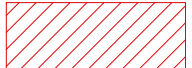




**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

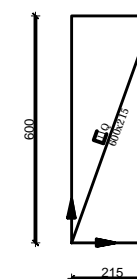
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 051 4643 14 • f: 051 027 3033 • fax: • 051 027 46117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 100-gornja zona	BROJ PRILOGA: 11

# Armatura ploče pozicije 200 -DONJA ZONA M 1:200




-  Q-385
-  Q-785+preklop 70 cm
-  otvor u ploči

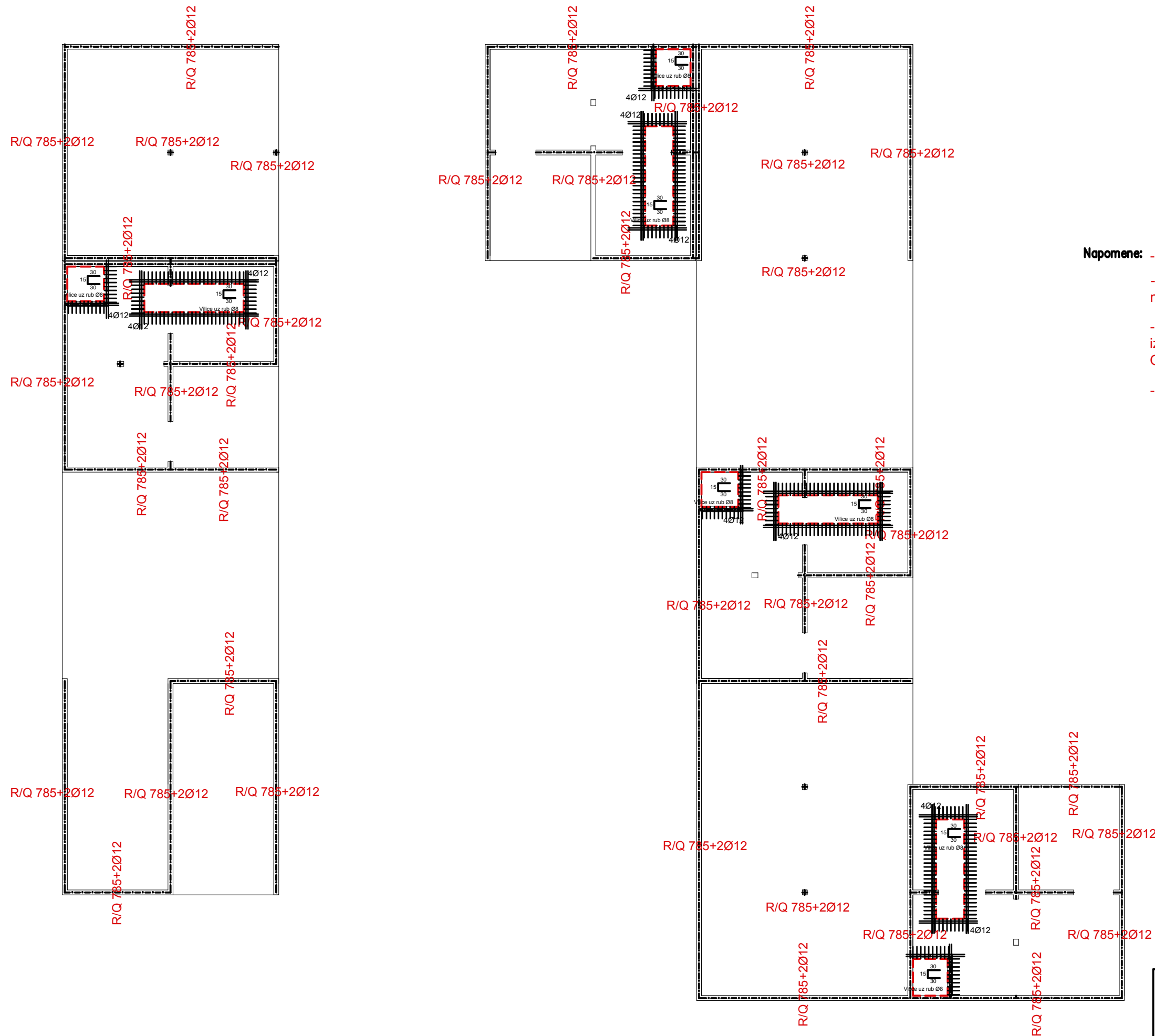
**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



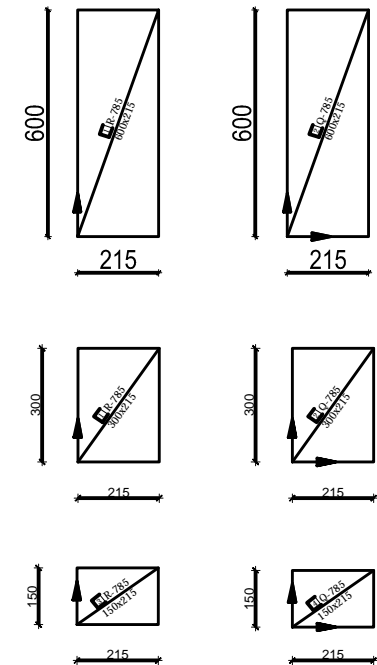
**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 tlf: 021 4643 14 • fax: 021 30333 • e-mail: 021 461117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200-donja zona	BROJ PRILOGA: 12

# Armatura ploče pozicije 200 -GORNJA ZONA M 1:200



- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-785+2Ø12, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785+2Ø12
  - Iznad stupova postaviti mreže Q-785+2Ø12

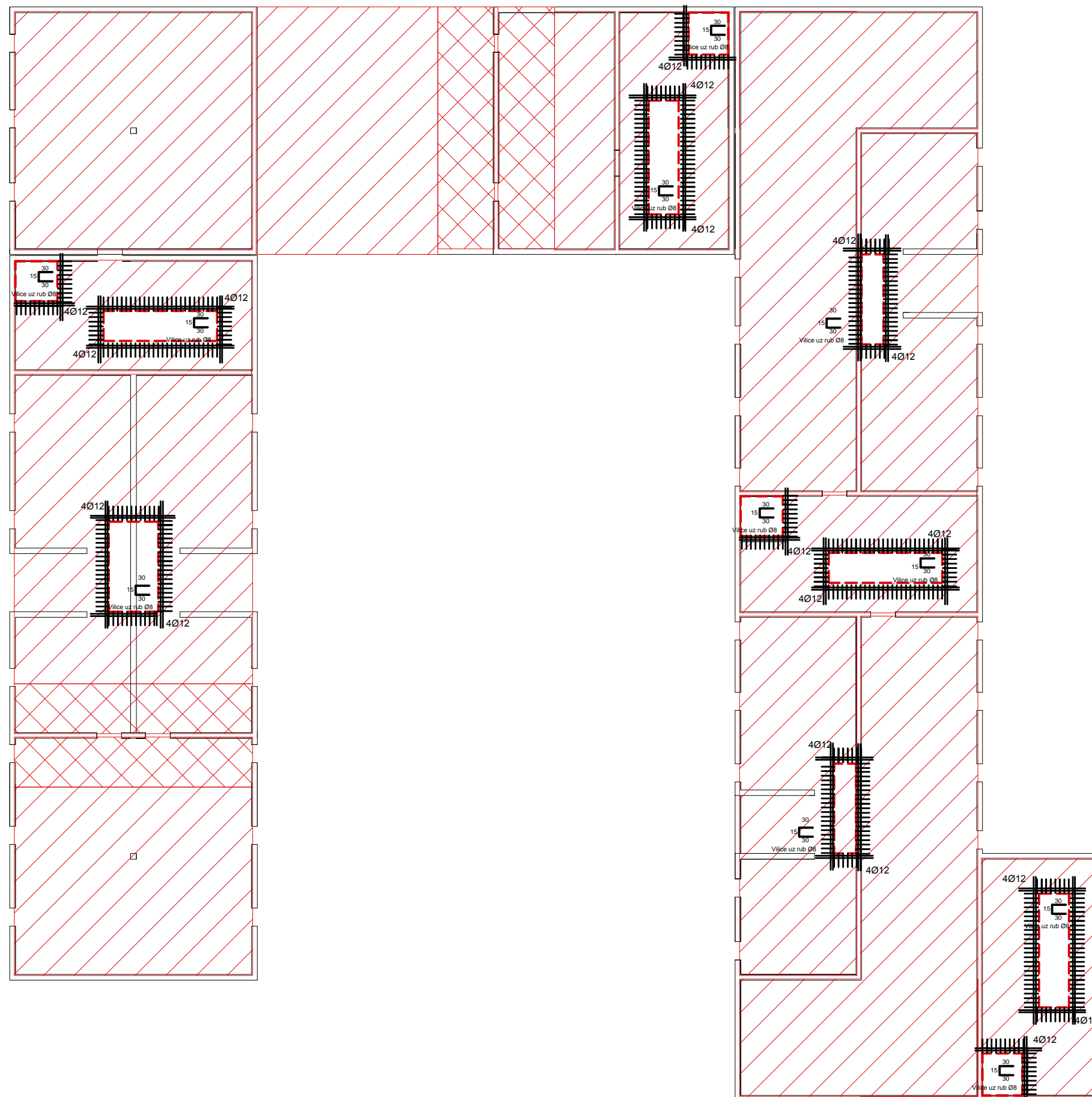


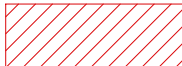
**Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B**

	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 200-gornja zona	BROJ PRILOGA: 13
	<small>                 SVEUČILIŠTE U SPLITU                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 2149463-14 • 385 027 30333, fax • 385 027 469117             </small>	

# Armatura ploče pozicije 300 -DONJA ZONA

M 1:200

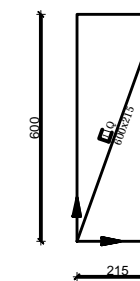


 Q-385


 Q-785+preklop 40 cm

 otvor u ploči

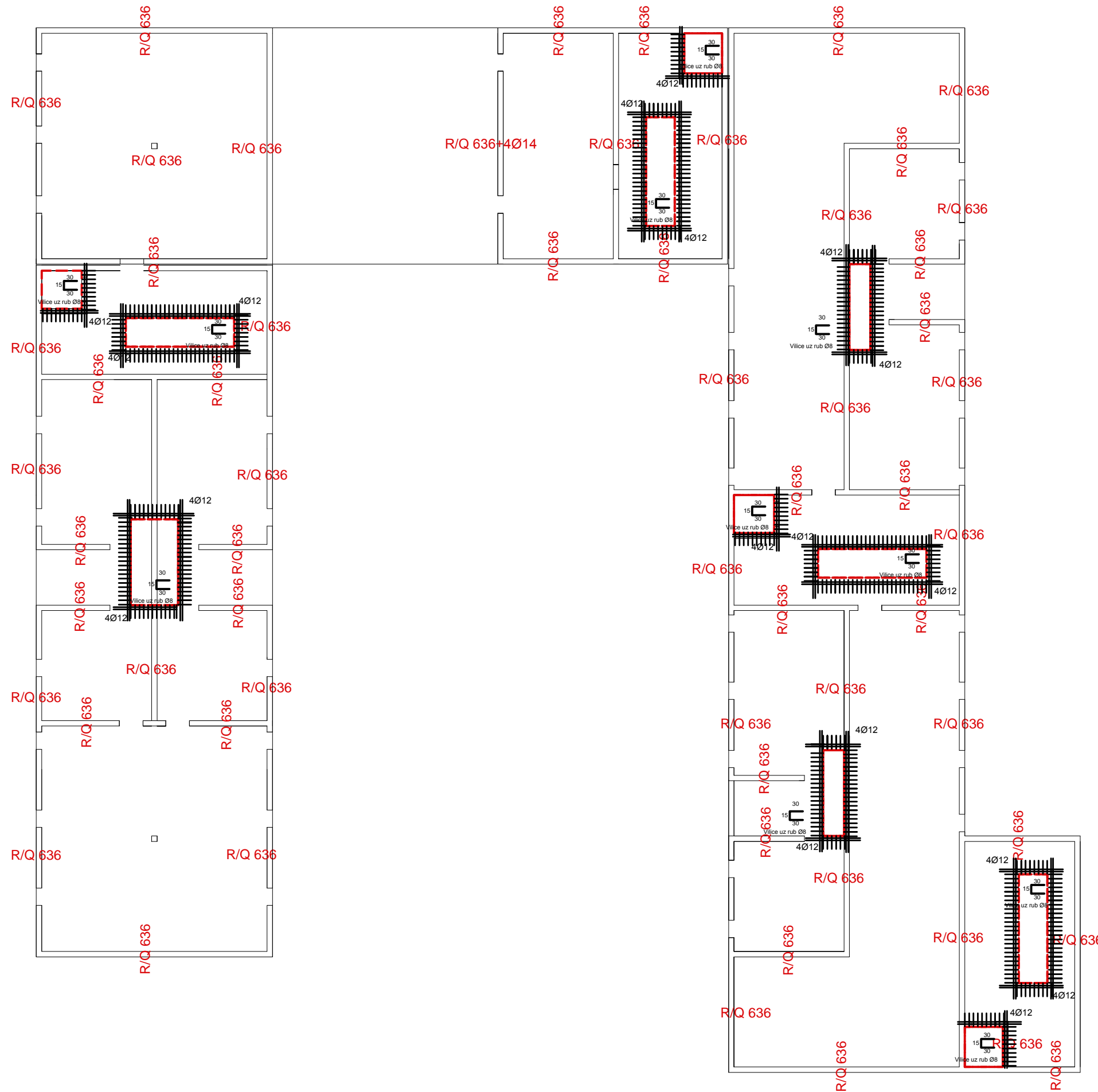
**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



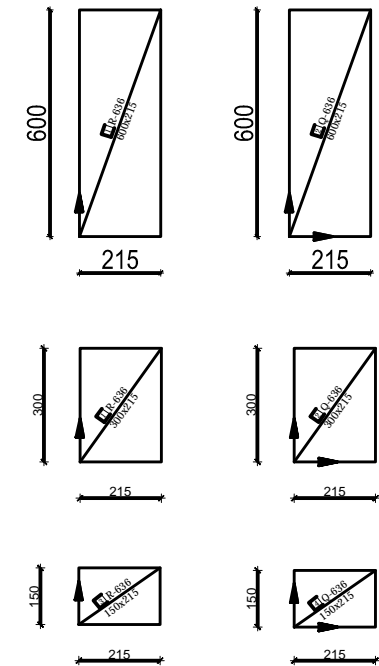
**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 1. GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 021 4643 14 • f: 021 4643 3033 • fax: 021 4643 4011</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 300-donja zona	BROJ PRILOGA: 14

# Armatura ploče pozicije 300 -GORNJA ZONA M 1:200



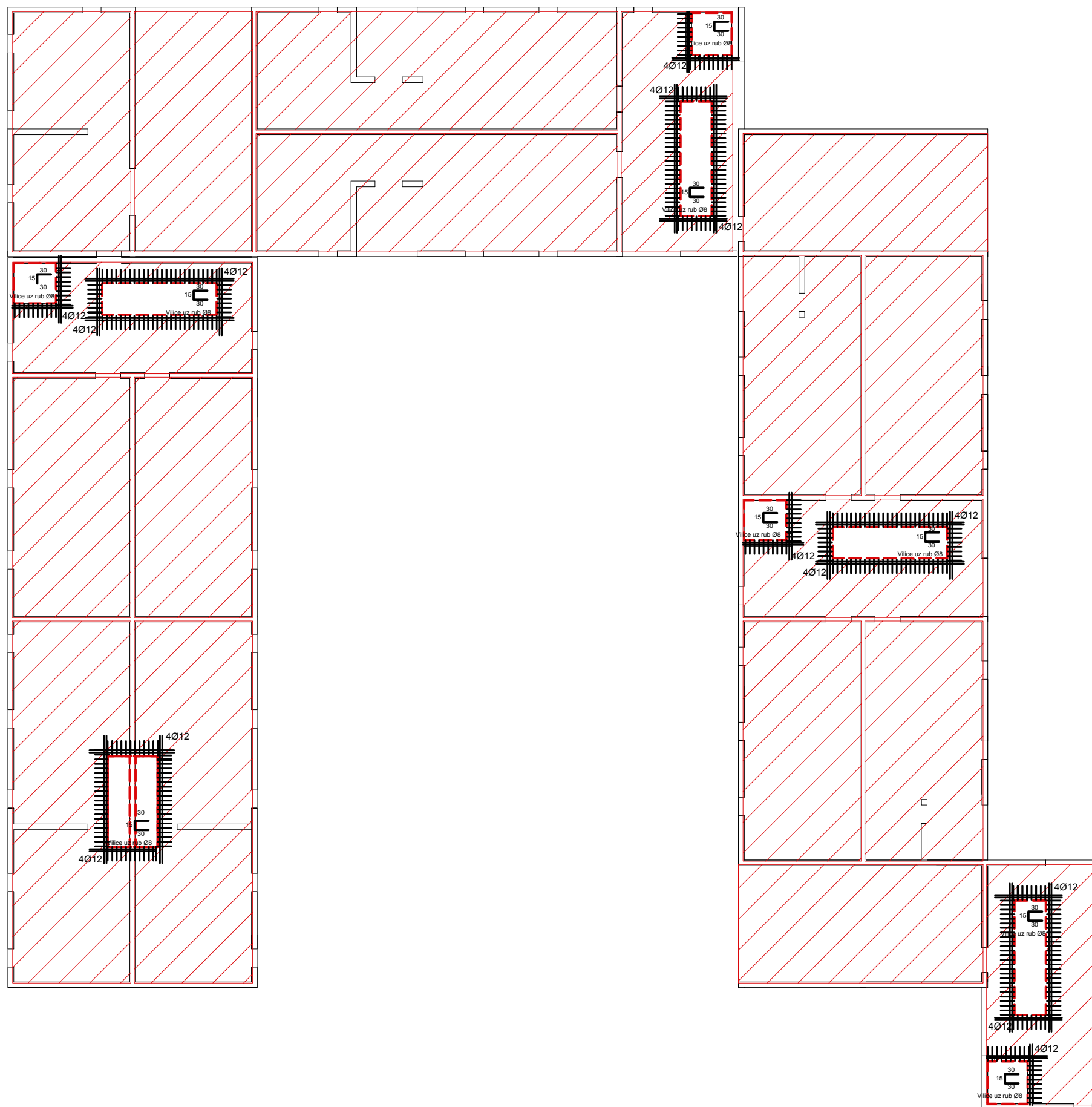
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-636, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-636
  - Iznad stupova postaviti mreže Q-636

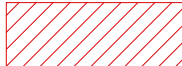


**Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B**

<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FACULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 021 4946114 • f: 021 492130333 • fax: +385 (0)21 4911117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 300-gornja zona	BROJ PRILOGA: 15

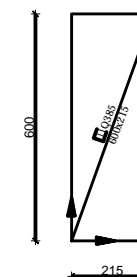
# Armatura ploče pozicije 400 -DONJA ZONA M 1:200



 Q-385

 otvor u ploči

**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

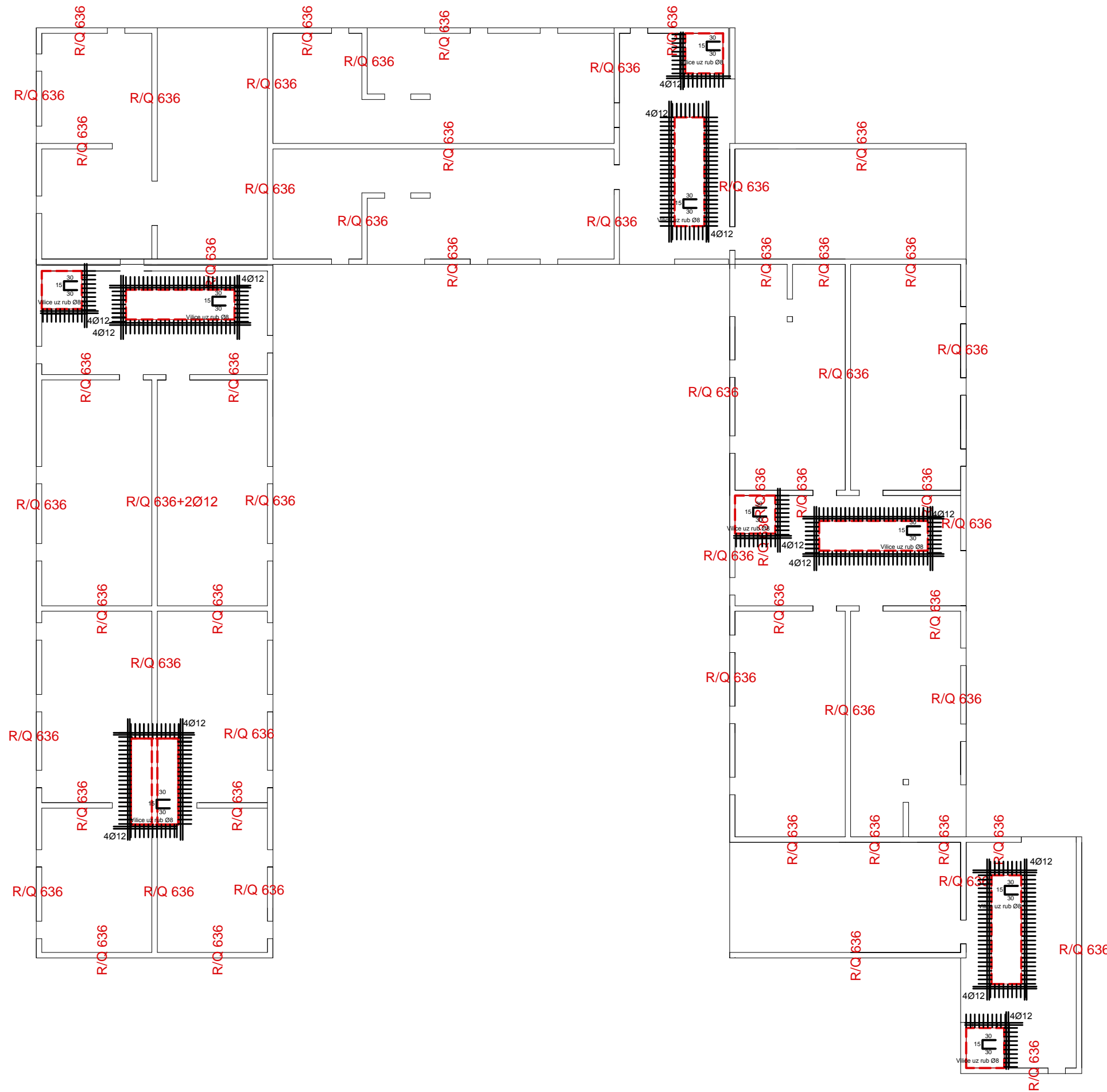


**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

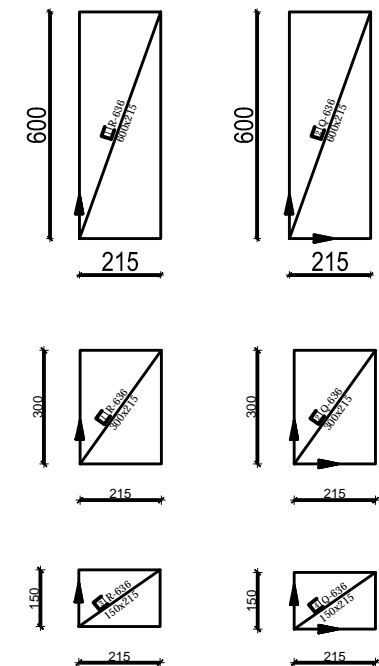
 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 051 4643 14 • f: 051 027 30333 • fax: 051 027 46117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 400-donja zona	BROJ PRILOGA: 16




# Armatura ploče pozicije 400 -GORNJA ZONA M 1:200



- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-636, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-636

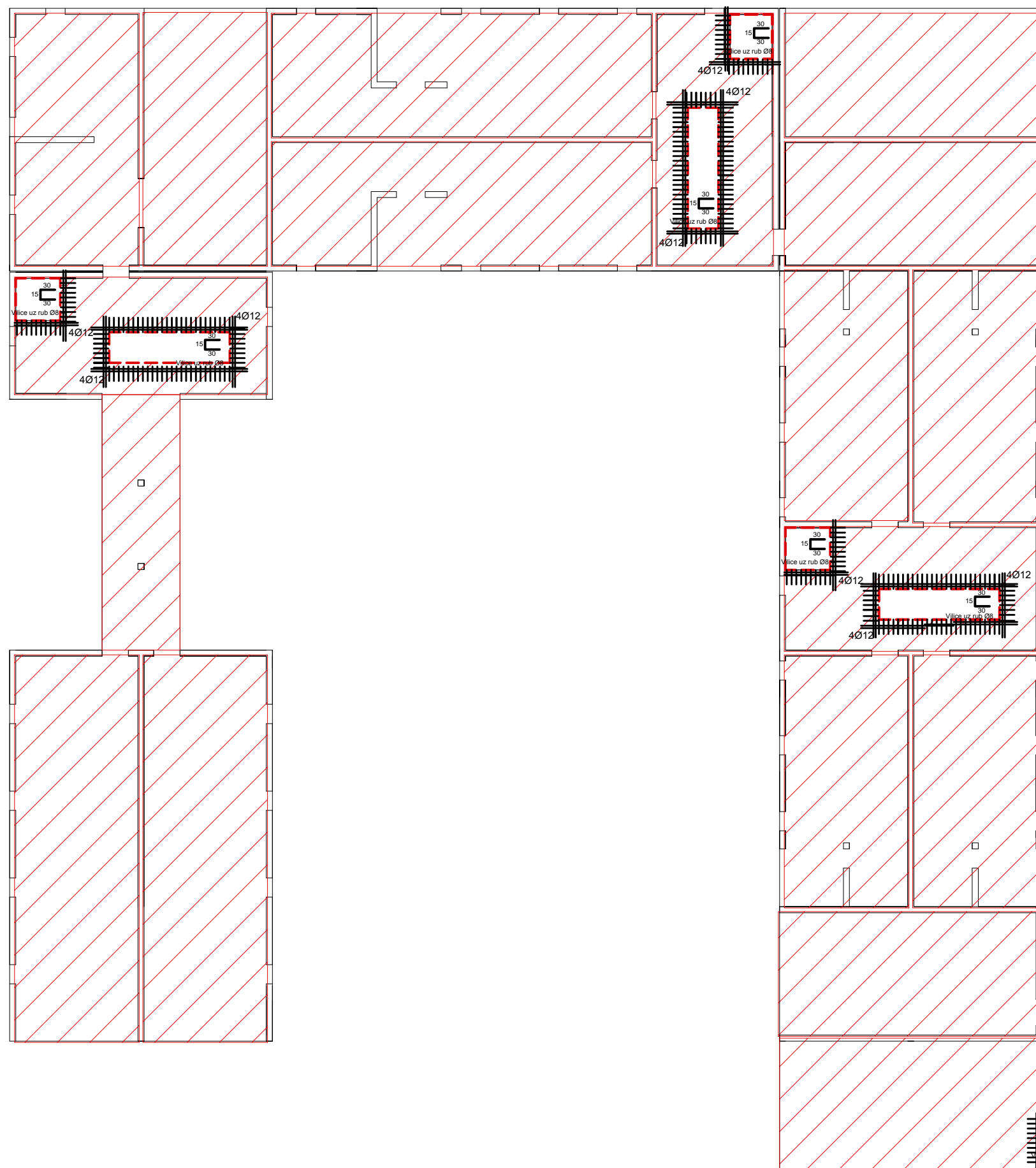


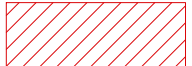
**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2149463-14 • 385 027 30333 fax • 385 027 469117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 400-gornja zona	BROJ PRILOGA: 17



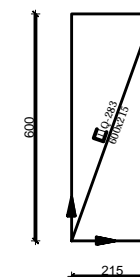
# Armatura ploče pozicije 500 -DONJA ZONA M 1:200




 Q-283

 otvor u ploči

**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

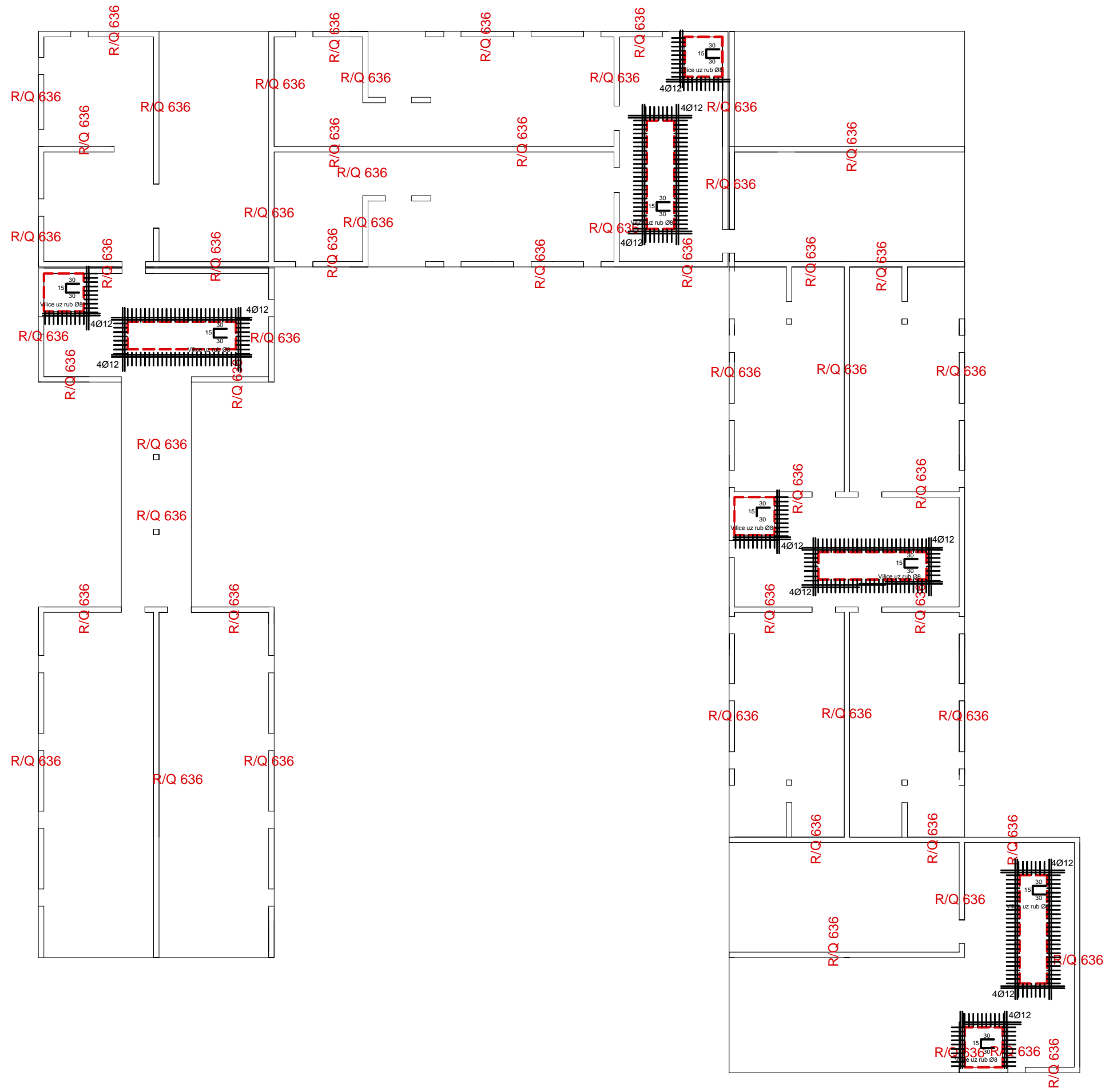


**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

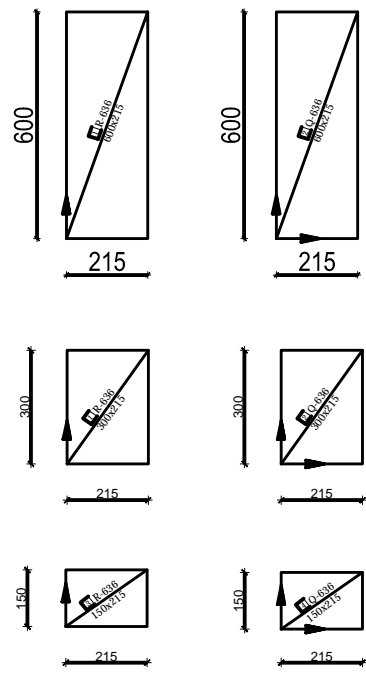
 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 051 4643 14 • f: 051 027 30333 • fax: 051 027 46117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 500-donja zona	BROJ PRILOGA: 18

# Armatura ploče pozicije 500 -GORNJA ZONA

M 1:200



- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-636, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-636

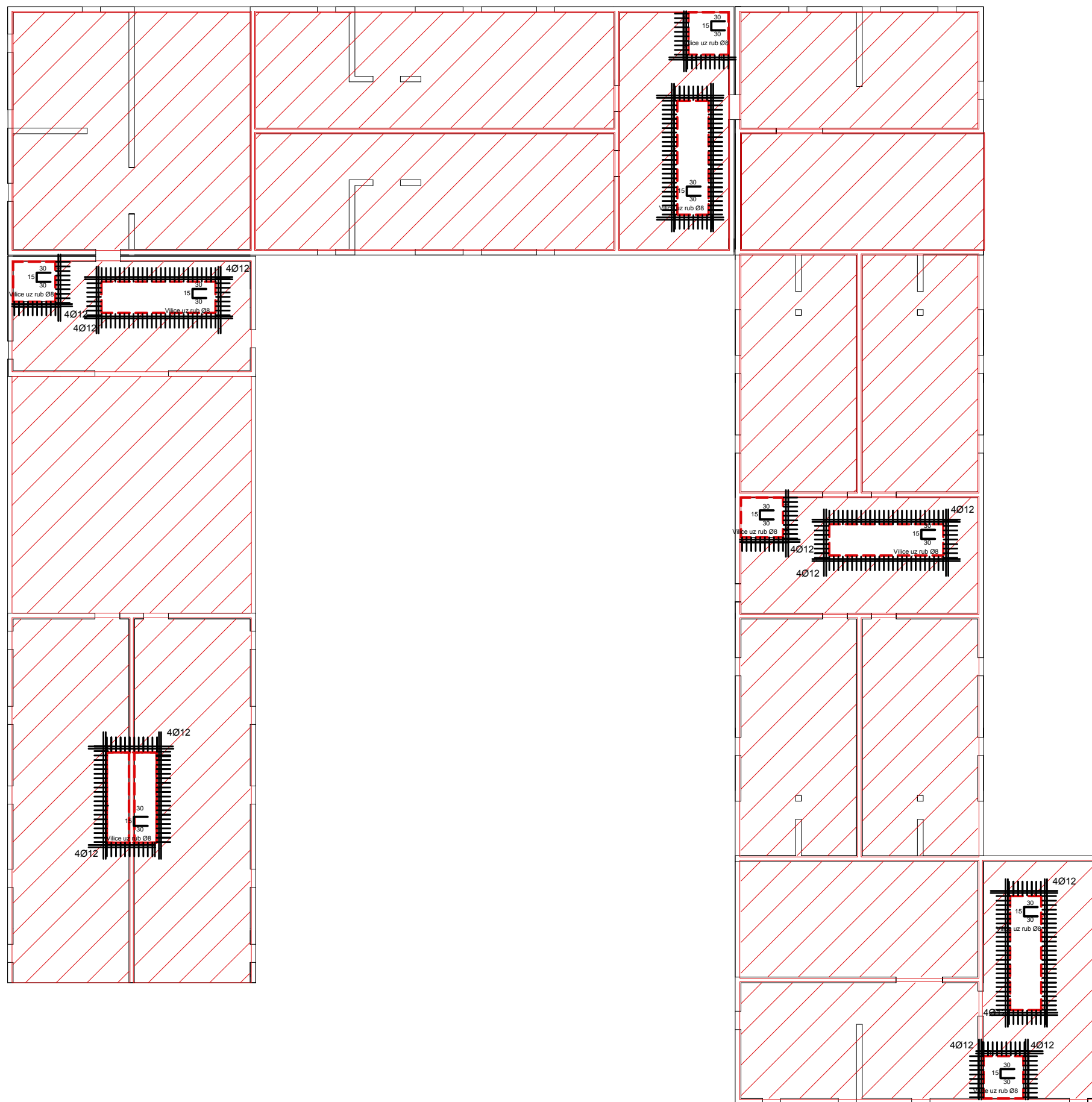


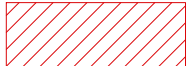
**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 500-gornja zona	BROJ PRILOGA: 19

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 2149463-14 • 385 (0)21 30333, fax • 385 (0)21 46117

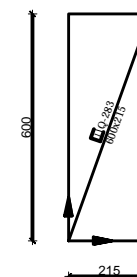
# Armatura ploče pozicije 600 -DONJA ZONA M 1:200




 Q-283

 otvor u ploči

**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

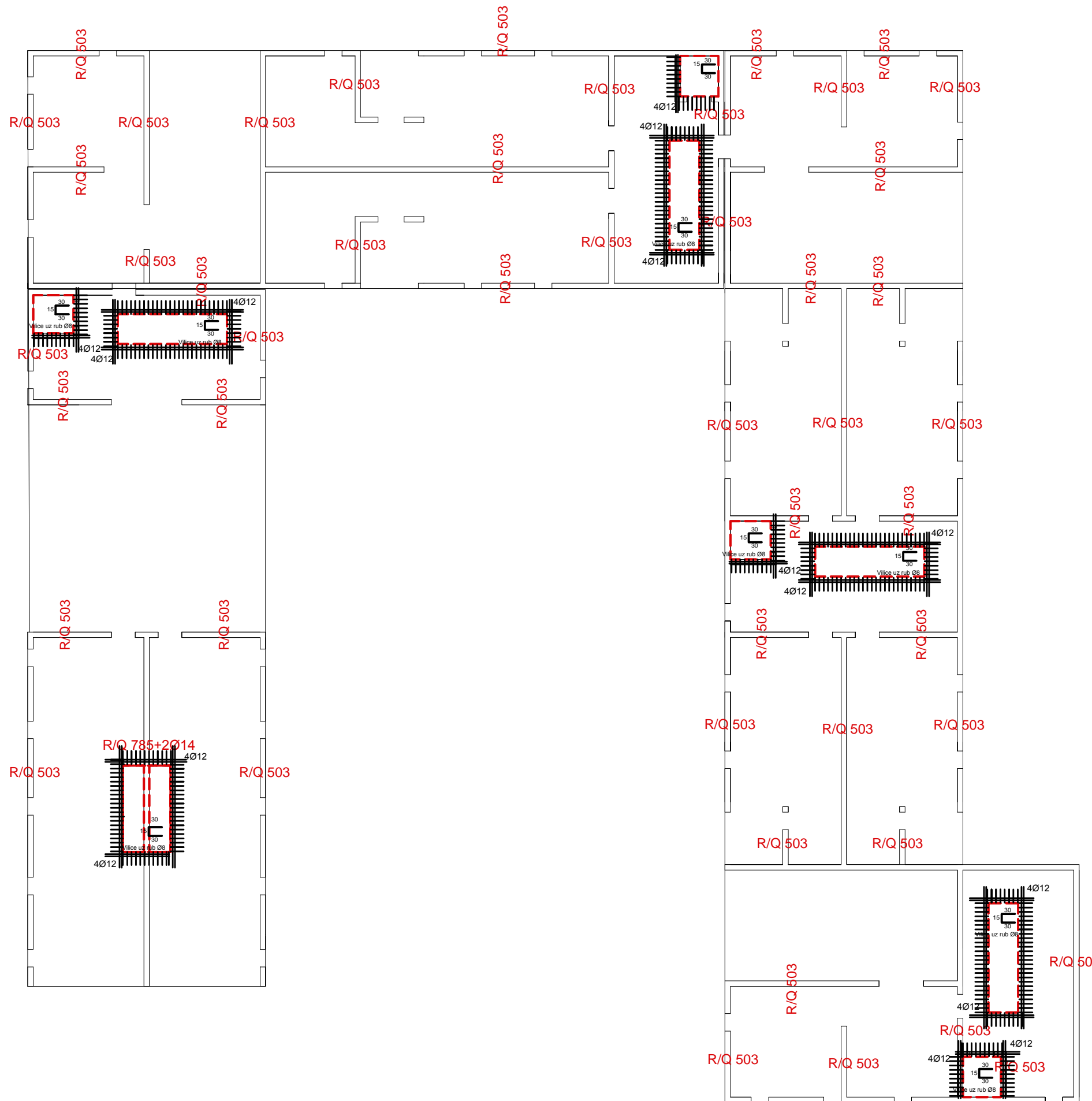


**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

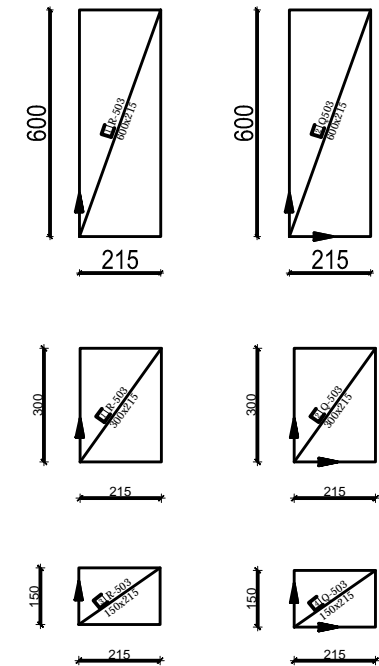
 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 051 4643 14 • f: 051 027 30333 • fax: 051 027 46117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 600-donja zona	BROJ PRILOGA: 20

# Armatura ploče pozicije 600 -GORNJA ZONA


M 1:200



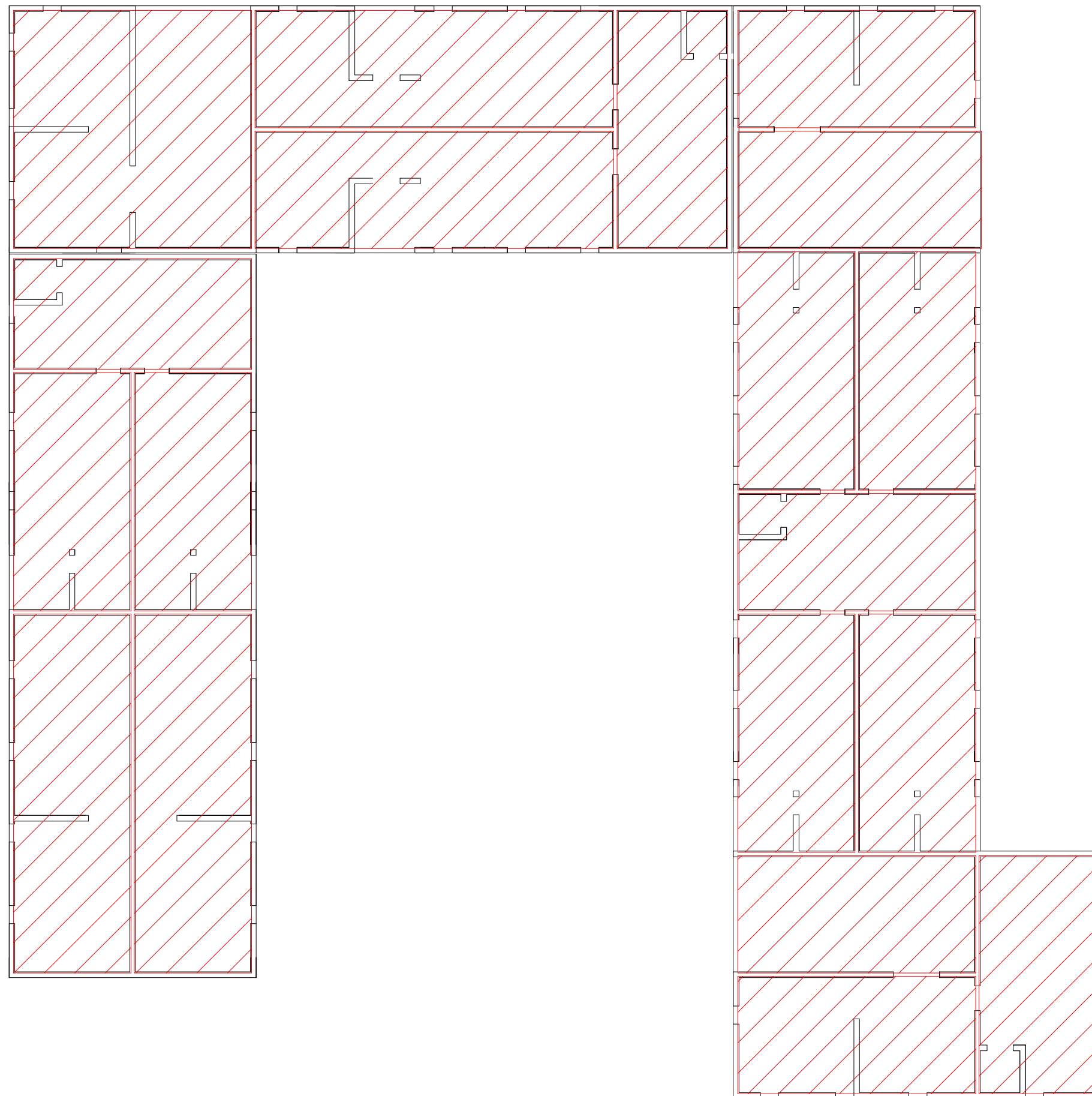
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-503, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-503

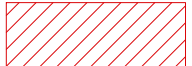


**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2149463-14 • 385 027 30333, fax • 385 027 469117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 600-gornja zona	BROJ PRILOGA: 21

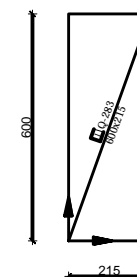
Armatura ploče  
pozicije 700  
-DONJA ZONA  
M 1:200



 Q-283

 otvor u ploči

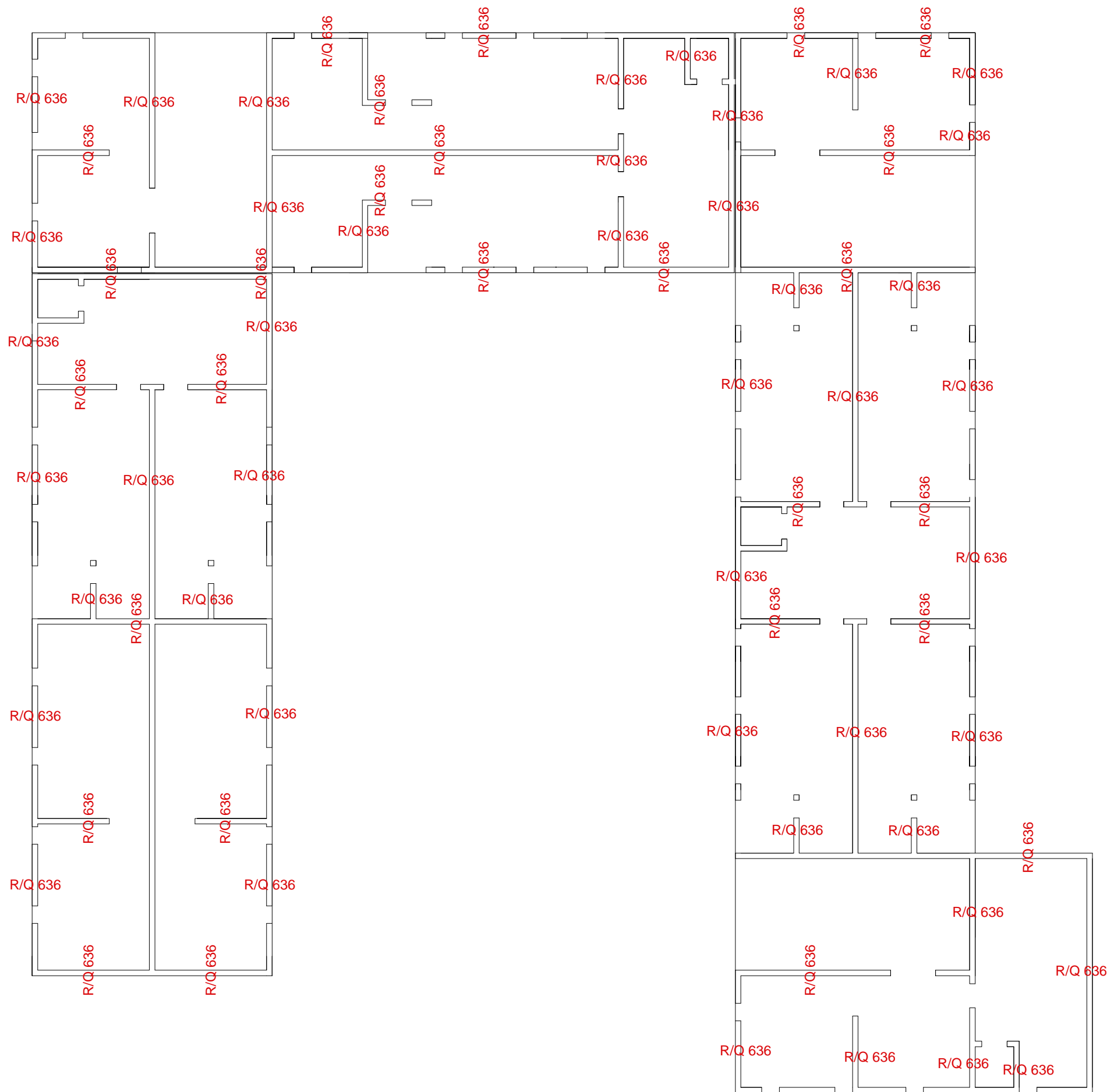
**Napomene:** -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



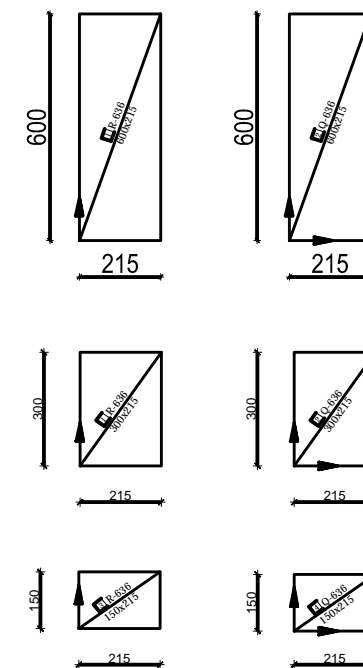
**Beton:** C 30/37  
**Armatura:** B 500B

 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 1. GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 IB: 314965314 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 469117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 700-donja zona	BROJ PRILOGA: 22


# Armatura ploče pozicije 700 -GORNJA ZONA M 1:200



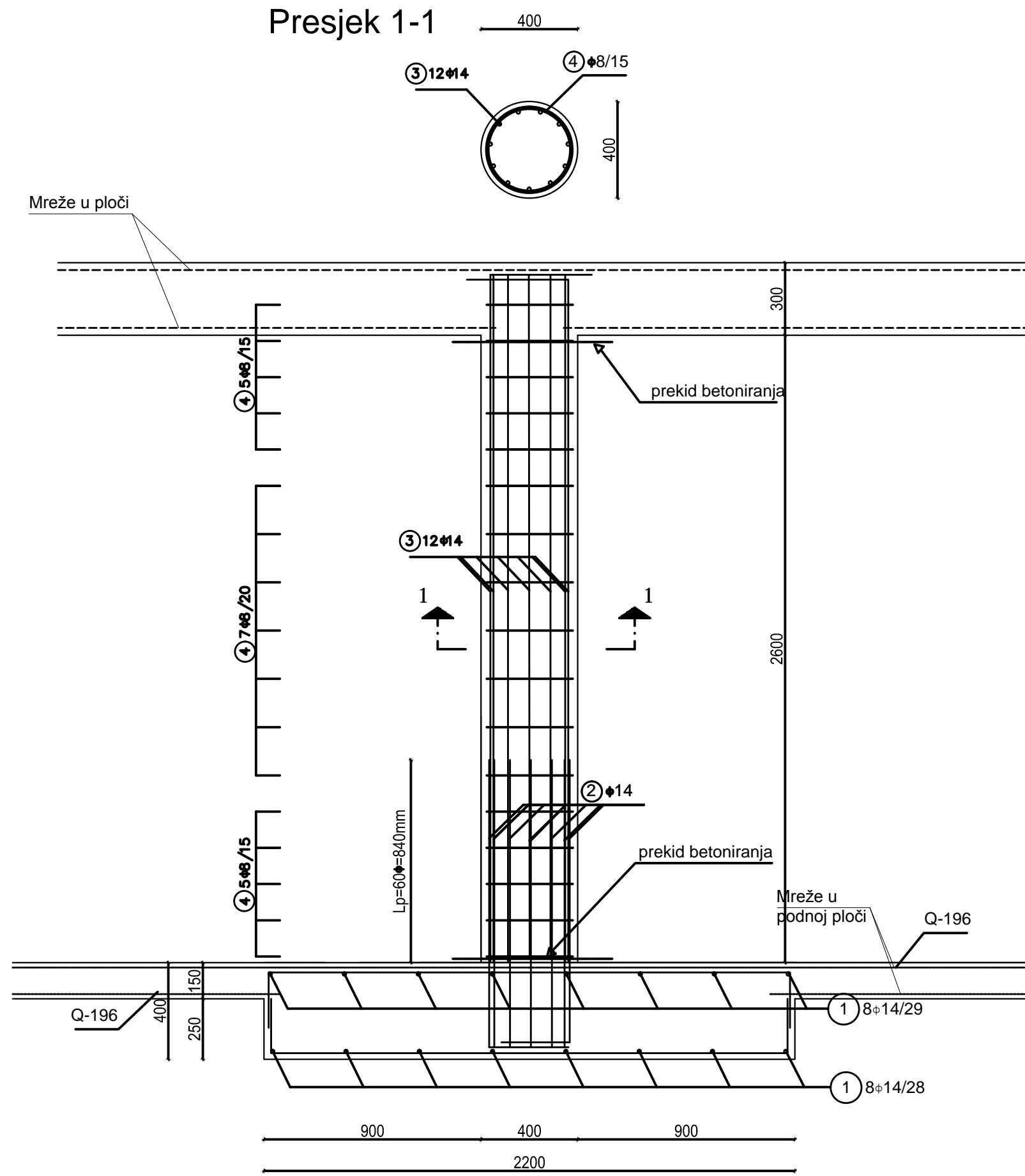
- Napomene:**
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
  - R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
  - Na rubovima ploča postavljati mreže R-636, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-636




**Beton: C 30/37**  
**Armatura: B 500B**

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 IB: 3149463146 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 469117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura ploče poz 700-gornja zona	BROJ PRILOGA: 23

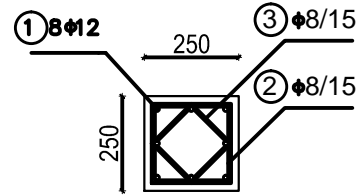
# Armatura stupova (S1) u garaži M 1:20



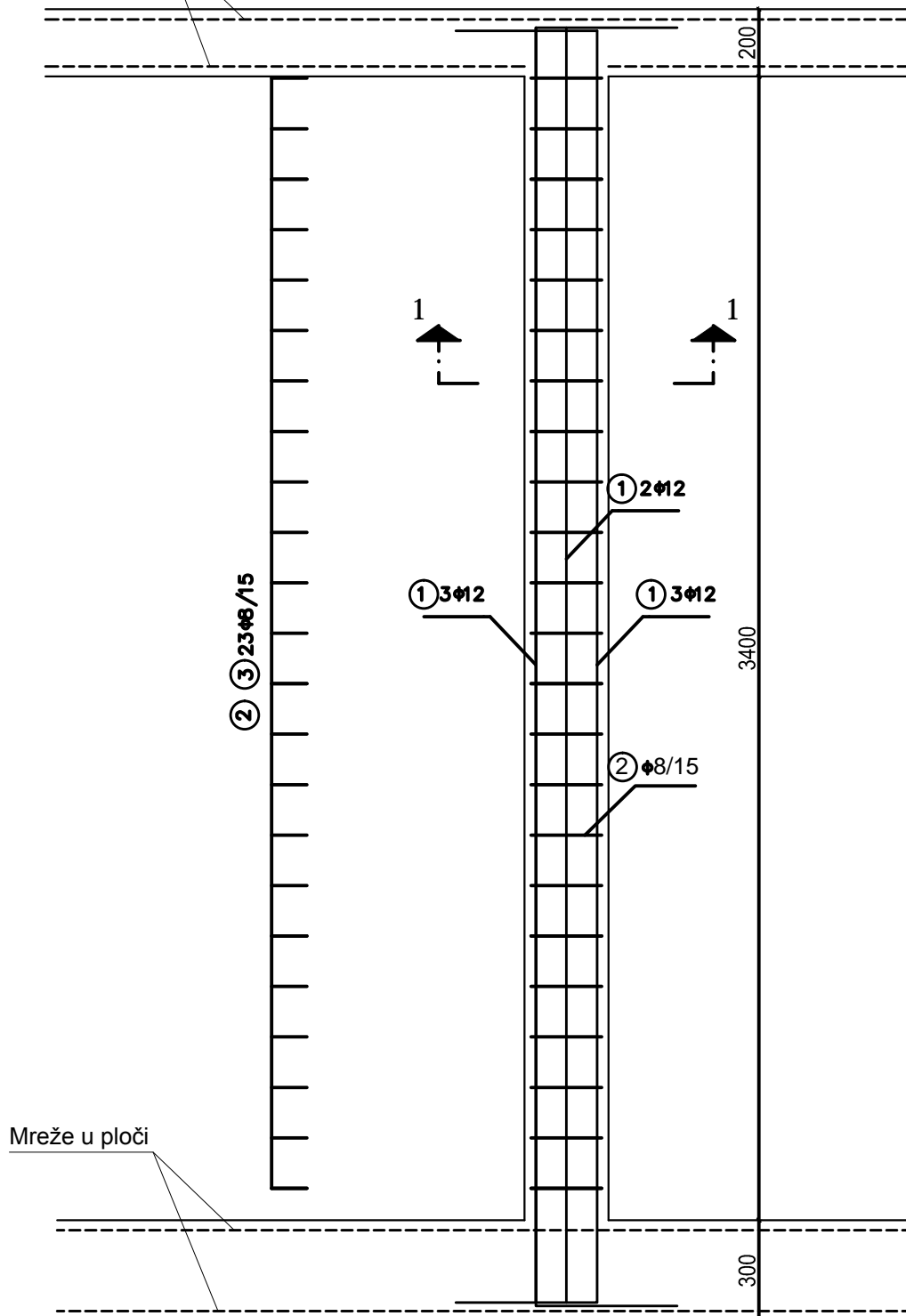
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura stupova S1	BROJ PRILOGA: 24

# Armatura stupova S2 i S3 M 1:20

Presjek 1-1

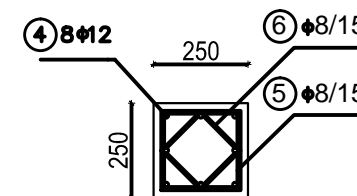


Mreže u ploči

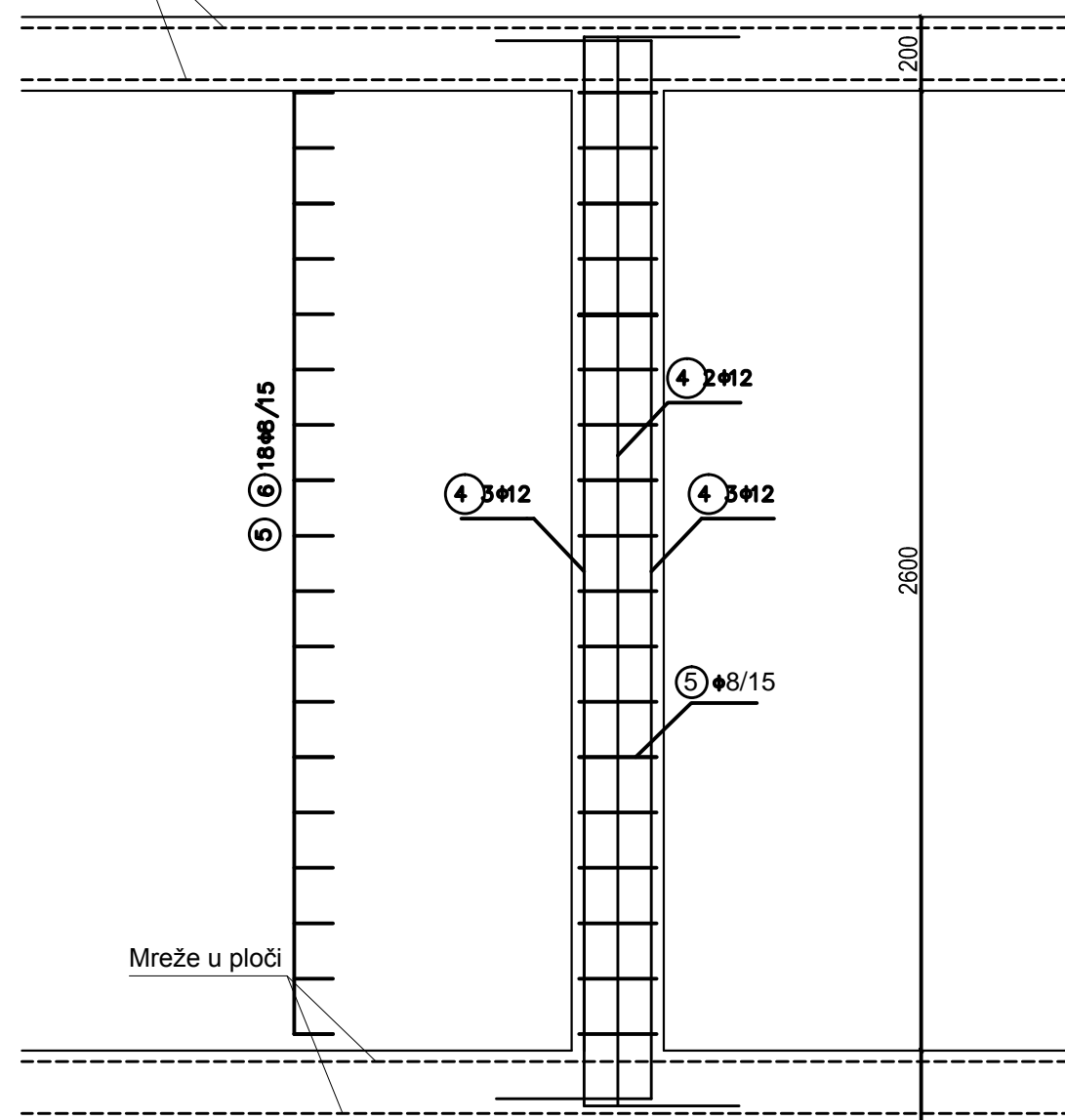


Mreže u ploči


Presjek 1-1



Mreže u ploči



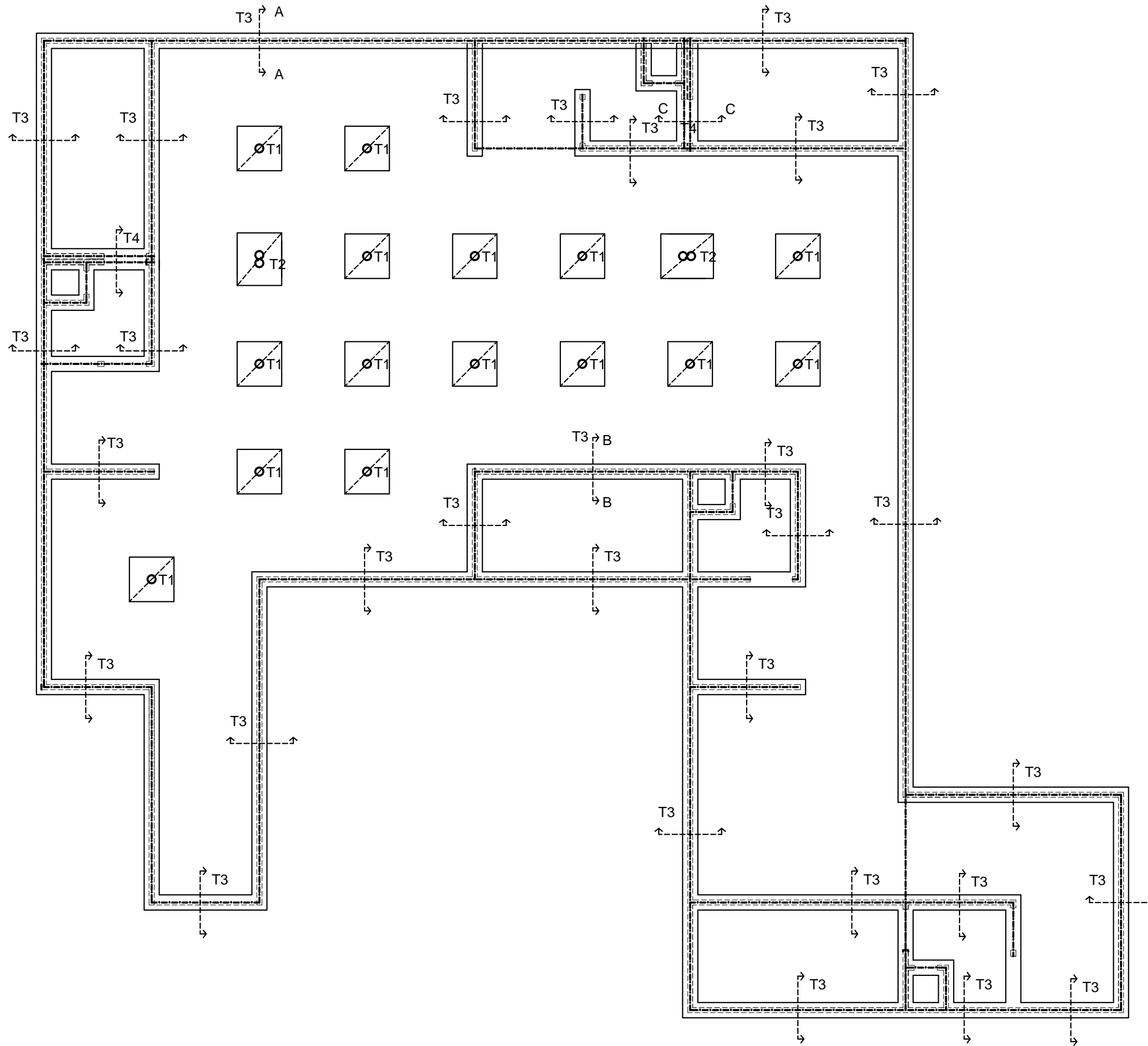
Mreže u ploči


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel + 385 (0)21 303333; fax + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura stupova S2 i S3	BROJ PRILOGA: 25



# Plan pozicija temelja

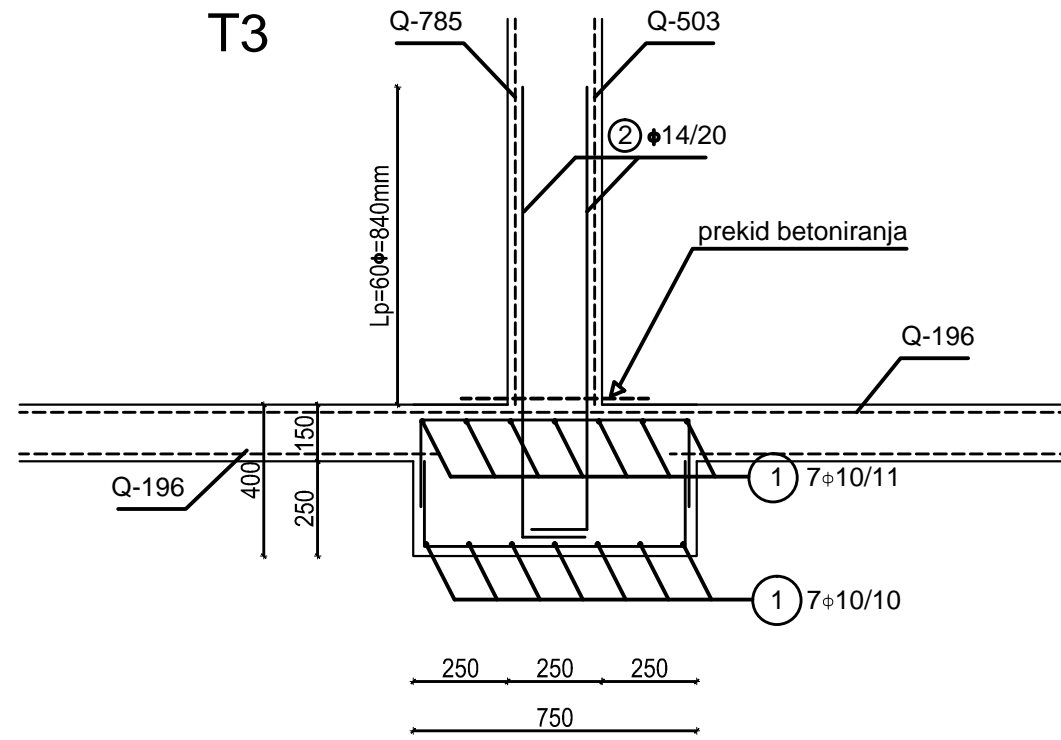
M 1:200



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 t: 021 4946314 • f: 021 4973033 • fax: 021 49746117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Plan pozicija temelja	BROJ PRILOGA: 26

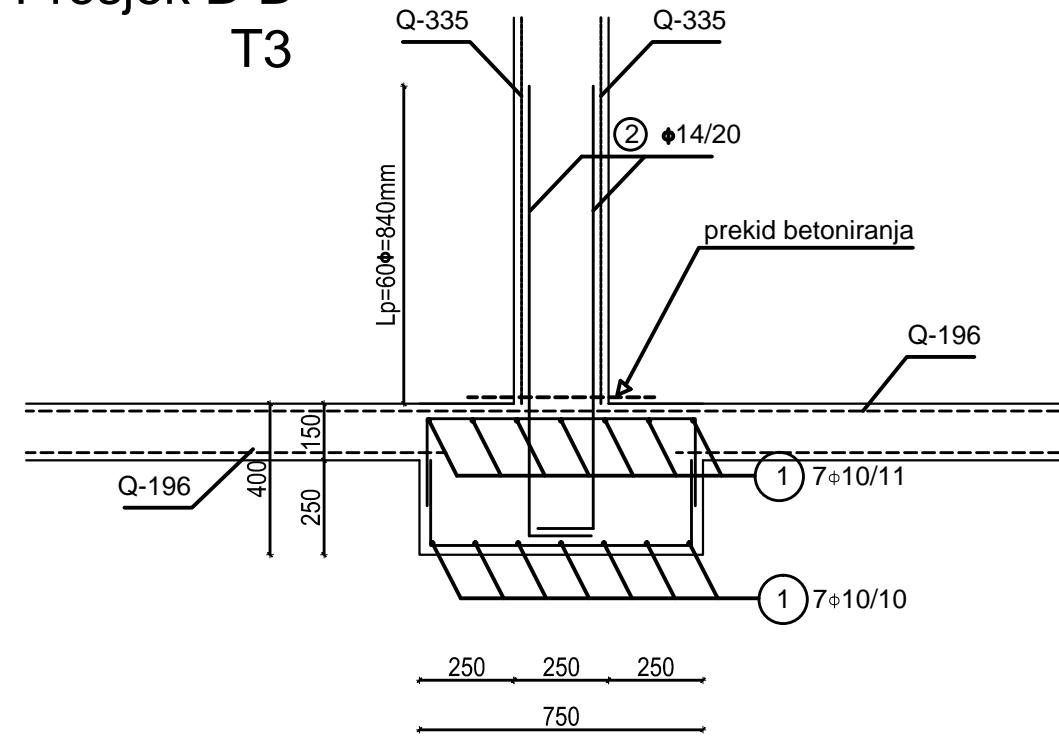
Presjek A-A

T3



Presjek B-B

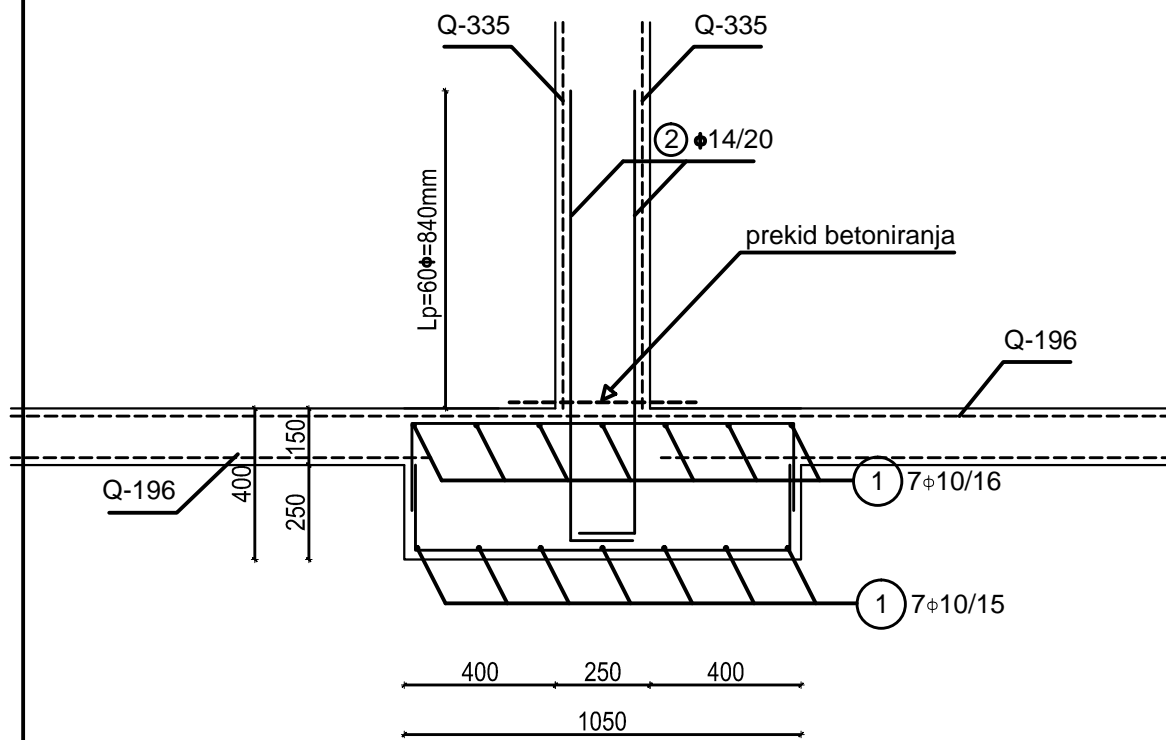
T3



Armatura temelja  
M 1:20

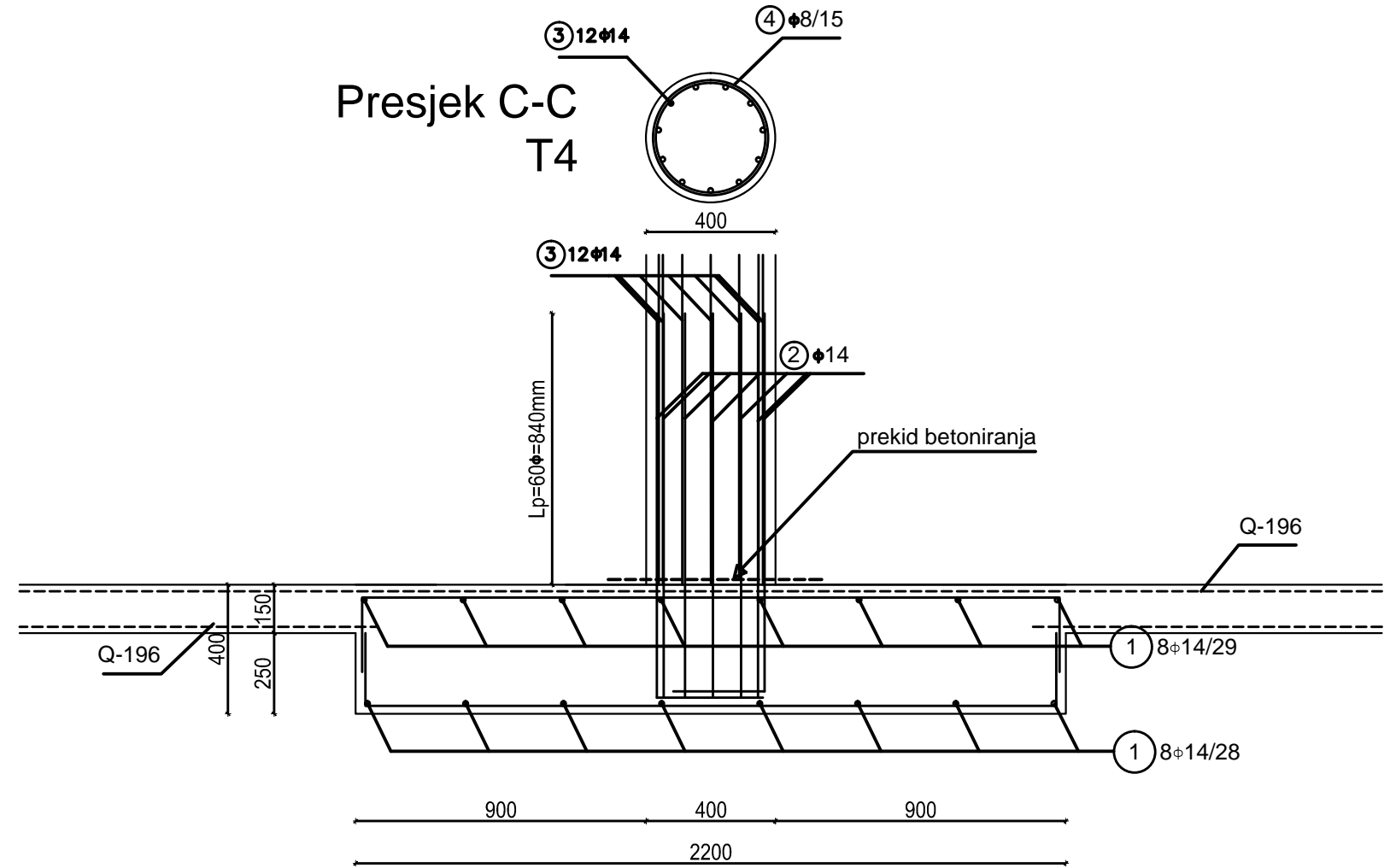
Presjek C-C

T4



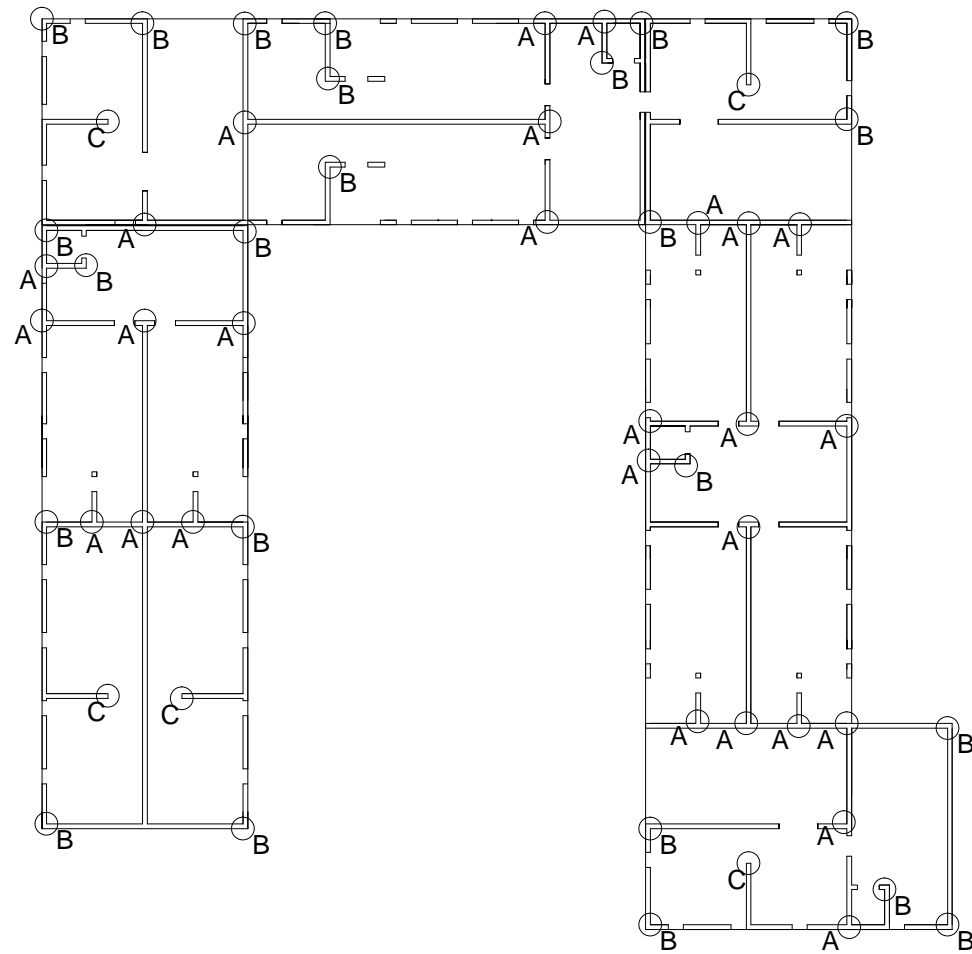
Presjek C-C

T4

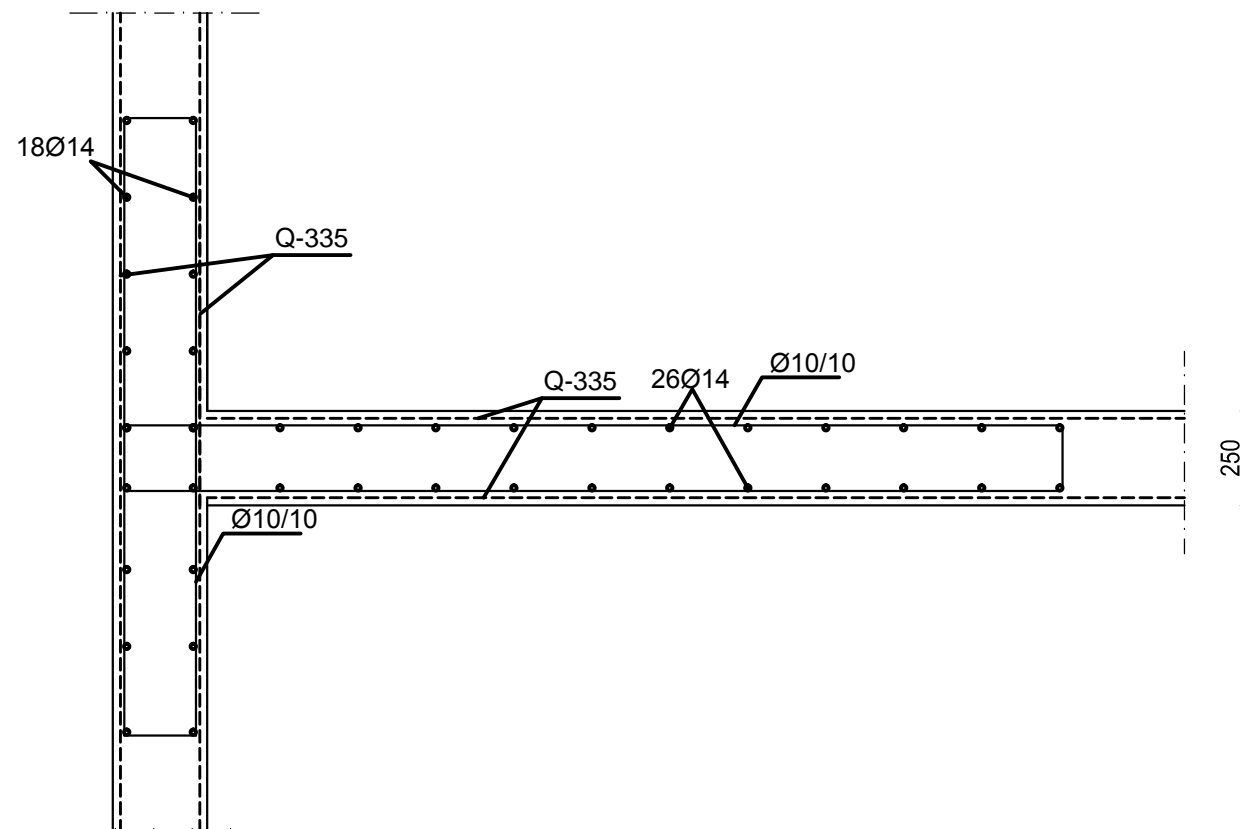


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 IB: 314945314 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 468117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura temelja	BROJ PRILOGA: 27

### Zidovi karakterističnog kata

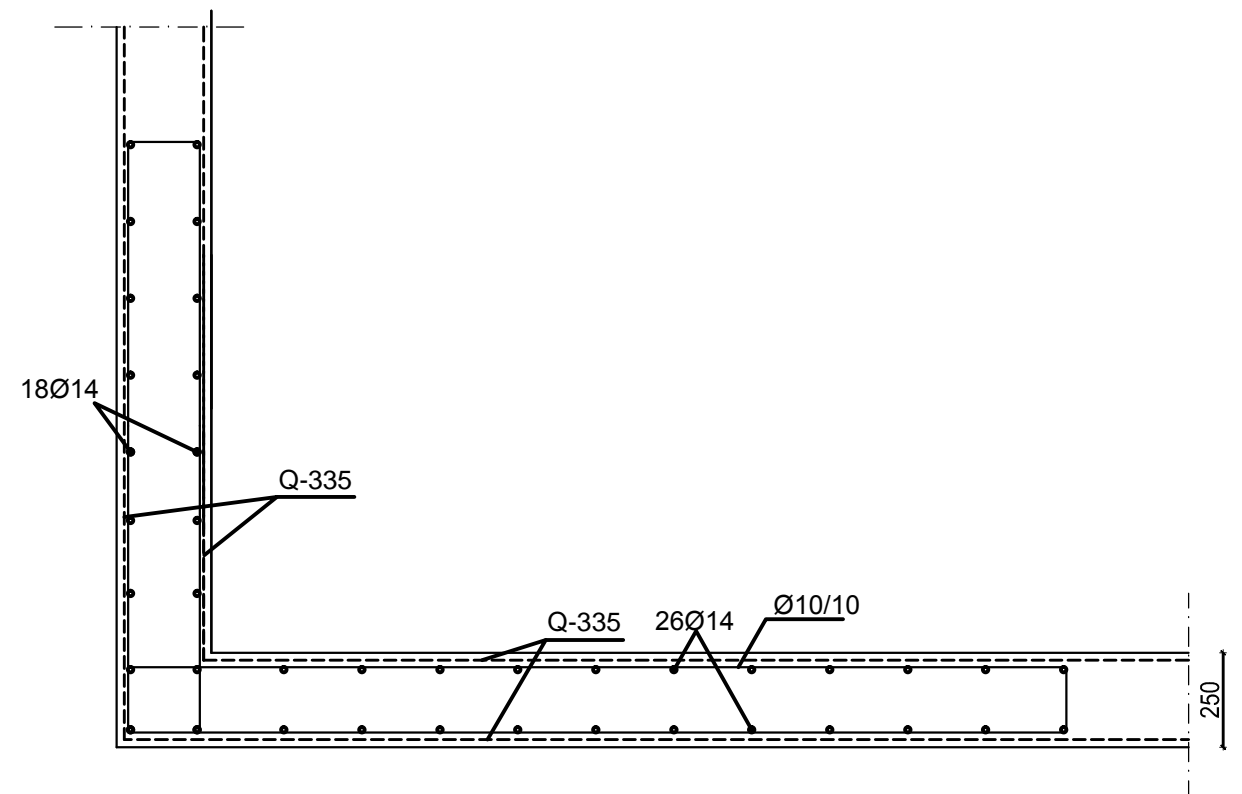


Detalj A

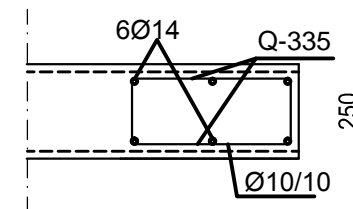



### Plan pozicija i armatura zidova M 1:20

Detalj B

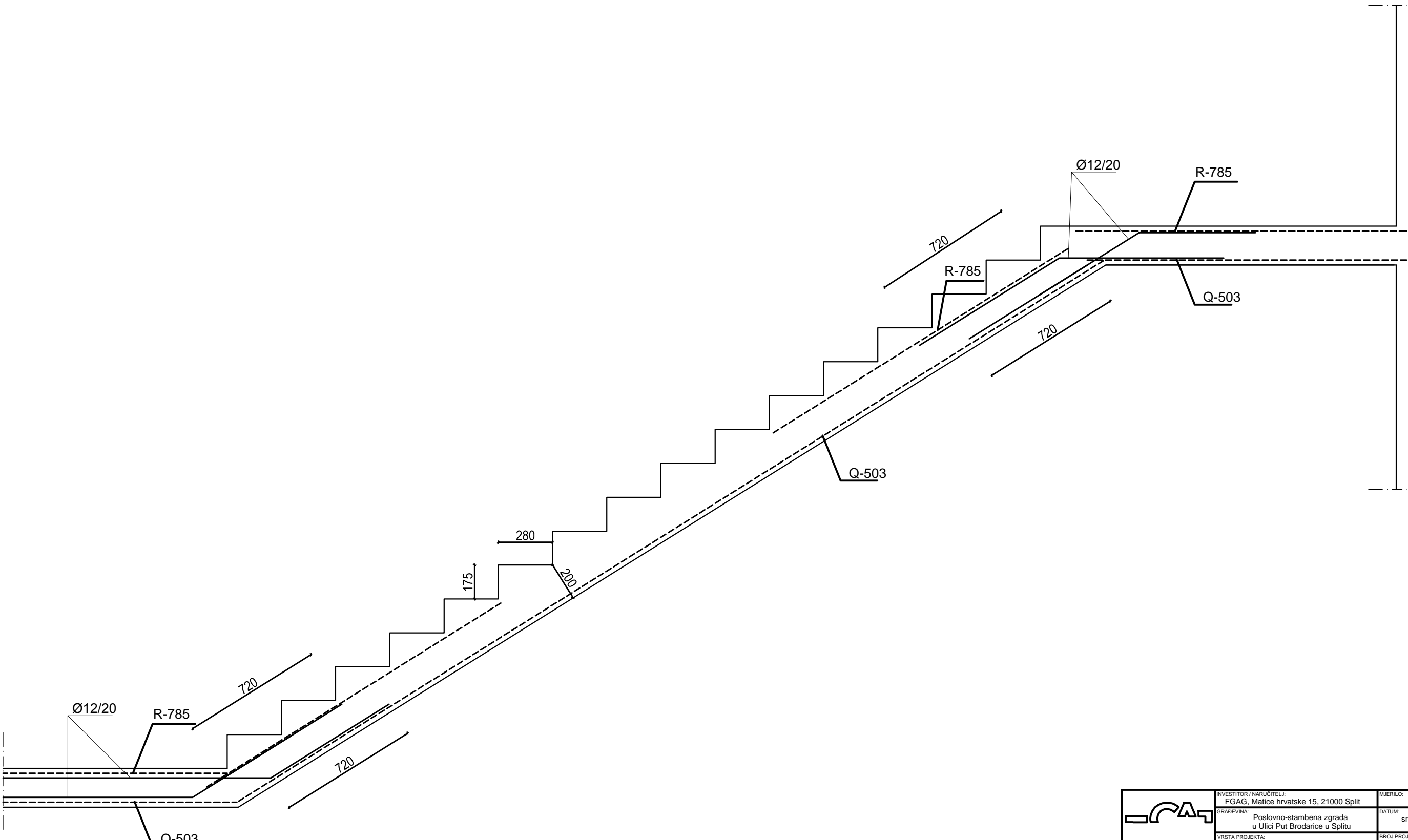



Detalj C



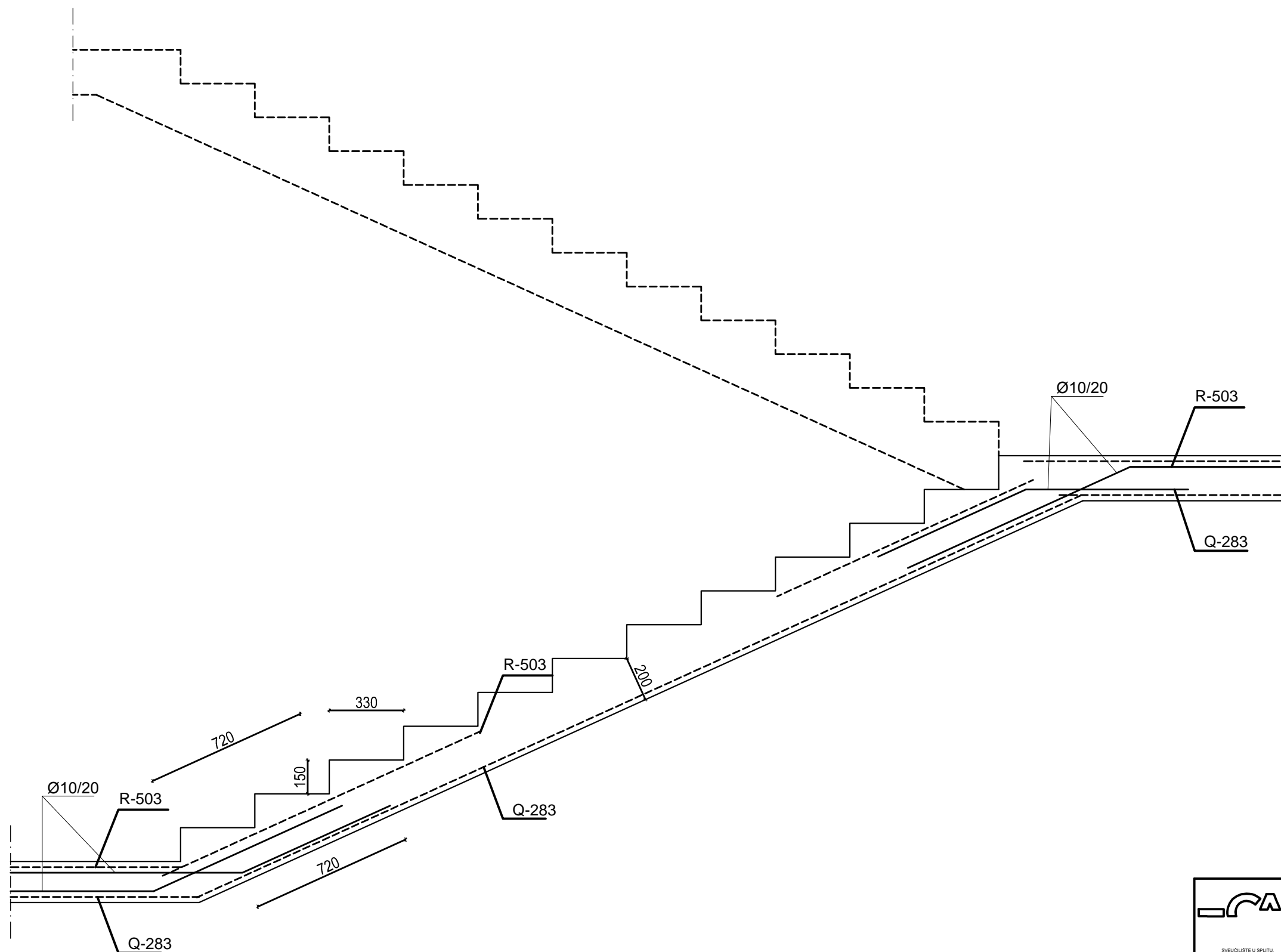
 <p> <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU                  FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE                  21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15                  MB 2149463.14 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 469117</small> </p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Plan pozicija i armatura zidova	BROJ PRILOGA: 28


# Armatura stubišta S1 M 1:20



 SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 2149463-14 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 469117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
	SADRŽAJ: Armatura stubišta S1	BROJ PRILOGA: 29

# Armatura stubišta S2 M 1:20



 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15          MB 214945314 • 385 (0)21 303333 fax • 385 (0)21 469117</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u Ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-07-2019.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Marina Lovrić
SADRŽAJ: Armatura stubišta S2	BROJ PRILOGA: 30	