

# Projekt konstrukcije stambene zgrade

---

**Kovačević, Mirna**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:537551>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Mirna Kovačević**

**Split, 2020.**

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

**Mirna Kovačević**

**Projekt konstrukcija stambene zgrade**

**Diplomski rad**

**Split, 2020.**

*Zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Juri Radniću na nesebičnoj pomoći, uloženom trudu i vremenu te korisnim savjetima tijekom izrade diplomskog rada.  
Veliko hvala mojim roditeljima i prijateljima na podršci tijekom školovanja.*

# Projekt konstrukcija stambene zgrade

## **Sažetak:**

U radu je prikazan glavni projekt stambene zgrade u Petrčanskoj ulici I u Petrčanima kraj Zadra. Građevina se sastoji od 4 kata. Građevina je izvedena u armiranom betonu monolitnom izvedbom s armirano-betonskim temeljima, zidovima, stupovima, gredama te armirano-betonskim pločama kao međukatnim konstrukcijama.

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

## **Ključne riječi:**

stambena zgrada, glavni projekt, monolitna izvedba

# Structural design of the residential building

## **Abstract:**

Main design of the residential building, which is positioned in Petrcanska ulica I in Petrcane (Zadar), is presented in this thesis.

The building has 4 floors above ground.

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

## **Keywords:**

residential building, main design, monolithic construction



STUDIJ: **SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
SMJER: **KONSTRUKCIJE**  
KANDIDAT: **Mirna Kovačević**  
BROJ INDEKSA: **748**  
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Projekt konstrukcija stambene zgrade**

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

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

U Splitu, ožujak 2020.

Voditelj diplomskog rada:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomske ispite

Prof. dr. sc. Jure Radnić

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 .....	3
1.5.	Konstruktivne pojedinosti - katovi .....	3
1.6.	Lokacija i opterećenja .....	3
1.7.	Materijali.....	4
2.	GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	5
2.1.	Podaci o istražnim radovima.....	5
2.2.	Temeljenje .....	5
3.	PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	5
3.1.	Opće napomene.....	5
3.2.	Postizanje zahtijevane geometrije.....	6
3.3.	Zemljani radovi .....	6
3.4.	Betonski, armirano betonski i tesarski radovi .....	7
3.4.1.	Beton.....	7
3.4.2.	Betonski čelik .....	8
3.4.3.	Prekidi betoniranja.....	9
3.4.4.	Oplata .....	9
3.4.5.	Primijenjeni standardi.....	9
3.5.	Ostali radovi i materijali .....	13
3.6.	Kontrolna ispitivanja .....	13
3.7.	Dužnosti izvođača.....	13
4.	OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI.....	14
4.1.	Oplate i skele .....	14
4.2.	Transport i ugradnja betona .....	16
4.3.	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama.....	17
4.4.	Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	18
4.5.	Obaveze izvođača .....	19
5.	NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	19
6.	UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	21
7.	PLANOVI POZICIJA .....	23
8.	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	25

8.1. Stalno opterećenje.....	25
8.1.1. Vlastita težina .....	25
8.1.2. Dodatno stalno opterećenje .....	25
8.2. Promjenjivo opterećenje .....	27
8.2.1. Korisno opterećenje.....	27
8.2.2. Opterećenje snijegom .....	28
8.2.3. Opterećenje vjetrom .....	29
8.3. Izvanredno opterećenje.....	34
8.3.1. Potresno opterećenje.....	34
9. NUMERIČKI MODEL .....	38
9.1. Numerički model općenito .....	38
9.2. Kombinacije opterećenja .....	39
10. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE .....	40
11. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONTRUKCIJE.....	43
11.1. Proračun ploče pozicije 400 (ploča krova) $d_{pl}=20$ cm.....	43
11.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	43
11.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	46
11.2. Proračun ploče pozicije 300 (ravni prohodni krov) $d_{pl}=20$ cm.....	52
11.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	52
11.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	56
11.3. Proračun ploče pozicije 200 (ploča iznad 1. kata) $d_{pl}=20$ cm.....	61
11.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	61
11.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	65
11.4. Proračun ploče pozicije 100 (ploča iznad prizemlja) $d_{pl}=20$ cm .....	70
11.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN .....	70
11.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče .....	73
12. PRORAČUN GREDA.....	78
12.1. Proračun grede pozicije 400 25×50 cm .....	78
12.2. Proračun grede pozicije 300 25×50 cm .....	84
12.3. Proračun grede pozicije 200 25×50 cm .....	91
12.4. Proračun grede pozicije 100 25×50 cm .....	98
13. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	105
13.1. Proračun stupova .....	105
13.1.1. Proračun stupova pozicije S1 .....	106
13.1.4. Proračun stupova pozicije S2 .....	128
13.1.5. Proračun stupova pozicije S3 .....	135
13.1.7. Proračun stupova pozicije S4 .....	149



14. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	159
14.1. Dimenzioniranje stubišta .....	159
15. PRORAČUN ZIDOVA .....	161
15.1. Proračun zida u smjeru X .....	161
15.2. Proračun zida u smjeru Y .....	176
16. PRORAČUN TEMELJA.....	184
16.1. Proračun trakastog temelja .....	184
16.1.1. Rezne sile.....	184
16.1.2. Dimenzioniranje temelja.....	186
16.2. Dimenzioniranje temelja samca ispod stupova .....	187
16.2. Rezne sile.....	187
16.2.2. Dimenzioniranje temelja.....	188
17. GRAFIČKI PRILOZI .....	190
18. LITERATURA .....	191

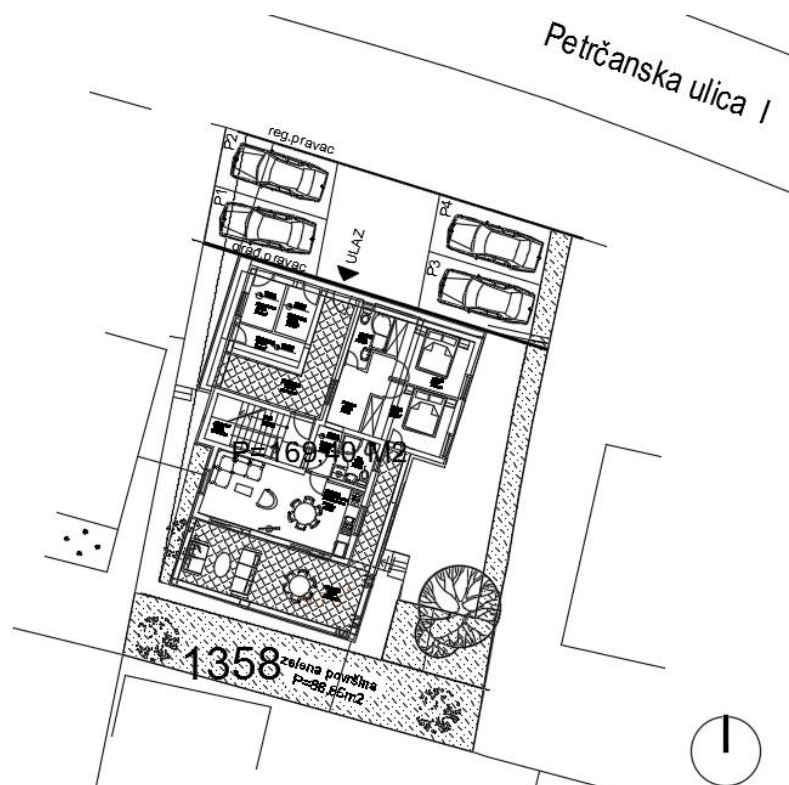
# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito (projektni zadatak)

U Petrčanskoj ulici u Petrčanima kraj Zadra nalazi se građevinska čestica na kojoj investitor ima namjeru izgraditi stambenu zgradu.

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

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



Slika 1.1. Situacija-položaj stambene zgrade s obzirom na okolni teren

## 1.2. Oblik i veličina građevinske čestice

Građevina je stambena zgrada katnosti P+3. Tlocrtna površina objekta 169,40 m<sup>2</sup>. Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog pristupa s prometnice koja se nalazi na sjevernoj strani stambene zgrade.

## 1.3. Namjena građevine

Namjena građevine je stambena. Građevina se sastoji od 4 nadzemne etaže. Ispred zgrade predviđen je i prostor za 4 parking mjesta. Katovi zgrade sadrže i prostrane terase za zajedničko korištenje svih stanara zgrade, te terasu na prohodnom dijelu krova iznad 3. etaže obogaćenu sadržajima za odmor i relaksaciju te dječju igru.

Vertikalna komunikacija u zgradi ostvarena je preko stubišta koji se protežu od prizemlja do zadnjeg kata.

Stanovi su dvosobni. Ovisno o pojedinom katu broj i vrsta stanova se razlikuju.

Ukupna visina zgrade od nulte točke terena je 11,65 m. Pojedini kat je visok 2,9 m mjereno od vrha ploče jednog kata do vrha ploče drugog kata, izuzev etaže prizemlja čija je visina 2,95 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*

#### 1.4. Konstruktivne pojedinosti – općenito

U konstrukcijskom smislu građevina je standardna armirano – betonska konstrukcija koja će se izvesti prema ovom projektu. Na objektu će se izvesti ravni krov. Temelji objekta izvesti će se kao trakasti temelji ispod zidova i temelji samci ispod stupova. Dubina temelja je definirana arhitektonskim projektom i ovim projektom.

Međukatne konstrukcije su AB ploče. Debljina ploče nad svim katovima je 20 cm izuzev debljine podne ploče koja iznosi 15 cm. Nosivi zidovi su također armirano - betonski, debljine 25 cm, s potrebnim termičkim slojevima, osim jednog zida u Y smjeru koji je debljine 20 cm. 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 - katovi

Za izvedbu međukatne konstrukcije predviđena je AB ploča. Izrađena je od betona klase C30/37, 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). Sve grede su izvedene od betona C 30/37 i armirane s B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 2.5 cm. Vertikalni nosivi sustav viših katova i prizemlja čine AB zidovi debljine 25 cm i 20 cm te stupovi kvadratnog i pravokutnog poprečnog presjeka dimenzija 25/25 cm, 25/35 cm i 25/45 cm.

#### 1.6. Lokacija i opterećenja

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u zonu za koju je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g = 0.171g$ . 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 III. zonu opterećenja vjetrom.

### 1.7. 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 2.5 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.

## 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.

### 2.2. Temeljenje

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.

## 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 iskapati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- Ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa
- Za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svi radovi 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 očvrstnulo 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 gredice (prEN 10080-6:1999).

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

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

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

### 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 nacrtā, 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 svježē 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 očvrtnulom 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, poluproizvoda i gotovih porizvoda od ovlaštenih organizacija kao što je:

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

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

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

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

Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prljanja 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 redoslijedu, 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 kliještima. 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 sljedeće 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 sljedeći otpad:

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

Kondicioniranjem se može obraditi sljedeći otpad:

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

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

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

## 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 umjereno ili jako agresivnom okolišu,
- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata betonske konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

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

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 očvrstloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)
HRN EN 12390-3:2002	Ispitivanje očvrstloga 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, temeljne trake velikim slovima TT, a temelji samci TS.

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

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 19.1". 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 400

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
AB ESTRIH	0,05	25	1,25
PE FOLIJA	-	-	-
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,13	3	0,39
BETON SREDNJE GUSTOĆE	0,08	24	1,92
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,01	18	0,18
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 3,74 kN/m<sup>2</sup></b>			

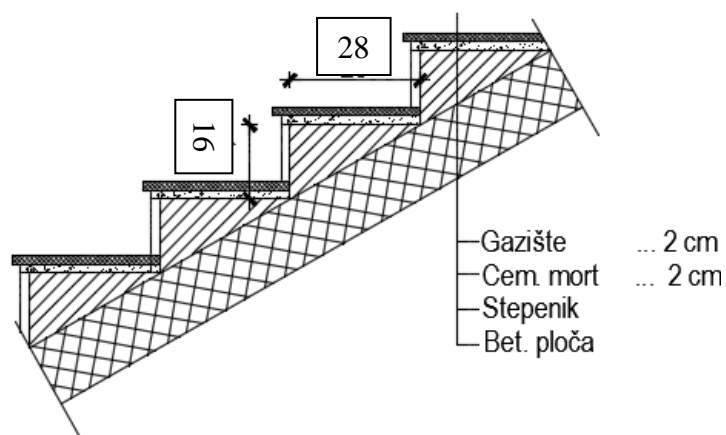
##### b) Ravni prohodni krov- PLOČA POZICIJA 300

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KERAMIČKE PLOČICE	0,02	24	0,48
ESTRIH	0,05	25	1,25
PE FOLIJA	-	-	-
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,13	3	0,39
BETON SREDNJE GUSTOĆE	0,08	24	1,92
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,01	18	0,18
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 4,22 kN/m<sup>2</sup></b>			

## c) Međukatne ploče- PLOČE POZICIJE 100 i 200

SLOJ:	$d(m)$	$g(kN/m^3)$	$d \cdot g(kN/m^2)$
KERAMIČKE PLOČICE	0,02	24	0,48
ESTRIH	0,05	25	1,25
PE FOLIJA	-	-	-
TOPLINSKA IZOLACIJA	0,05	3	0,15
HIDROIZOLACIJA+PARNA BRANA	0,01	18	0,1
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 2,06 kN/m<sup>2</sup></b>			

## d) STUBIŠTE



Slika 8.1. 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	0,08	24	1,92
AB PLOČA	uključena kroz računalni program		
<b>UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE : 2,88 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) :  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Balkoni/terase (A) :  $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

	$q_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
<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 8.2. Vrijednosti korisnog opterećenja

Neće se raditi kombinacije korisnog opterećenja, već će se korisno opterećenje uvećati za 20%.

- Ravni krov:  $q = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori (A) :  $q = 2,4 \text{ kN/m}^2$

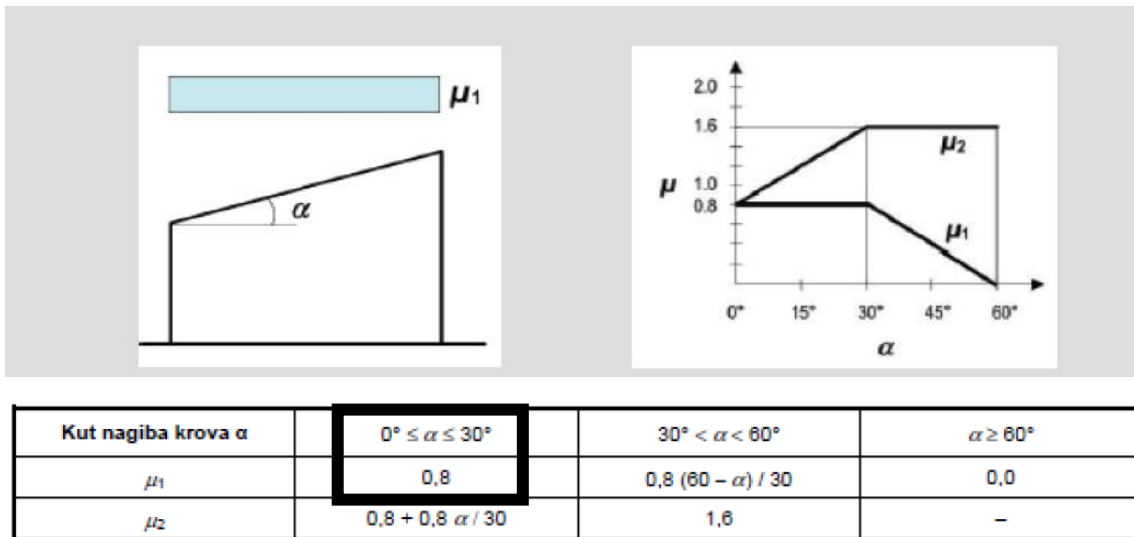
- Stubišta (A):  $q = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- Balkoni/terase (A):  $q = 4,8 \text{ kN/m}^2$

### 8.2.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom definira se izrazom:

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

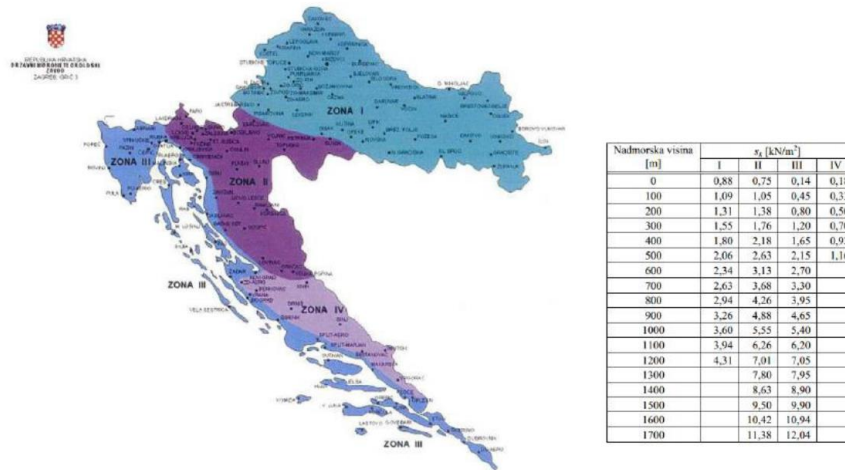
- $\mu_1$  - koef. oblika za opterećenje snijegom-RAVNI I JEDNOSTREŠNI KROV-  
nagib krova  $\rightarrow \alpha = 5^\circ$



Slika 8.3. Očitavanje koeficijenta oblika

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

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



Slika 8.4. Karta karakterističnih vrijednosti opterećenja snijegom obzirom na područje

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

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

### 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:

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

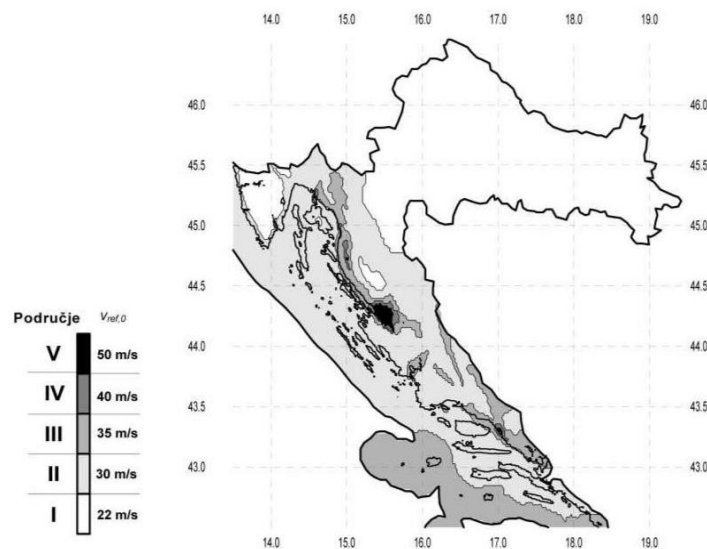
- Koeficijent smjera vjetra ( $c_{DIR}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{dir} = 1,0$ .

- 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 8.5. Karta osnovnih brzina vjetra obzirom na područje

→ Objekt se nalazi na području grada Zadra (Petrčane) te prema prikazanoj karti pripada III. vjetrovnoj zoni. Iz toga slijedi:

$$v_{b,0} = 35 \frac{m}{s} \rightarrow \text{očitano za Zadar}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{tem} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,001 \cdot 35,0 = 35,04 \text{ m/s}$$

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 8.6. Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

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

$$z_0 = 0,30 \quad z_{\min} = 5,0 \quad z_{\max} = \text{obično se uzima } 200\text{m}$$

➤ 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:

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

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

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

➤ Rezultirajuća sila vjetra:

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

$c_{pe}$  – koeficijent vanjskog tlaka

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

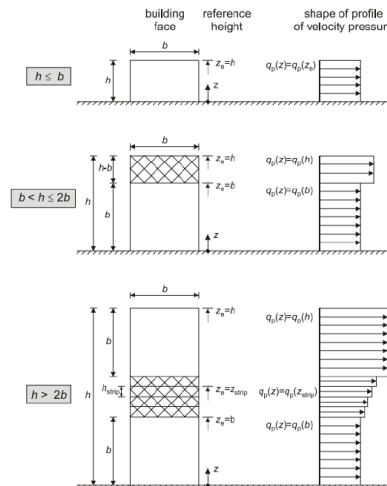


$c_{pi}$  – koeficijent unutarnjeg tlaka

$z_i$  – referentna visina objekta

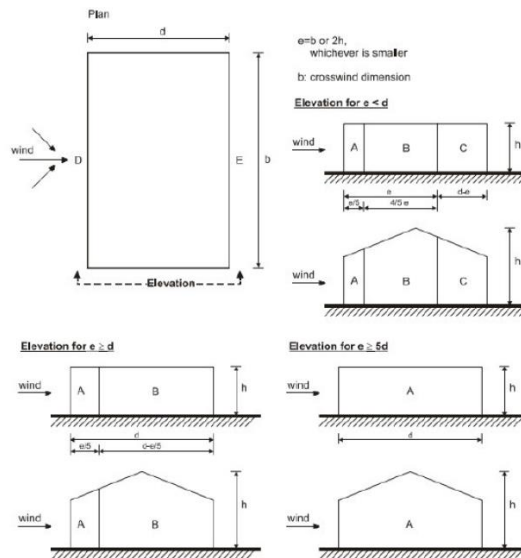
**Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka  $c_{pe}$**

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



Slika 8.7. Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka vjetra

II. Podjela zgrade na zone (za vertikalne zidove)



Slika 8.8. Podjela zgrade na vjetrovne zone

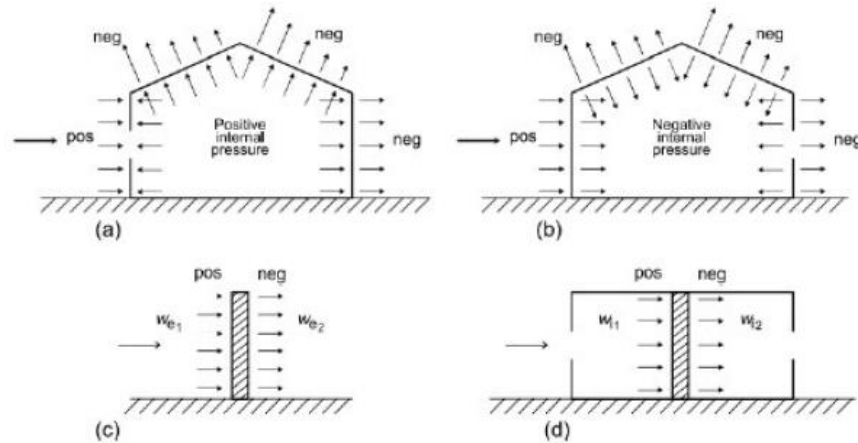
Zone	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Slika 8.9. 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 8.10. te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plahu.



Slika 8.10. Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka na zidove i krovove zgrade

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,274] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,54^2$$

$$= 1,38 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe} = 0,8 \rightarrow w_e = 1,38 \cdot 0,8 = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pi} = -0,5 \rightarrow w_i = 1,38 \cdot (-0,5) = -0,69 \text{ kN/m}^2$$

**Napomena:** Građevina je na poziciji gdje je uglavnom zaštićena od vjetra te opterećenje vjetrom nije uzeto u obzir u proračunskom modelu.

### 8.3. Izvanredno opterećenje

#### *8.3.1. Potresno opterećenje*

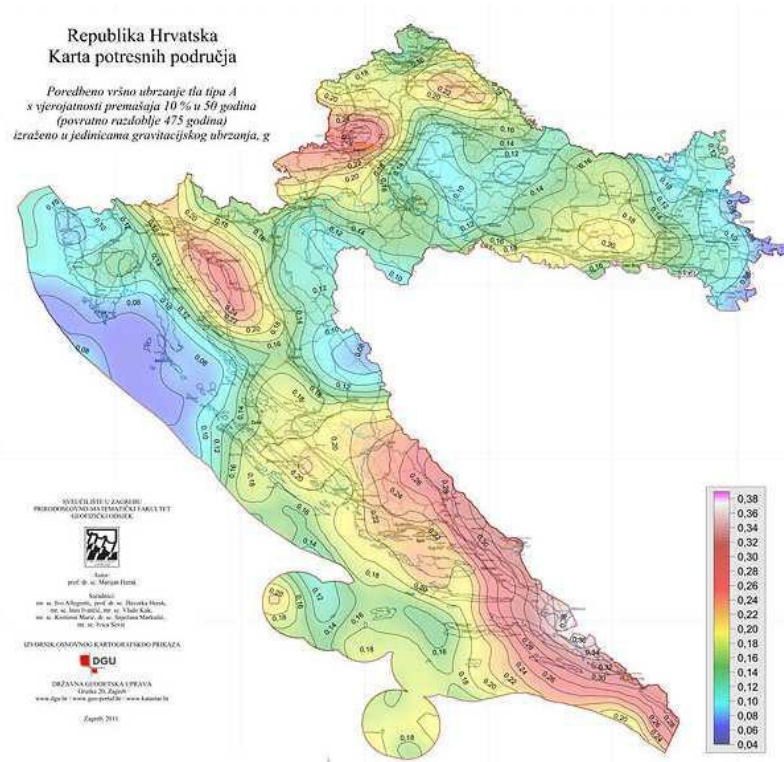
Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Scia Engineer 19.1. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8 sa SRSS metodom izračuna. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su klasa tla 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.

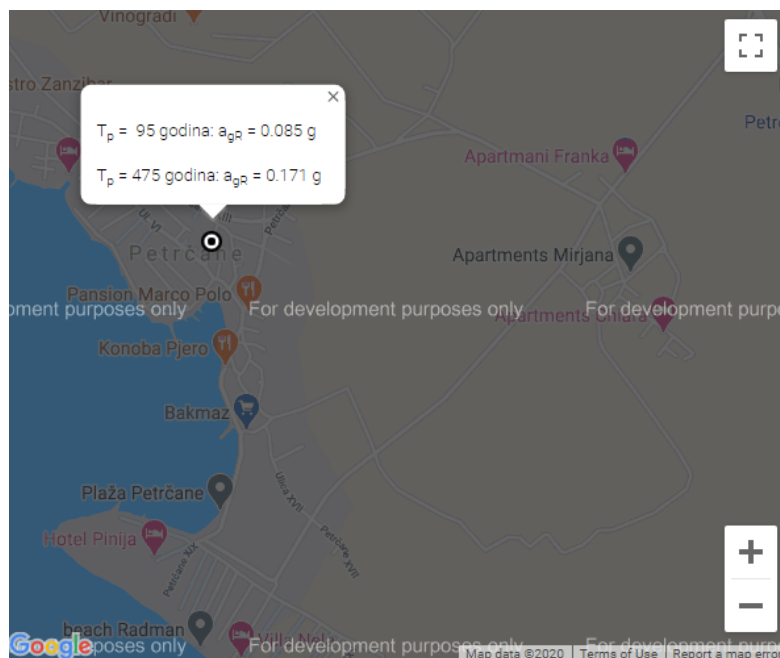
Budući se dio potresne energije u konstrukciji troši njenim deformiranjem ovisno o sklonosti deformiranju općenito se dopušta proračun na djelovanje sila koje su manje od onih u elastičnom spektru odziva. Da bi se izbjegao nelinearni proračun uzima se u obzir kapacitet konstrukcije trošenju energije. 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 povratni period od 475 godina za GSN
  - Za područje grada Zadra ( Petručane )  **$a_{gR} = 0,171g \approx 1,71 \text{ m/s}^2$**



Slika 8.11. Karta područja za određivanje ubrzanja tla od potresnog opterećenja



Slika 8.12. Očitano ubrzanje za područje Petróčane

- 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 8.13. 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

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

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

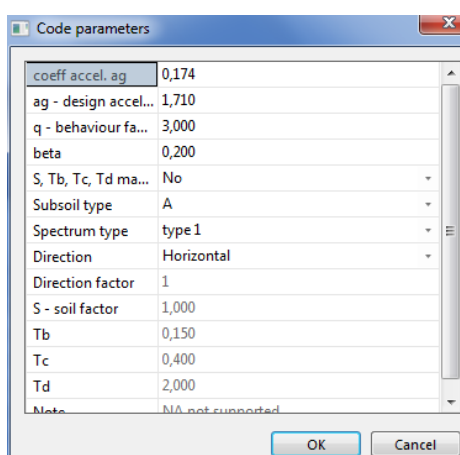
$$k_w \rightarrow \text{faktor prevladavajućeg sloma} \rightarrow k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3}, \quad k_w = 1$$

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

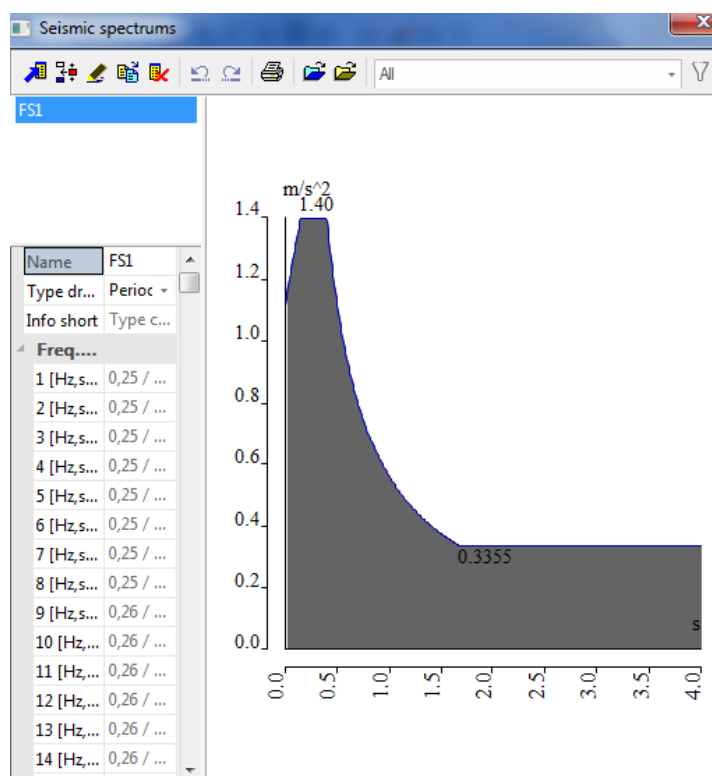
Slika 8.14. Određivanje osnovnog faktora ponašanja

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

⇒ Ulazni podaci za proračun:



Slika 8.15. Ulazni podaci za proračun na potres



Slika 8.16. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

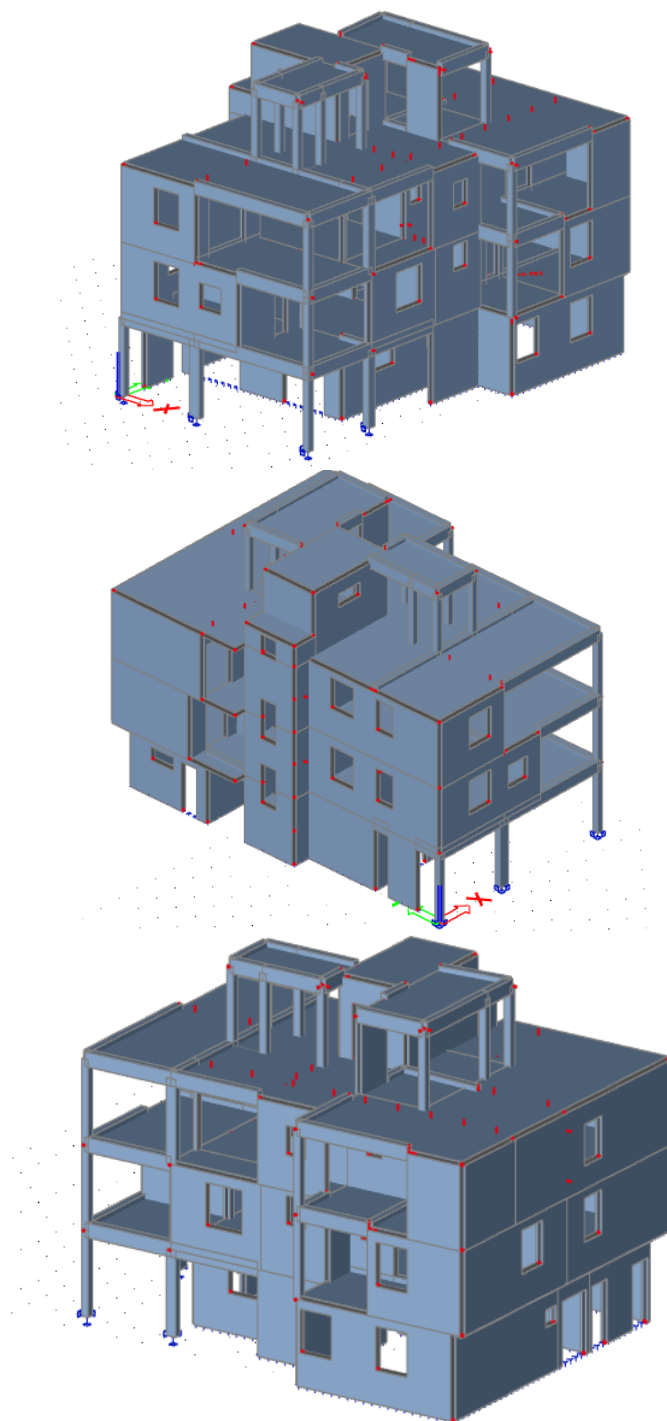
Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (30% pokretnog opterećenja). Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 30 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu je aktivirano svih 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila. 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 i greda).

Numerički model izrađen je u računalnom programu Scia Engineer 19.1.



*Slika 9.1. 3D model*

- Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 20 cm. Modelirane su kao 2D plošni elementi i opterećene okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po m<sup>2</sup>- dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem te snijegom.
- Zidovi su armirano betonski zidovi debljine 25 i 20 cm. Modelirani su kao 2D plošni elementi.
- Stupovi su armirano betonski na svim etažama kvadratnog profila 25/25 cm i pravokutnog punog profila dimenzija 45/25 cm i 35/25 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.

### 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:

$$GSN1 \quad 1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q + 0,9 \cdot 1,5 \cdot S$$

GSN2	$1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot S$
GSN3	$1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$
GSN4	$1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot W_x$
GSN5	$1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot W_y$
GSN6	$1,0 \cdot (G + \Delta G) + 0,3 \cdot Q + 1,0 \cdot S_x$
GSN7	$1,0 \cdot (G + \Delta G) + 0,3 \cdot Q + 1,0 \cdot S_y$



GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI:

$$\frac{GSU1}{GSU2} \quad \begin{array}{l} 1,0 \cdot (G + \Delta G) + 1,0 \cdot Q \\ 1,0 \cdot (G + \Delta G) + 1,0 \cdot S \end{array}$$

## 10. REZULTATI DINAMIČKE ANALIZE

### Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju

#### Calculation protocol

##### Solution of Free vibration

Number of 2D elements	1711
Number of 1D elements	110
Number of mesh nodes	1545
Number of equations	9270
Combination of mass groups	MC1 CM1
Number of frequencies	30
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	18.06.2020 23:14
End of calculation	18.06.2020 23:14

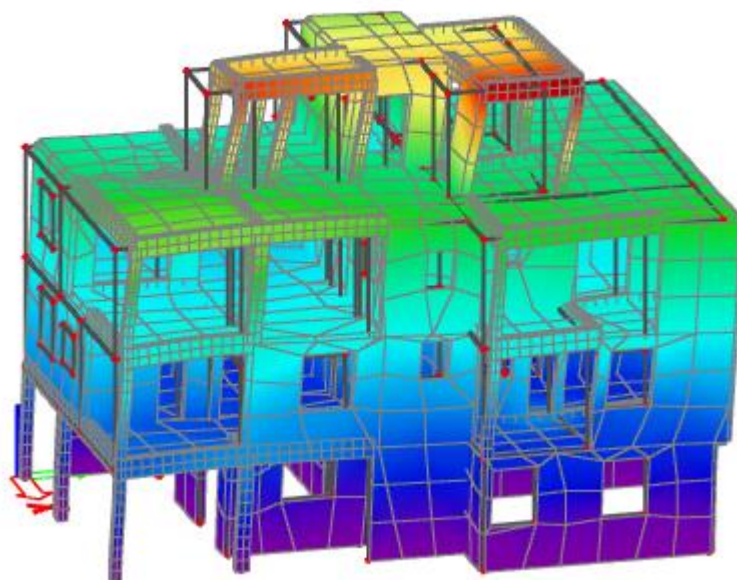
#### Sum of masses

Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1 Moving mass	848758,4	848758,4	848758,4
1 Total mass	871174,3	871174,3	871174,3

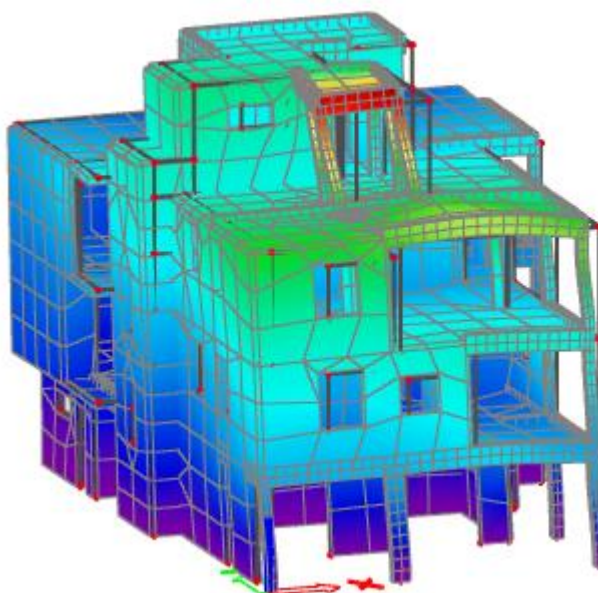
#### Relative modal masses

Mode	Imega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_x/W_{stat}$	$W_y/W_{stat}$	$W_z/W_{stat}$	$N_{x, 0}/W_{stat, 0}$	$N_{y, 0}/W_{stat, 0}$	$N_{z, 0}/W_{stat, 0}$
1	90.9693	0,07	14,48	0,0005	0,6325	0,0000	0,1638	0,0000	0,0197
2	99.5193	0,06	15,84	0,5455	0,0063	0,0046	0,0136	0,1267	0,1735
3	127.164	0,05	20,24	0,0525	0,0007	0,0557	0,0536	0,0003	0,0003
4	133.54	0,05	21,25	0,0704	0,0538	0,0032	0,0041	0,0138	0,0804
5	138.432	0,05	22,03	0,0625	0,0017	0,0008	0,0048	0,0507	0,5481
6	159.702	0,04	25,42	0,0253	0,0353	0,0000	0,0042	0,0005	0,0054
7	165.52	0,04	26,34	0,0076	0,0081	0,0148	0,0012	0,0045	0,0000
8	178.943	0,04	28,48	0,0002	0,0002	0,0518	0,0202	0,0033	0,0000
9	207.594	0,03	33,04	0,0065	0,0014	0,0846	0,0386	0,0066	0,0118
10	208.573	0,03	33,20	0,0000	0,0016	0,0004	0,0389	0,0206	0,0113
11	217.574	0,03	34,63	0,0456	0,0166	0,0160	0,0035	0,0417	0,0045
12	230.921	0,03	36,75	0,0020	0,0010	0,0218	0,0058	0,0193	0,0000
13	233.065	0,03	37,09	0,0072	0,0112	0,0316	0,0648	0,0484	0,0094
14	238.571	0,03	37,97	0,0160	0,0022	0,0116	0,0012	0,0150	0,0220
15	246.278	0,03	39,20	0,0030	0,0014	0,0426	0,0286	0,0132	0,0034
16	252.799	0,02	40,73	0,0225	0,0076	0,0001	0,0303	0,0876	0,0017
17	265.15	0,02	42,20	0,0005	0,0003	0,0005	0,0045	0,0000	0,0002
18	276.851	0,02	44,06	0,0028	0,0060	0,0831	0,0333	0,0025	0,0014
19	289.513	0,02	46,08	0,0002	0,0568	0,0174	0,0856	0,0009	0,0086
20	300.217	0,02	47,78	0,0003	0,0001	0,0245	0,0001	0,0063	0,0001
21	308.209	0,02	49,05	0,0066	0,0002	0,0000	0,0008	0,0135	0,0025
22	311.466	0,02	49,57	0,0018	0,0006	0,0143	0,0008	0,0112	0,0002
23	315.688	0,02	50,24	0,0120	0,0371	0,0000	0,0224	0,0392	0,0010
24	320.835	0,02	51,06	0,0013	0,0001	0,0017	0,0013	0,0169	0,0011
25	322.439	0,02	51,32	0,0008	0,0188	0,0189	0,0359	0,0087	0,0014
26	326.837	0,02	52,02	0,0000	0,0052	0,0576	0,0079	0,0007	0,0007
27	329.599	0,02	52,46	0,0000	0,0000	0,0072	0,0205	0,0025	0,0002
28	337.604	0,02	53,73	0,0023	0,0000	0,0098	0,0074	0,0006	0,0000
29	338.013	0,02	53,80	0,0175	0,0021	0,0305	0,0007	0,0931	0,0053
30	342.744	0,02	54,55	0,0014	0,0001	0,0252	0,0022	0,0036	0,0008
				0,9147	0,9040	0,6305	0,7004	0,6520	0,9171

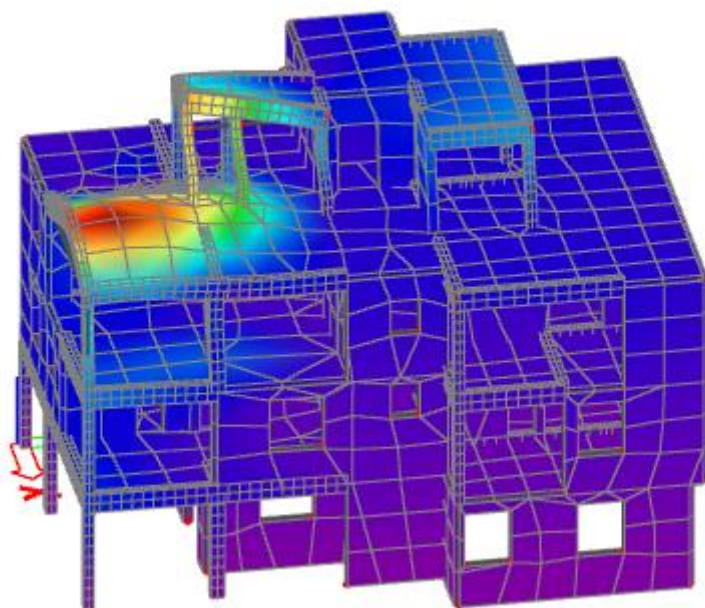
Uočavamo kako je aktivirano 90 % mase u oba smjera. U x smjeru je aktivirano 91.47 % mase, a u y smjeru 90.40 % mase.



Slika 10.1. **1. Mod, T1=0.07 s**



Slika 10.2. **2. mod, T1=0.06 s**



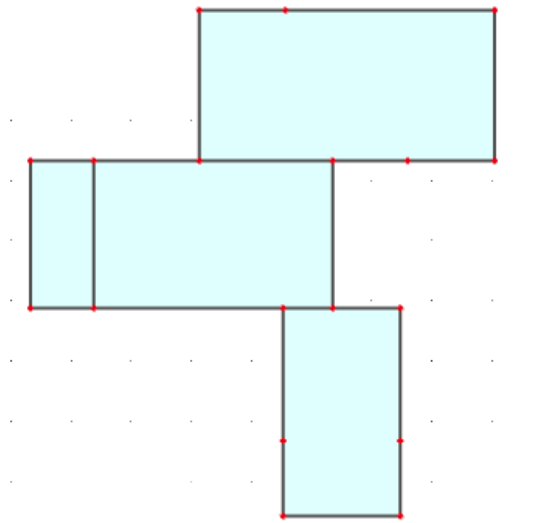
Slika 10.3. **3. Mod,  $T_1=0.05$  s**

## 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 za granično stanje nosivosti dok su za kontrolu pukotina i progiba korištene kombinacije graničnog stanja uporabljivosti.

### 11.1. Proračun ploče pozicije 400 (ploča krova) $d_{pl}=20$ cm

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



Slika 11.1. Prikaz ploče pozicije 400

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

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

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

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

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2 = 91.90 \text{ kNm}$$

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

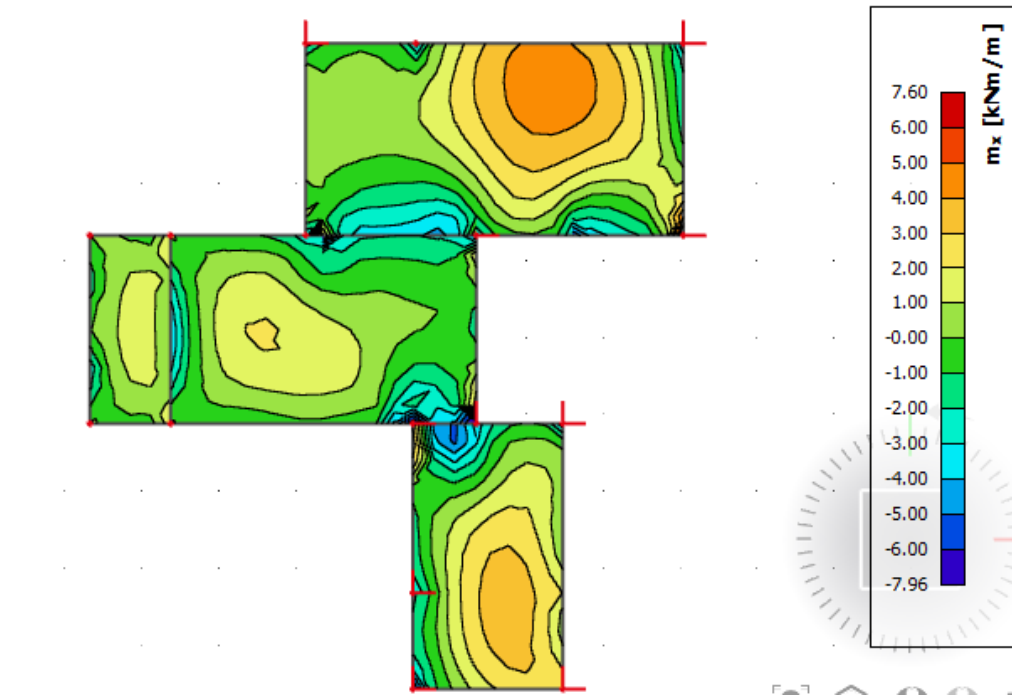
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2.0 \text{ cm}^2$$

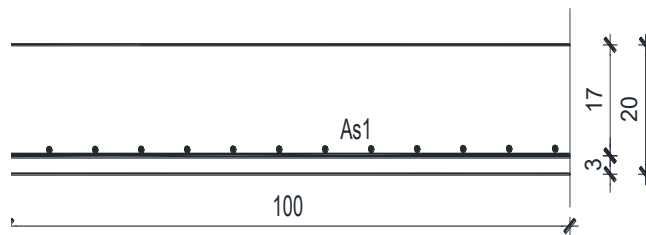
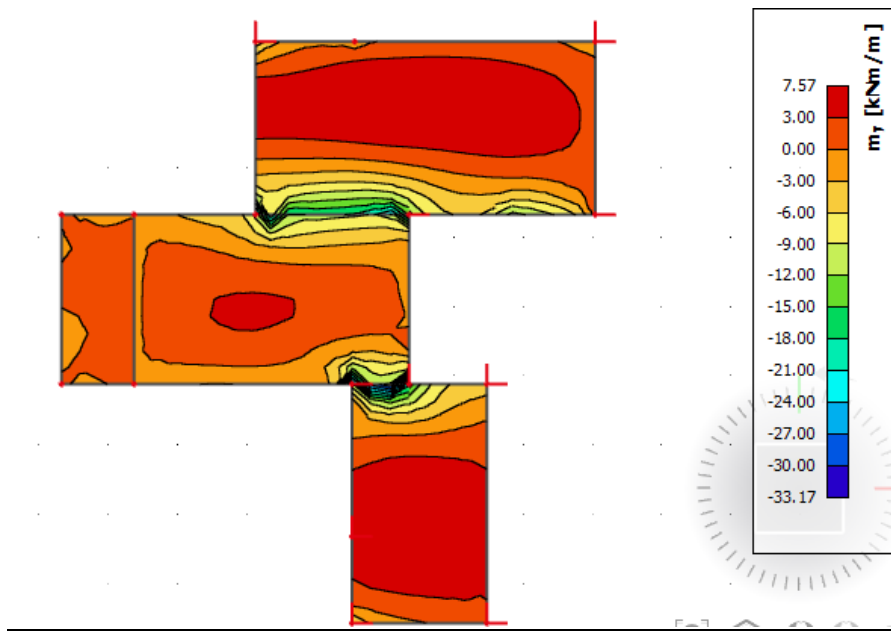
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

	<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> $A_{sI}$ [cm <sup>2</sup> /m]	<i>Moment nosivosti</i> <i>betona</i> $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	<i>Moment nosivosti</i> <i>armature</i> $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	<i>Postotak</i> <i>armature</i> %
<i>R/Q</i>	- 283	2,83	91,90	18,65	0,17
<i>R/Q</i>	- 335	3,35	91,90	22,08	0,20
<i>R/Q</i>	- 385	3,85	91,90	25,38	0,23
<i>R/Q</i>	- 424	4,24	91,90	27,95	0,25
<i>R/Q</i>	- 503	5,03	91,90	33,16	0,30
<i>R/Q</i>	- 524	5,24	91,90	34,54	0,31
<i>R/Q</i>	- 636	6,36	91,90	41,93	0,37
<i>R/Q</i>	- 785	7,85	91,90	42,62	0,46

▪ **Proračun**

Slika 11.2.  $M_x$



Slika 11.3.  $M_y$ **PRORAČUN POLJE:**

$$M_{Ed} = 7,60 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{760}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,0131$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{760}{0,981 \cdot 17 \cdot 43,48} = 1,048 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

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

**PRORAČUN LEŽAJ:**

$$M_{Ed} = 33,17 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3317}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,057$$

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

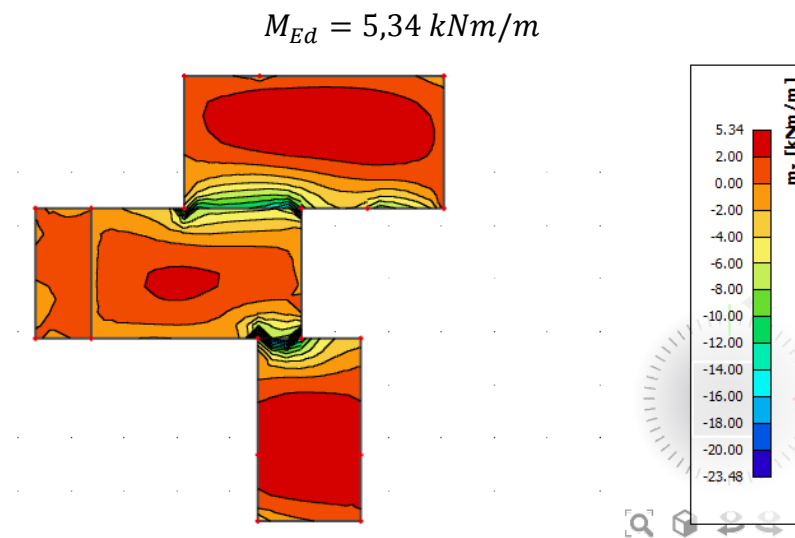
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3317}{0,953 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,71 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: R – 503 ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 11.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine**

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



Slika 11.4. M-GSU

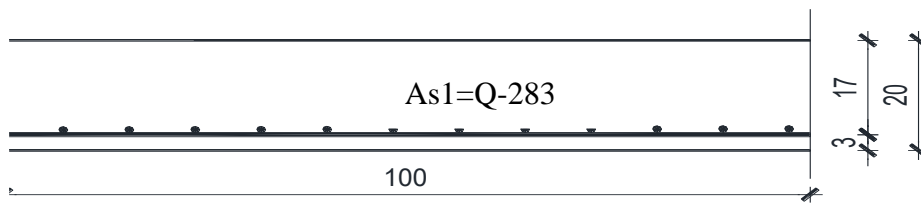
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.06 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6.06 \cdot 2.83}} \right) = 2.25 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{534}{\left( 20 - \frac{2.25}{3} \right) \cdot 2.83} = 9.80 \frac{kN}{cm^2} = 98.0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{98.0 - 0.4 \frac{2.9}{0.003773} (1 + 6.06 \cdot 0.003773)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{98.0}{200000.00}$$

$$\frac{-216.48}{200000.00} < \frac{58.8}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0.00108$$

Srednji razmak pukotina:

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

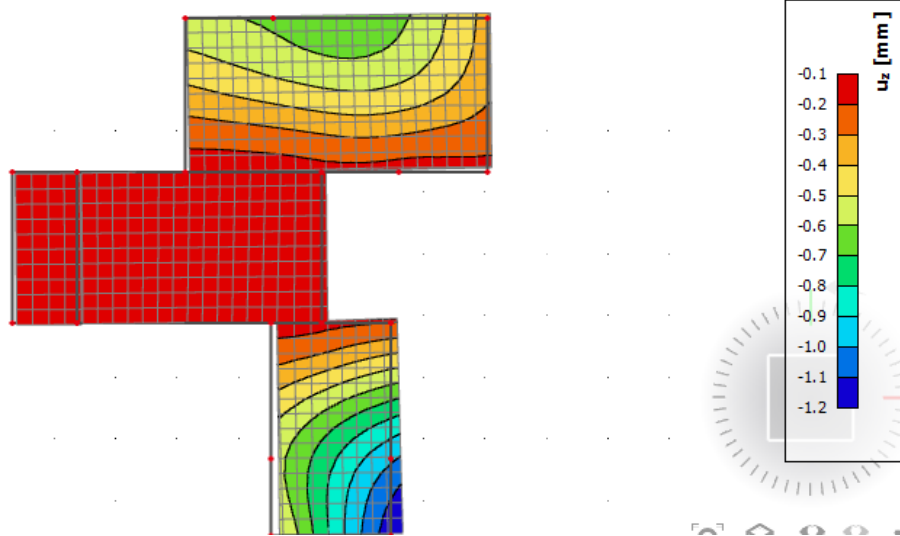
$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 20 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.003773} = 338.34 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot 0.000294 = 0,0995 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.5. Prikaz progiba

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{3450}{250} = 13.8 \text{ mm}$$

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

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

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

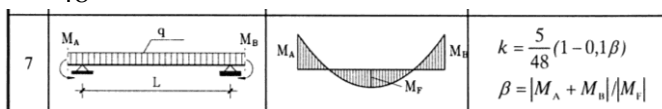
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |23.48 + 4.48| / 5.34 = 5.24$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 5.24) = 0.050$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{534}{3300 \cdot 67507.01} = 0.0000024 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.25^3}{12} + (100 \cdot 2.25) \cdot \left( \frac{2.25}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot (17 - 2.25)^2 + 0 \right] \\ &= 94.92 + 284.77 + 3731.15 = 4110.84 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{534}{3300 \cdot 4110.84} = 0.000039 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 116.12 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933.33 \text{ kNcm} = 19.33 \text{ kNm} > M_{ed} = 5.34 \text{ kNm}$$

$$\zeta = 0$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1933.33}{\left( 17 - \frac{2.25}{3} \right) \cdot 2.83} = 420.40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 420.40 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000024 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000039 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0) \cdot 0.0000024 + 0 = 0.0000024 \frac{1}{cm}$$

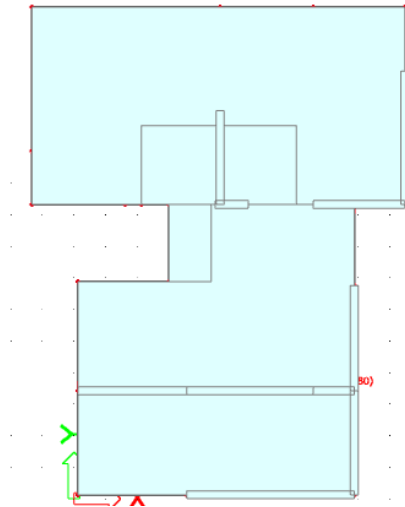
$$k = 0.050$$

$$L = 345.0 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.050 \cdot 345.0^2 \cdot 0.0000024 = 0.014 \text{ cm} < v_{lim} = 1.38 \text{ cm}$$

11.2. Proračun ploče pozicije 300 (ravni prohodni krov)  $d_{pl}=20$  cm

## 11.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje-GSN



Slika 11.6. 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>

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

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

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

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

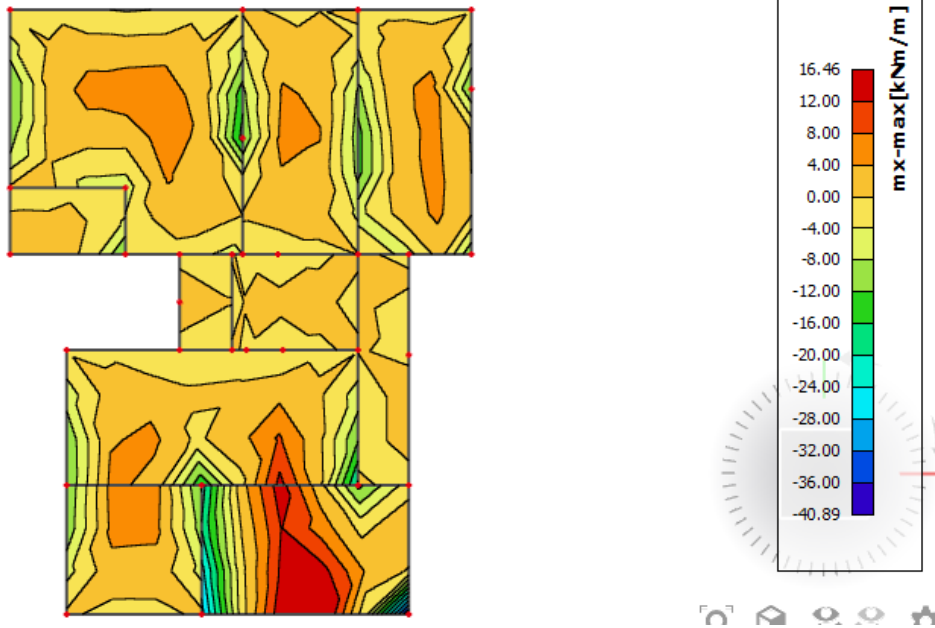
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1,72 \text{ cm}^2$$

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

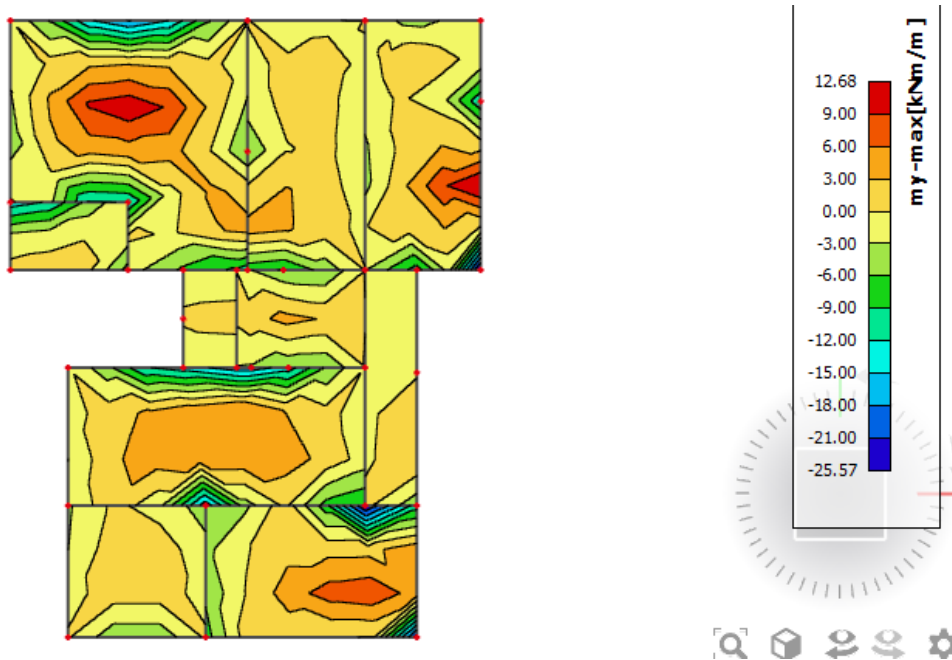
Mreža	Površina $A_{sI}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
R/Q - 424	4,24	91,90	27,96	0,25
R/Q - 503	5,03	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

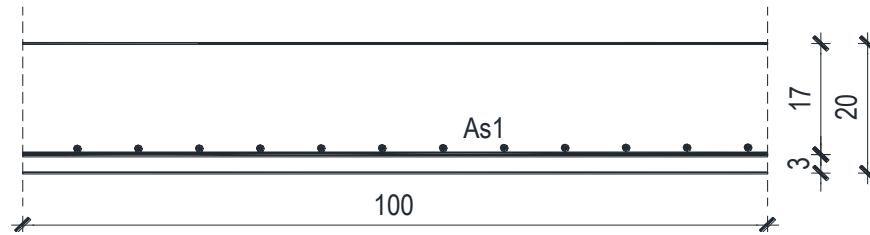
▪ **Proračun u polju**

Slika 11.7.  $M_x$



Slika 11.8.  $M_y$





$$M_{Ed} = 16,46 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1646}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,028$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,0 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,968$$

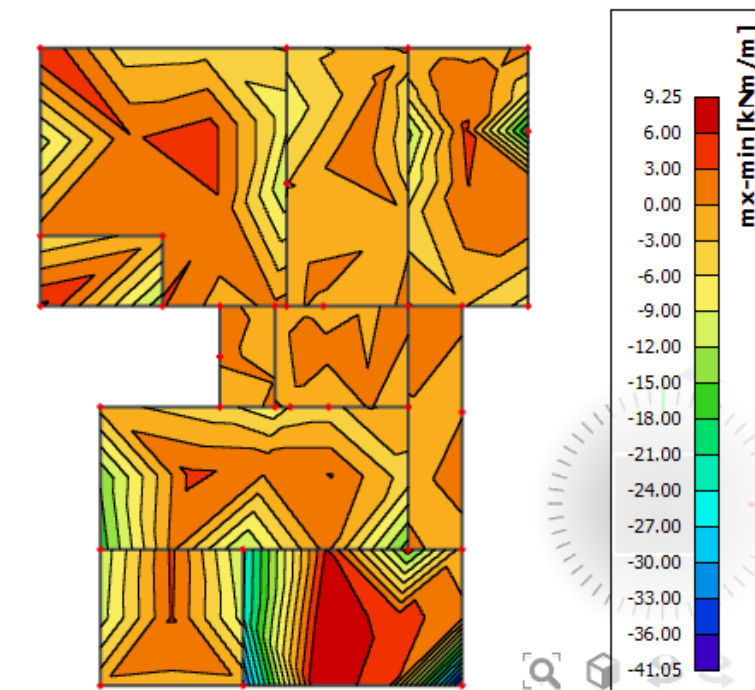
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1646}{0,968 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,30 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

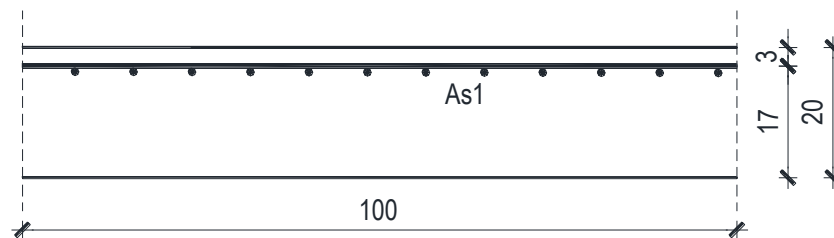
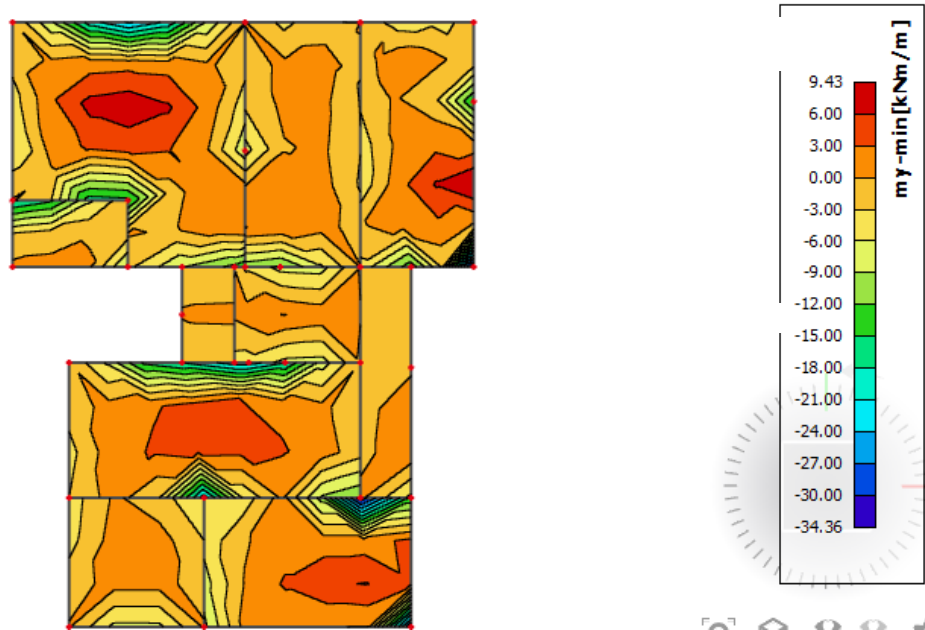
**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

▪ **Proračun na ležaju**

Slika 11.9.  $M_x$



Slika 11.10. **My**

$$M_{Ed} = 41,05 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4105}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,071$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4105}{0,947 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,86 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 636 (As= 6,36 cm<sup>2</sup>/m')**

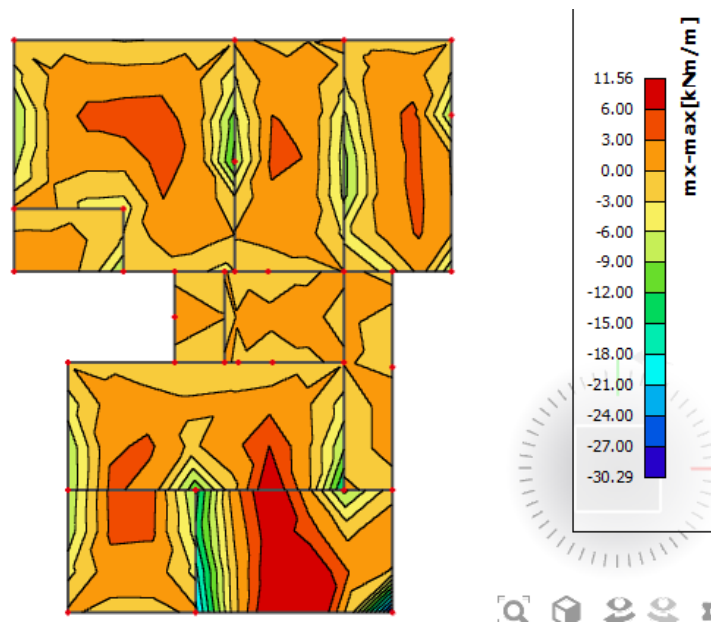


## 11.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine**

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

$$M_{Ed} = 11,56 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.11. M-GSU

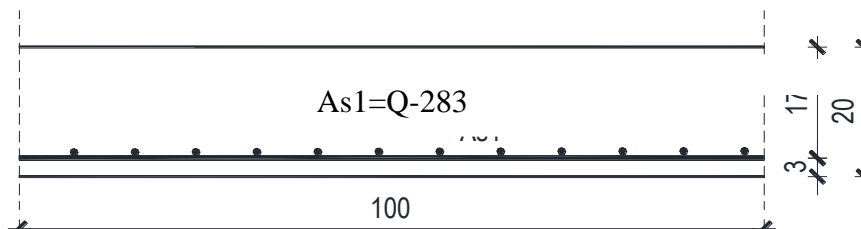
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.06 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6.06 \cdot 2.83}} \right) = 2.25 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1156}{\left(20 - \frac{2.25}{3}\right) \cdot 2.83} = 21.22 \frac{kN}{cm^2} = 212.2 MPa$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{212.9 - 0.4 \frac{2.9}{0.003773} (1 + 6.06 \cdot 0.003773)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{212.2}{200000.00}$$

$$\frac{-101.58}{200000.00} < \frac{127.32}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0.0005079$$

Srednji razmak pukotina:

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

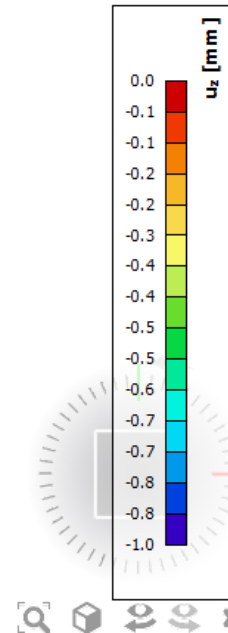
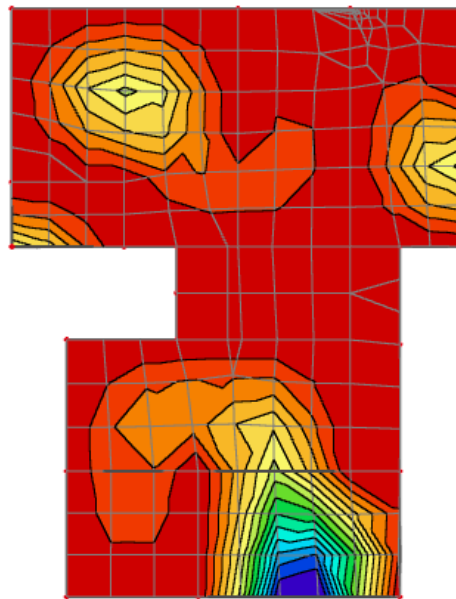
$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 20 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.003773} = 338.34 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot 0,0006366 = 0,215 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.12. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5300}{250} = 21.2 \text{ mm}$$

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

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

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

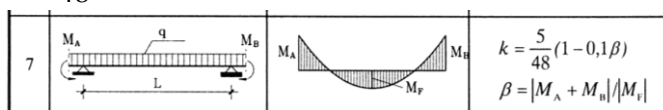
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |0.0 + 39.57| / 11.56 = 3.42$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.42) = 0.068$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1156}{3300 \cdot 67507.01} = 0.0000052 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 2.25^3}{12} + (100 \cdot 2.25) \cdot \left( \frac{2.25}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot (17 - 2.25)^2 + 0 \right] \\ &= 94.92 + 284.77 + 3731.15 = 4110.84 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1156}{3300 \cdot 4110.84} = 0.000085 \frac{1}{\text{cm}}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 251.40 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933.33 \text{ kNcm} = 19.33 \text{ kNm} > M_{ed} = 11.56 \text{ kNm}$$

$$\zeta = 0$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1933.33}{\left( 17 - \frac{2.25}{3} \right) \cdot 2.83} = 420.40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 420.40 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000052 \frac{1}{cm}$$

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

$$\frac{1}{r_m} = (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1-0) \cdot 0.0000052 + 0 = 0.0000052 \frac{1}{cm}$$

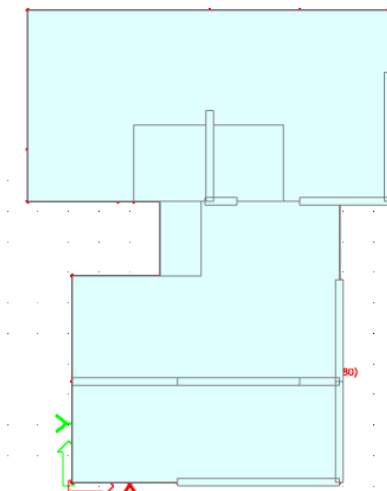
$$k = 0.068$$

$$L = 530.0 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.068 \cdot 530.0^2 \cdot 0.0000052 = 0.099 \text{ cm} < v_{lim} = 2.12 \text{ cm}$$

### 11.3. Proračun ploče pozicije 200 (ploča iznad 1.kata) $d_{pl}=20 \text{ cm}$

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



Slika 11.13. Prikaz ploče pozicije 200

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

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

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

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

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

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

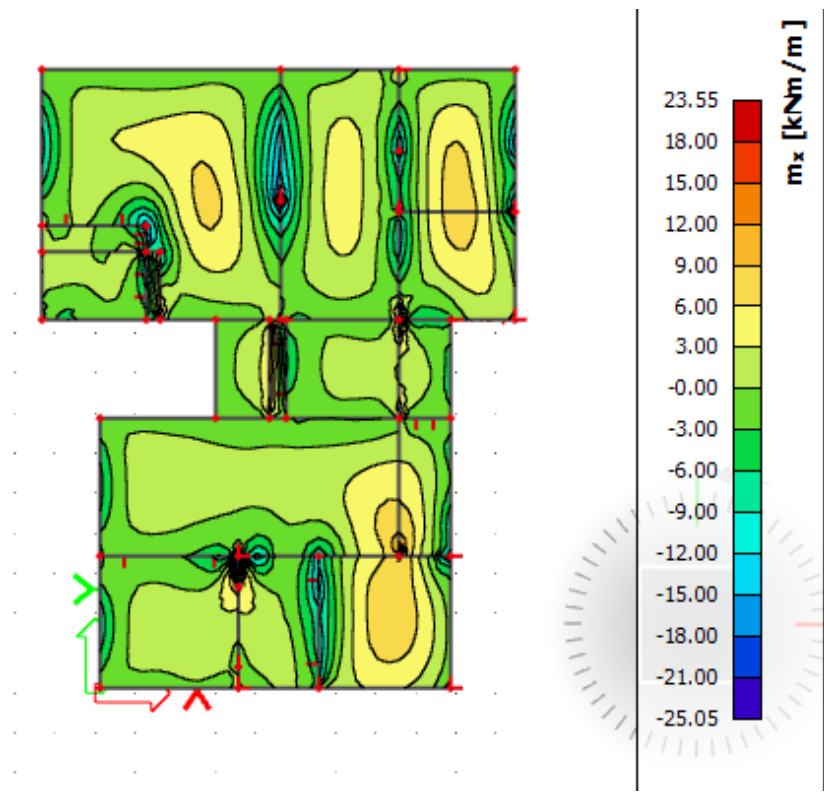
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1.72,0$$

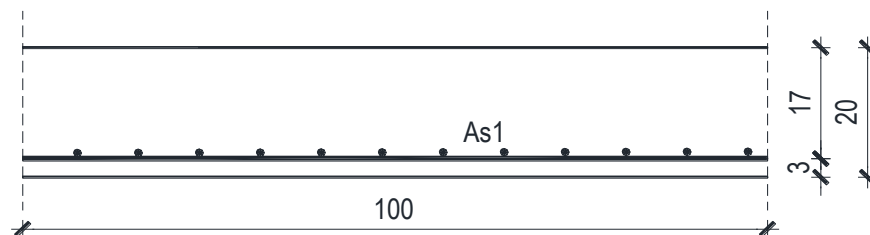
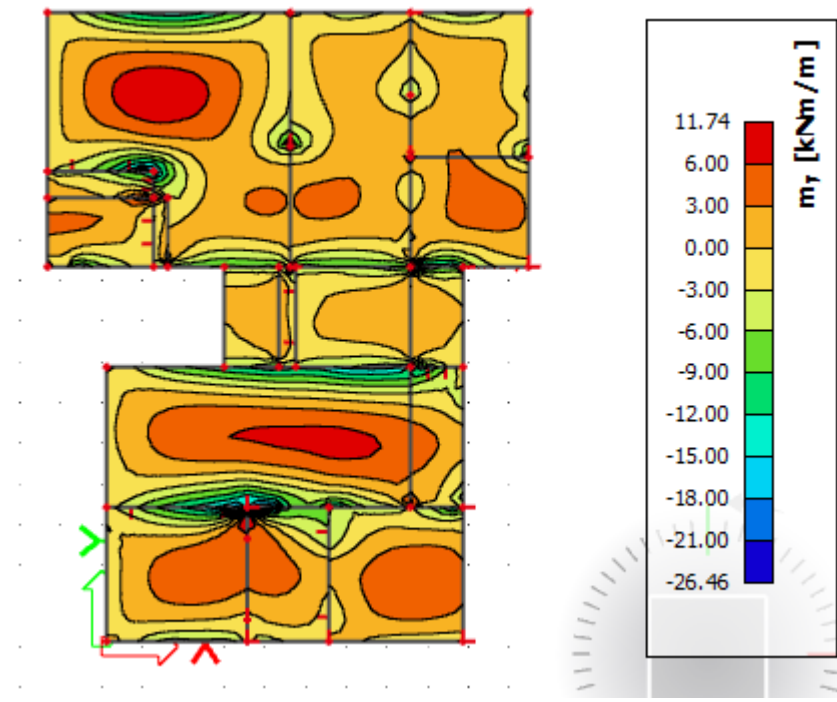
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

<i>Mreža</i>	<i>Površina</i> $A_{sI}$ [cm <sup>2</sup> /m']	<i>Moment nosivosti</i> betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	<i>Moment nosivosti</i> armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	<i>Postotak</i> 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**

Slika 11.14.  $M_x$



Slika 11.15.  $M_y$ **PRORAČUN POLJE:**

$$M_{Ed} = 23,55 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2355}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,041$$

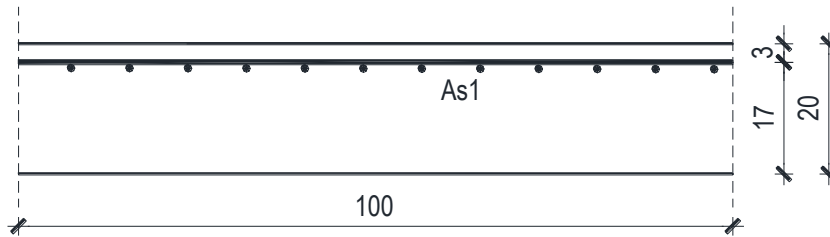
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\% \quad \zeta = 0,962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2355}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.



**PRORAČUN LEŽAJ:**

$$M_{Ed} = 26,46 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2646}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,046$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2646}{0,959 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,73 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

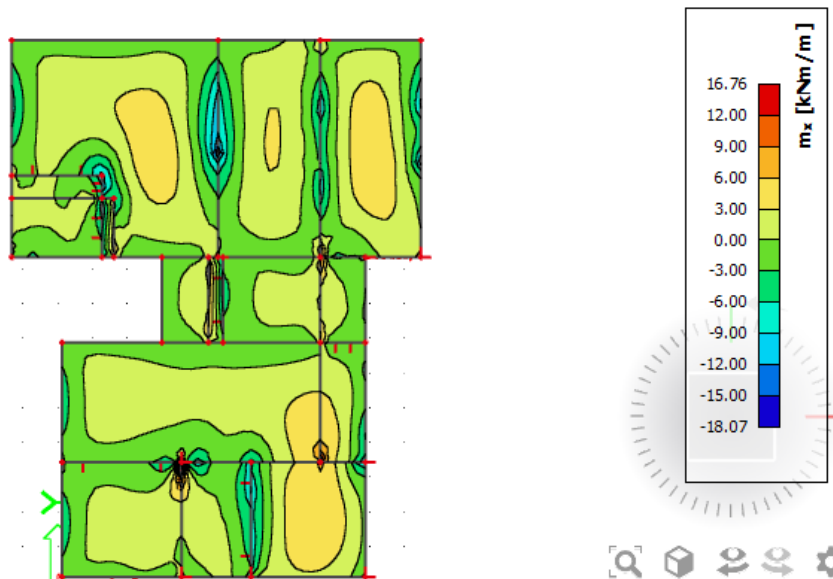
**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji na ležaju je usvojena ista armatura.

## 11.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine**

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

$$M_{Ed} = 16,76 \text{ kNm/m}$$



Slika 11.16. M-GSU

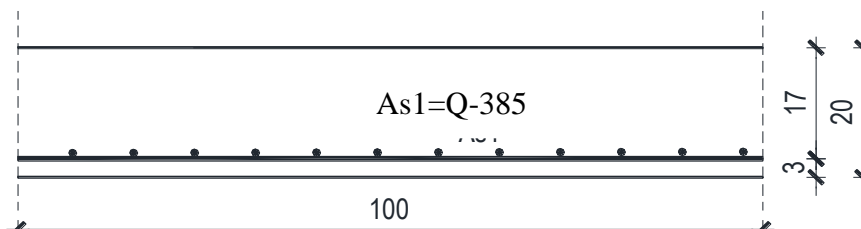
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

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

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_s}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_s}} \right) = \frac{6.06 \cdot 3.85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6.06 \cdot 3.85}} \right) = 2.59 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1676}{\left( 17 - \frac{2.59}{3} \right) \cdot 3.85} = 26.98 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 269.8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{269.8 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.005133} (1 + 6.06 \cdot 0.005133)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{269.8}{200000.00}$$

$$\frac{36.78}{200000.00} < \frac{161.88}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0001839$$

Srednji razmak pukotina:

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

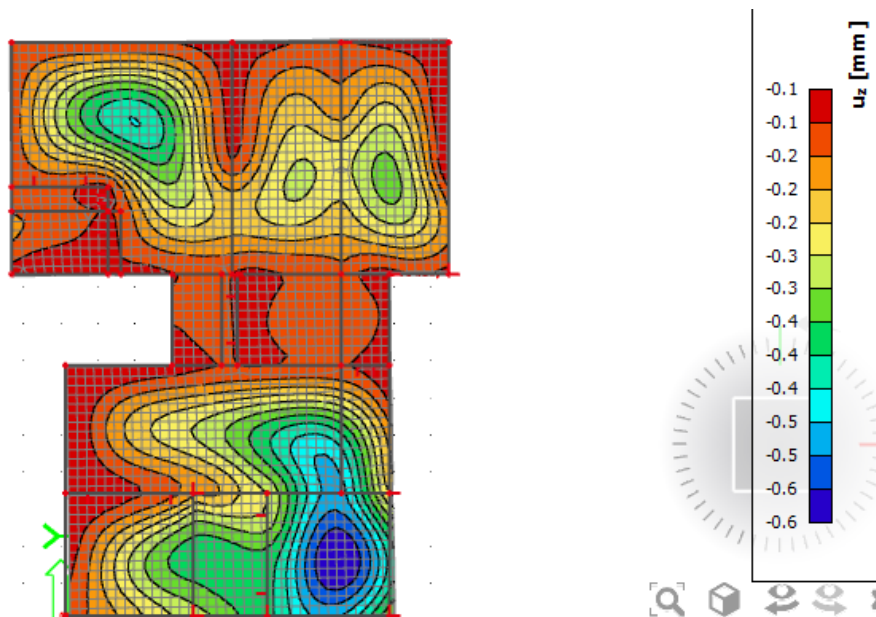
$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 20 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{7}{0.005133} = 299.83 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot 0.0008094 = 0,24 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

➤ **Progibi**



Slika 11.17. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{3300}{250} = 13.2 \text{ mm}$$

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

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

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

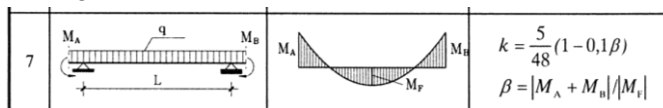
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |0 + 18.07| / 16.76 = 1.08$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.08) = 0.093$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1676}{3300 \cdot 67809.89} = 0.0000075 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

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

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.60^3}{12} + (100 \cdot 2.60) \cdot \left(\frac{2.60}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (17 - 2.60)^2 + 0] \\
 &= 146.47 + 439.4 + 4837.92 = 5423.79 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1676}{3300 \cdot 5423.79} = 0.000094 \frac{1}{\text{cm}}
 \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 269.8 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933.33 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1933.33}{\left(17 - \frac{2.60}{3}\right) \cdot 3.85} = 311.26 \text{ MPa}$$

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

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{311.26}{269.8}\right)^2 = 0.33$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000075 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000094 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.33) \cdot 0.0000075 + 0.33 \cdot 0.000094 = 0.000036 \frac{1}{\text{cm}}$$

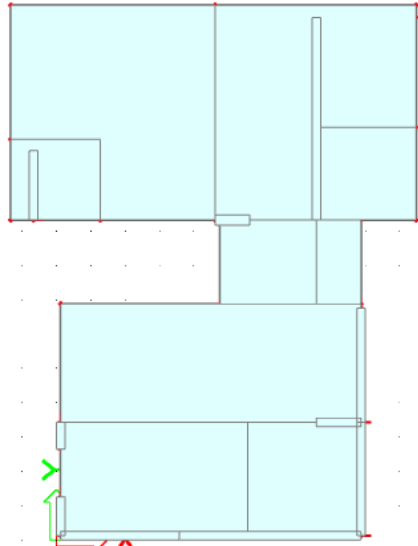
$$k = 0.093$$

$$L = 330.0 \text{ cm}$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.093 \cdot 330.0^2 \cdot 0.000036 = 0.36 \text{ cm} < v_{lim} = 1.32 \text{ cm}$$

### 11.4. Proračun ploče pozicije 100 (ploča iznad prizemlja) $d_{pl}=20$ cm

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



Slika 11.18. Prikaz ploče pozicije 100

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>

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

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

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

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

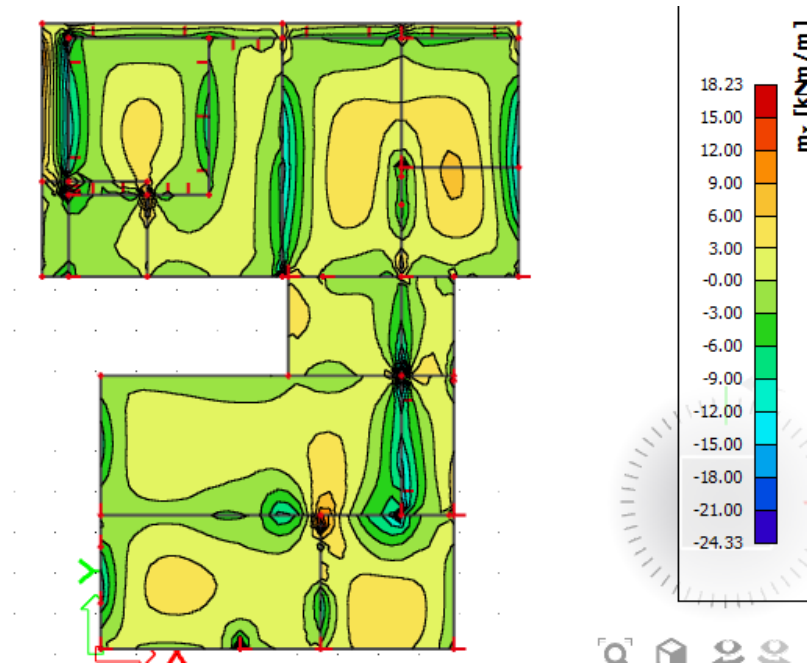
$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 1.72,0$$

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

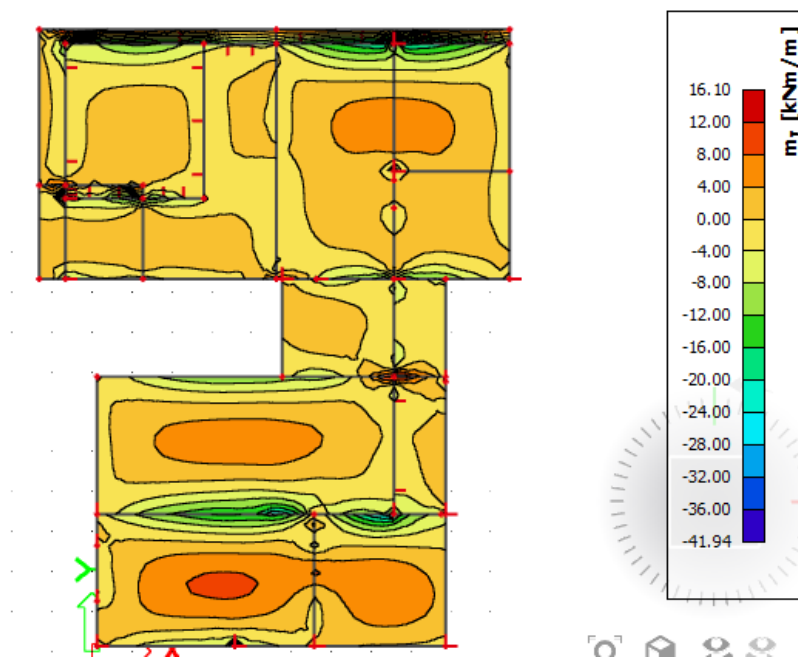
Mreža	Površina $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$ [kNm]	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$ [kNm]	Postotak armature %
R/Q - 283	2,83	91,90	18,66	0,17
R/Q - 335	3,35	91,90	22,09	0,20
R/Q - 385	3,85	91,90	25,38	0,23
R/Q - 424	4,24	91,90	27,96	0,25
R/Q - 503	5,03	91,90	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**

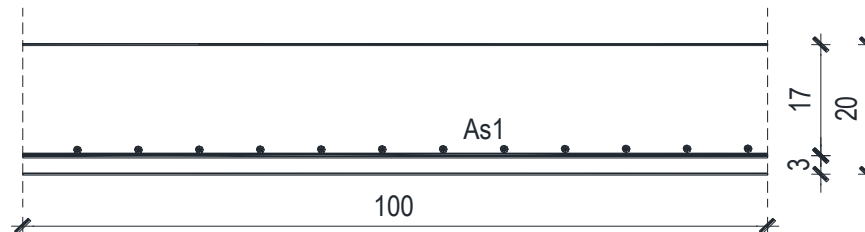
Slika 11.19.  $M_x$



Slika 11.20.  $M_y$





**Proračun u polju:**

$$M_{Ed} = 18.23 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1823}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,032$$

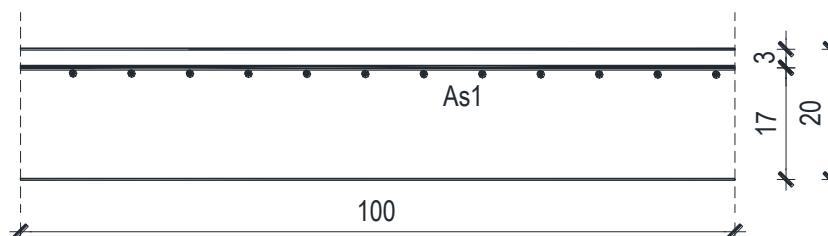
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,1\% \quad \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1823}{0,965 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

**Napomena:** Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

- **Proračun na ležaju**



$$M_{Ed} = 41,94 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4194}{100 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,073$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1,8\% \quad \zeta = 0.944$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4194}{0,944 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,01 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

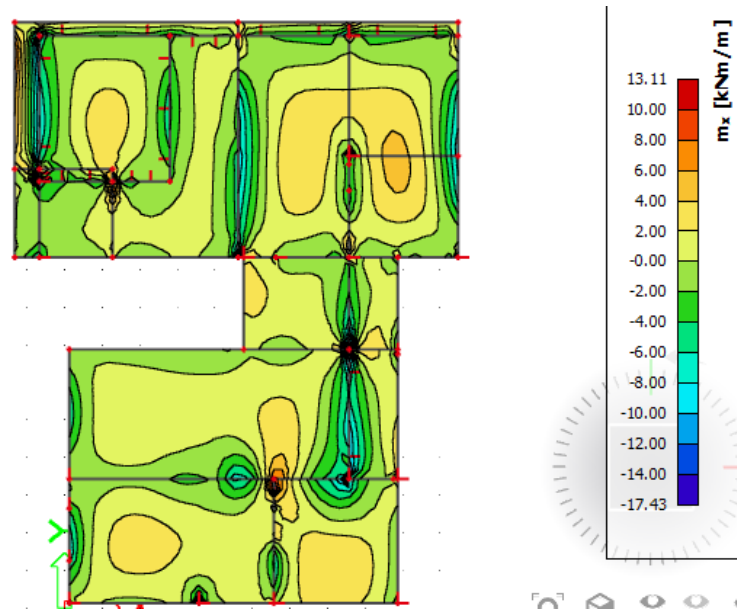
ODABRANA ARMATURA: R – 636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 11.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti ploče

➤ **Pukotine (u kritičnom presjeku)**

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

$$M_{Ed} = 13,11 \text{ kNm/m}$$

Slika 11.21. **M-GSU**

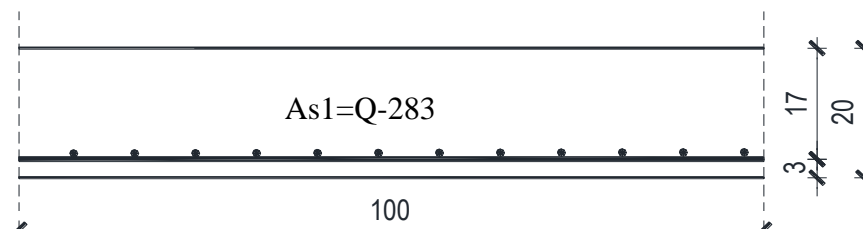
Granična vrijednost širine pukotine:  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Armatura ploče donja zona:  $A_{s1} = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

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  $\Rightarrow f_{ct,eff} = 29 MPa$

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

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

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.06 \cdot 2.83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6.06 \cdot 2.83}} \right) = 2.25 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1311}{\left( 20 - \frac{2.25}{3} \right) \cdot 2.83} = 24.06 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 240.6 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{240.6 - 0.4 \frac{2.9}{0.003773} (1 + 6.06 \cdot 0.003773)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{240.6}{200000.00}$$

$$\frac{-73.88}{200000.00} < \frac{144.36}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = -0.0003694$$

Srednji razmak pukotina:

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

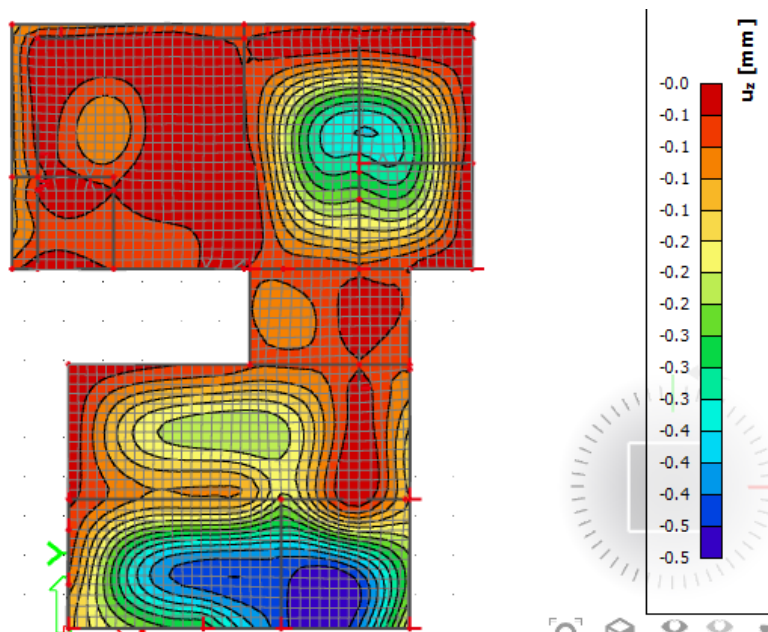
$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 20 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{6}{0.003773} = 338.34 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot 0,0007218 = 0,244 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

### ➤ Progibi



Slika 11.22. Prikaz progiba

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{8746}{250} = 34.98 \text{ mm}$$

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

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

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

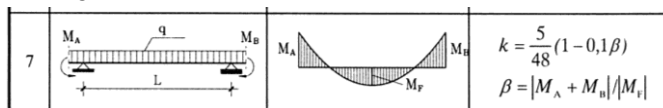
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

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

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

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |0 + 17.43| / 13.11 = 1.33$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.33) = 0.090$$



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

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

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

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1311}{3300 \cdot 67507.01} = 0.0000059 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2 \right] \\
 &= \frac{100 \cdot 2.25^3}{12} + (100 \cdot 2.25) \cdot \left(\frac{2.25}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot \left[ 2.83 \cdot (17-2.25)^2 + 0 \right] \\
 &= 94.92 + 284.77 + 3731.15 = 4110.84 \text{ cm}^4 \\
 \frac{1}{r_{II}} &= \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1311}{3300 \cdot 4110.84} = 0.000097 \frac{1}{\text{cm}}
 \end{aligned}$$

Ukupni progib

$$\sigma_s = 285.1 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{cm} \cdot W = f_{cm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933.33 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{1933.33}{\left(17 - \frac{2.25}{3}\right) \cdot 3.85} = 309.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = 309.0 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{309.0}{285.1}\right)^2 = 0.41$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000059 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000097 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.41) \cdot 0.0000059 + 0.41 \cdot 0.000097 = 0.000043 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.090$$

$$L = 874.6 \text{ cm}$$

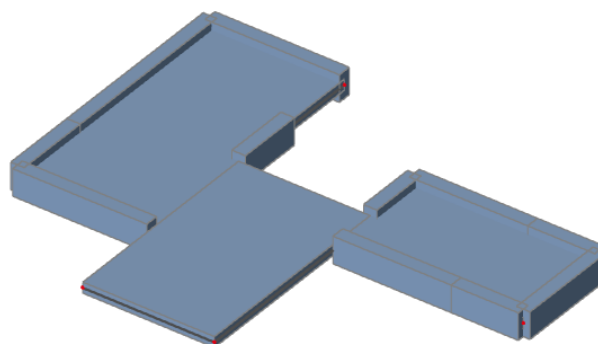
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.090 \cdot 874.6^2 \cdot 0.000043 = 2.96 \text{ cm} < v_{lim} = 3.50 \text{ cm}$$

## 12.PRORAČUN GREDA

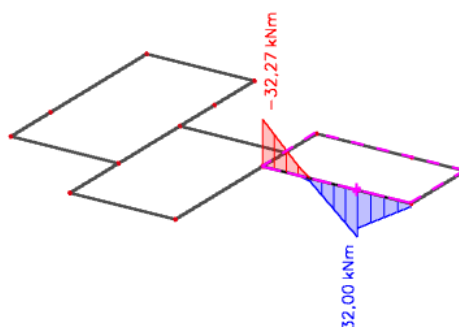
### 12.1. Proračun grede pozicije 400 25×50 cm

#### Dimenzioniranje na moment savijanja

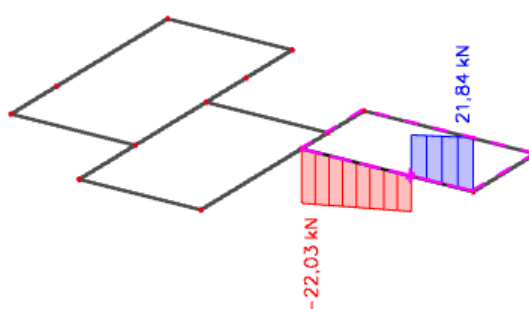
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije ( $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$ ).



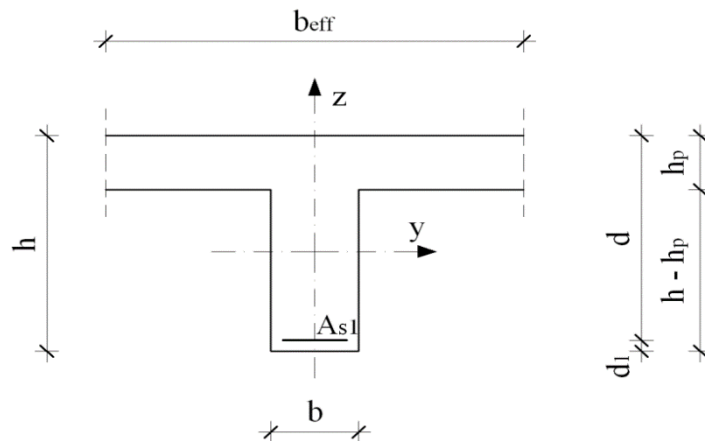
Slika 12.1. Prikaz pozicije 400



Slika 12.2. Maksimalni moment savijanja  $M_y$



Slika 12.3. Maksimalna poprečna sila  $V_z$

**Proračun uzdužne armature u polju**

Slika 12.4. – Poprečni presjek grede u polju

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

$$h = 50 \text{ cm}$$

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

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

$$d = h - d_1 = 45 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,7 \cdot 345}{10} = 49,2 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 32,0 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 25 \cdot 50 = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 25 \cdot 50 = 25 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 32,0 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3200}{49,2 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,016$$

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

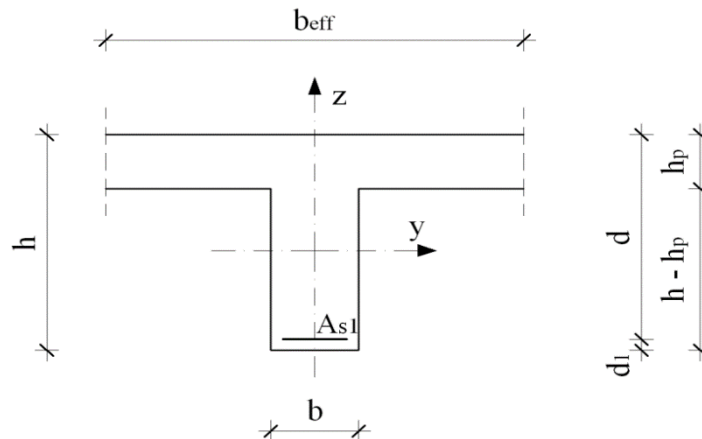


$$x = \xi \cdot d = 0.065 \cdot 45 = 2.93 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3200}{0.977 \cdot 45 \cdot 43.48} = 1,67 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

### Proračun uzdužne armature nad ležajem



Slika 12.5 – Poprečni presjek grede nad ležajem

$$M_{Ed} = 32,27 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3227}{25 \cdot 45^2 \cdot 2.0} = 0,032$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,1 \text{ ‰} \quad \xi = 0.099 \quad \zeta = 0.965$$

$$x = \xi \cdot d = 0.099 \cdot 45 = 4,46 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3227}{0.965 \cdot 45 \cdot 43.48} = 1,71 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

### Dimenzioniranje na poprečnu silu

<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd} = 30/1.5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq \left[ v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$
---	---

Računska poprečna sila:

$$V_{Ed,max} = 22,03 \text{ kN}$$

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

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

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

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

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

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

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

25,00	cm	<b>C 30/37</b>		
50,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
5,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
45,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
3,08	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
22,03	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
0,00	kN	$\rho_{min}$	0,0011	
1,67		$m$	2	
0,0027		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,04	
0,41		$s_{w,max}$	30,0	cm
0,00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,413	cm <sup>2</sup>
45,4	kN	Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>	
46,4	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>
46,4	kN	$V_{wd}$	92,20	kN
0,528				
594,0	kN			

### Kontrola pukotina

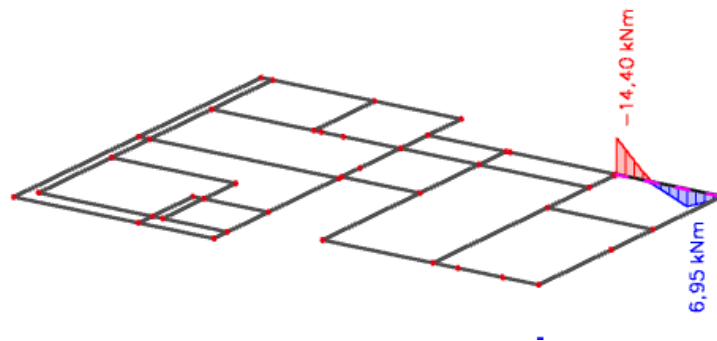
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

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

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

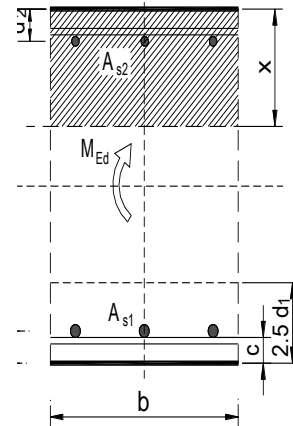
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$$



Slika 12.6 – Prikaz momenta savijanja  $M_y$  za GSU

**Polje:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 6,95 \text{ kNm}$ Armatura grede u polju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

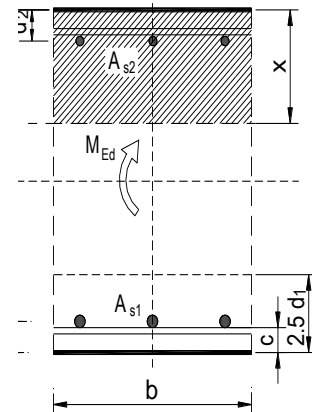
$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	7,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	53,10 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000358	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000159	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,060 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 14,40 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

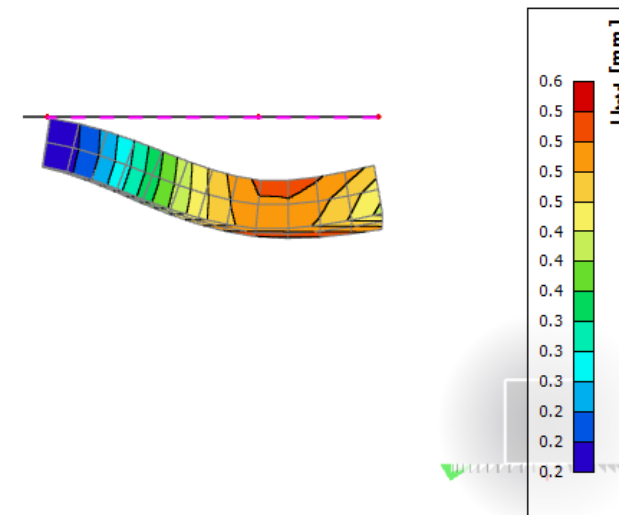
$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	14,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	110,01 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000073	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000330	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,125 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

### Kontrola progiba

Progibi greda su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 :  
 $1,0G + 1,0\Delta G + 1,0Q$



Slika 12.7. – Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{1250} = \frac{3450}{1250} = 2,76 \text{ mm}$

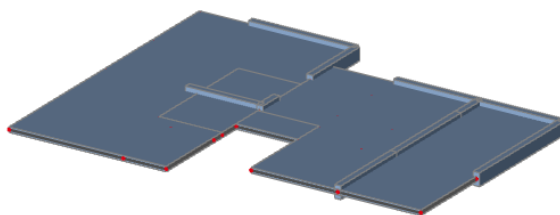
Najveći progib iznosi 0.6 mm.

Greda **zadovoljava** dozvoljene progibe.

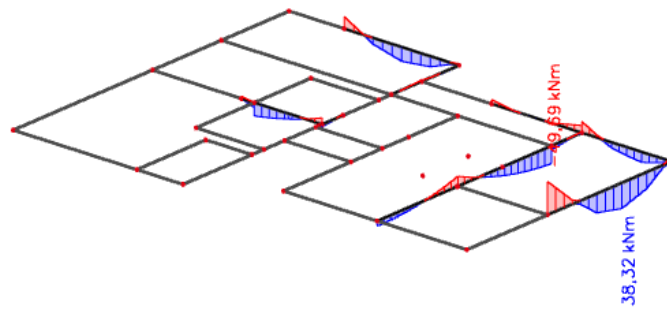
### 12.2. Proračun grede pozicije 300 25×50 cm

#### Dimenzioniranje na moment savijanja

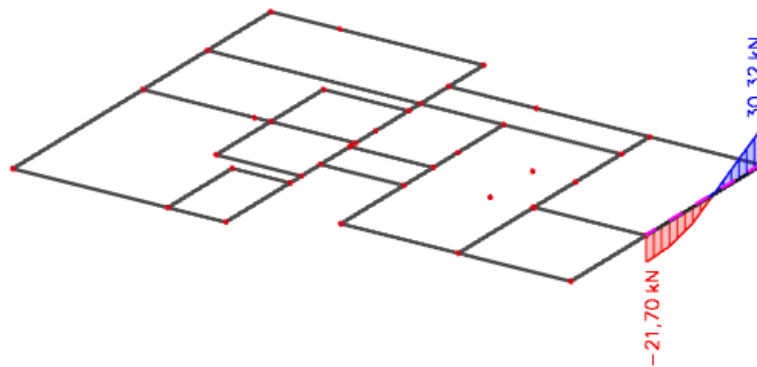
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije ( $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$ ).



Slika 12.8. Prikaz pozicije 300

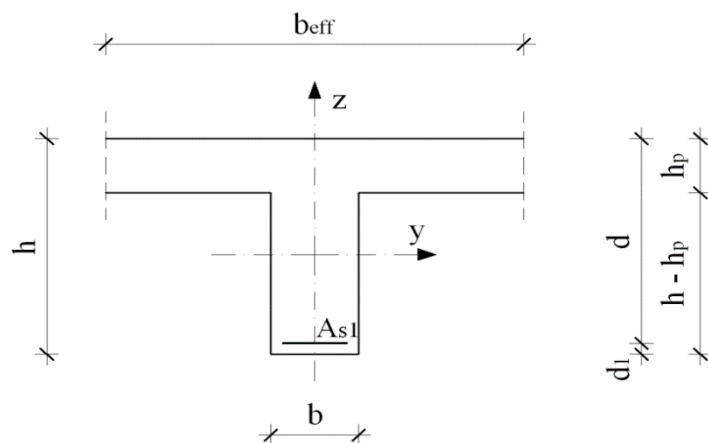


Slika 12.9. Maksimalni moment savijanja  $M_y$



Slika 12.10. Maksimalna poprečna sila  $V_z$

**Proračun uzdužne armature u polju**



Slika 12.11 – Poprečni presjek grede u polju

$b = 25 \text{ cm}$

$h = 50 \text{ cm}$

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

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

$$d = h - d_1 = 45 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,7 \cdot 530}{10} = 62,1 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 38,32 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 25 \cdot 50 = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 25 \cdot 50 = 25 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 32,0 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3832}{62,1 \cdot 45^2 \cdot 20} = 0,015$$

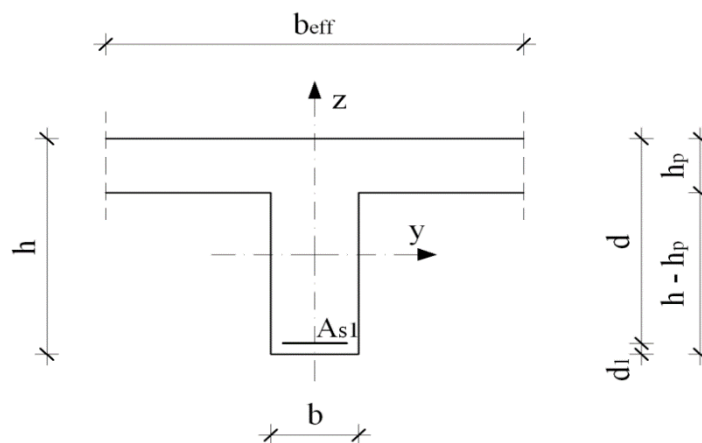
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,7\text{‰} \quad \xi = 0,065 \quad \zeta = 0,977$$

$$x = \xi \cdot d = 0,065 \cdot 45 = 2,93 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3832}{0,977 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,00 \text{ cm}^2$$

Oabrano 3Ø14 (As=4,62 cm<sup>2</sup>)

### Proračun uzdužne armature nad ležajem



Slika 12.12 – Poprečni presjek grede nad ležajem

$$M_{Ed} = 49,69 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4969}{25 \cdot 45^2 \cdot 2.0} = 0,049$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0,123 \cdot 45 = 5,54 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4969}{0,956 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,66 \text{ cm}^2$$

Odabrano 3Ø14 (As=4,62 cm<sup>2</sup>)

### Dimenzioniranje na poprečnu silu

<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd} = 30/1,5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max} = 30,32 \text{ kN}</math></p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$ $k_1 = 0,15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$ $v_{min} = 0,035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{\frac{3}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$



$$\nu = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$$

25,00	cm	<b>C 30/37</b>		
50,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
5,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
45,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
4,62	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
32,03	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
0,00	kN	$\rho_{min}$	0,0011	
1,67		$m$	2	
0,0041		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,05	
0,41		$s_{w,max}$	30,0	cm
0,00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,413	cm <sup>2</sup>
52,0	kN			
46,4	kN	Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>	
52,0	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>
0,528		$V_{wd}$	92,20	kN
594,0	kN			

### Kontrola pukotina

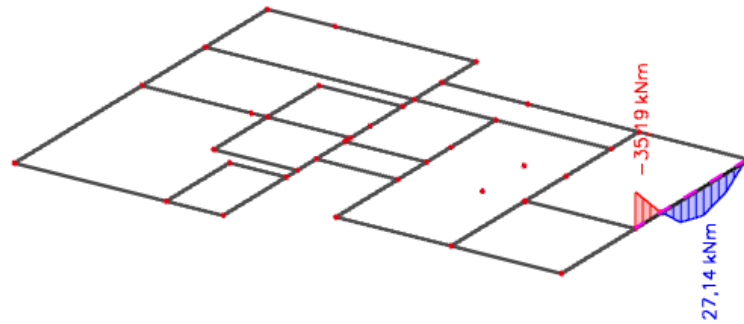
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

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

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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



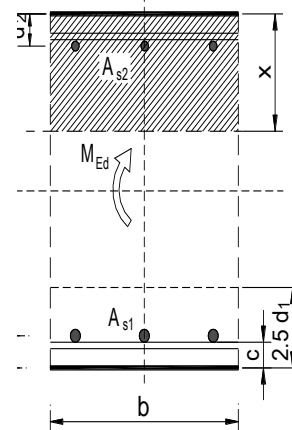
Slika 12.13. – Prikaz momenta savijanja  $M_y$  za GSU

### Polje:

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 27,14 \text{ kNm}$

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

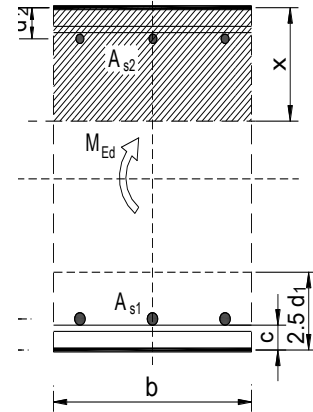
$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	27,1 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	139,88 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	9,01 cm	$r_{p,\text{eff}} =$	0,0148		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000272	$<$	$0.6 \cdot s_s/E_s =$	0,000420	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,\max} =$	285,98 mm				
$w_k = s_{r,\max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,120 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 35,19 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $3\phi 14$  ( $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ )

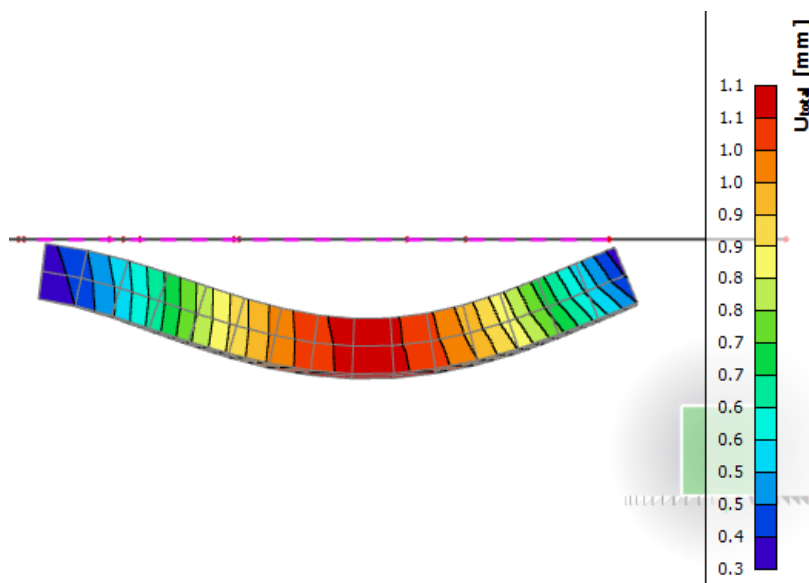
$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	4,62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	35,2 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	181,36 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	9,01 cm	$r_{p,eff} =$	0,0148		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0,000480	$< 0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000544		
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	285,98 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,156 mm $< w_g$				



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Kontrola progiba**

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 :

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

Slika 12.14 – Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{1250} = \frac{5300}{1250} = 4,24 \text{ mm}$

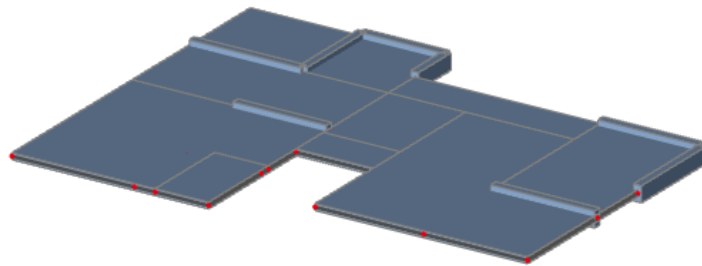
Najveći progib iznosi 1.1 mm.

Greda **zadovoljava** dozvoljene progibe.

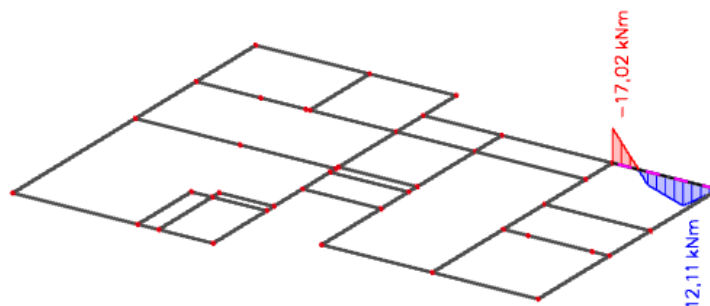
### 12.3. Proračun grede pozicije 200 25×50 cm

#### **Dimenzioniranje na moment savijanja**

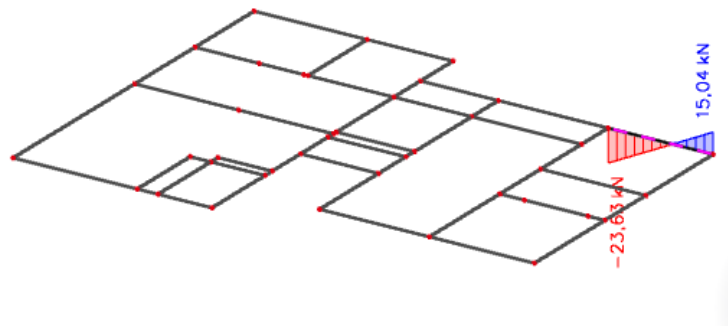
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije  $(1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s))$ .



Slika 12.15. Prikaz pozicije 200

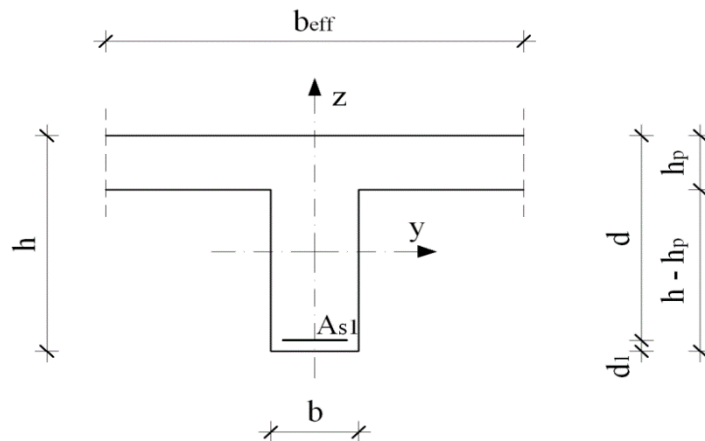


Slika 12.16. Maksimalni moment savijanja  $M_y$



Slika 12.17. Maksimalna poprečna sila Vz

### Proračun uzdužne armature u polju



Slika 12.18. – Poprečni presjek grede u polju

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

$$h = 50 \text{ cm}$$

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

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

$$d = h - d_1 = 45 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,7 \cdot 330}{10} = 48,1 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 12,11 \text{ kNm}$$

C 30/37

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

$$f_{cd} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

B 500B

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

$$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 25 \cdot 50 = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 25 \cdot 50 = 25 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 12,11 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1211}{48,1 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,006$$

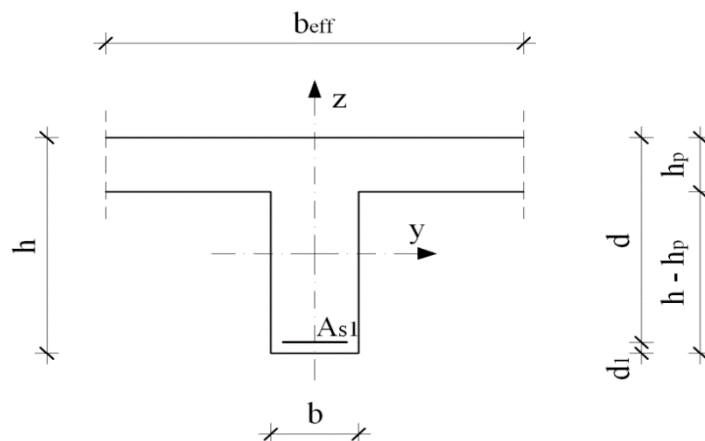
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4\text{‰} \quad \xi = 0,038 \quad \zeta = 0,987$$

$$x = \xi \cdot d = 0,038 \cdot 45 = 1,71 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1211}{0,987 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,62 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

### Proračun uzdužne armature nad ležajem



Slika 12.19. – Poprečni presjek grede nad ležajem

$$M_{Ed} = 17,02 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1702}{25 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,017$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0,065 \cdot 45 = 2,93 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1702}{0,977 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,89 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

**Dimenzioniranje na poprečnu silu**

<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd}=30/1.5=20,0</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max}= 23,63</math> kN</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg \theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

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

25,00	cm	<b>C 30/37</b>		
50,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
5,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
45,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
3,08	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
23,63	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
0,00	kN	$\rho_{min}$	0,0011	
1,67		$m$	2	
0,0027		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,04	
0,41		$s_{w,max}$	30,0	cm
0,00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,413	cm <sup>2</sup>
45,4	kN			
46,4	kN	Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>	
46,4	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>
0,528		$V_{wd}$	92,20	kN
594,0	kN			

### Kontrola pukotina

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

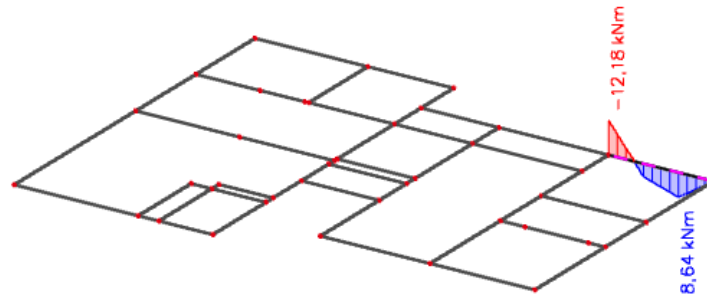
$$GSU 1 : 1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

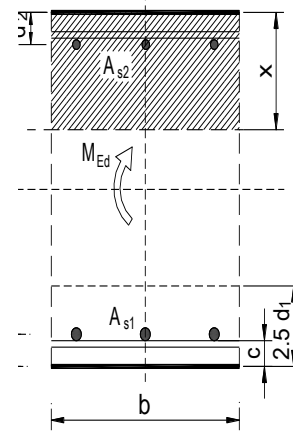
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$$



Slika 12.20. – Prikaz momenta savijanja  $M_y$  za GSU**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 8,64 \text{ kNm}$   
 Armatura grede u polju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

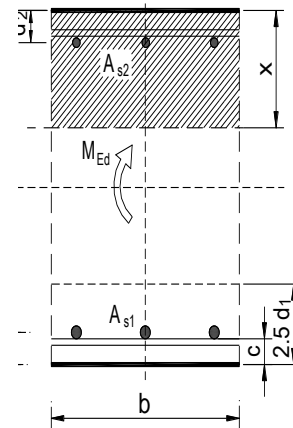
$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	8,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	66,01 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000293	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000198	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,075 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 12,18 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	12,2 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	93,05 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000158	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000279	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,106 mm	$<$	$w_g$		

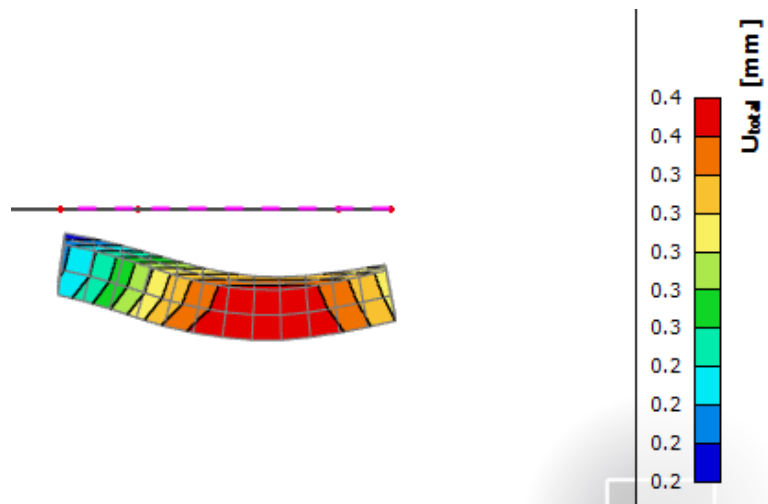


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Kontrola progiba**

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 :

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



Slika 12.21 – Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{1250} = \frac{3300}{1250} = 2,64 \text{ mm}$

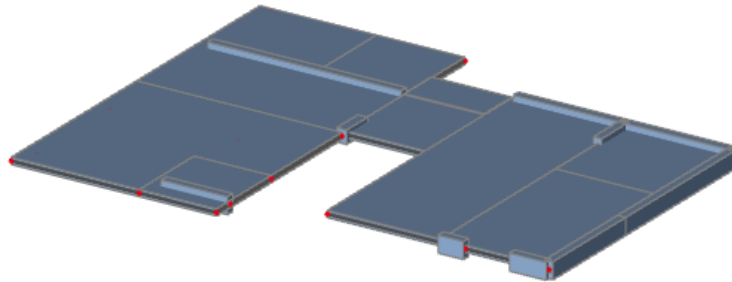
Najveći progib iznosi 0.4 mm.

Greda **zadovoljava** dozvoljene progibe.

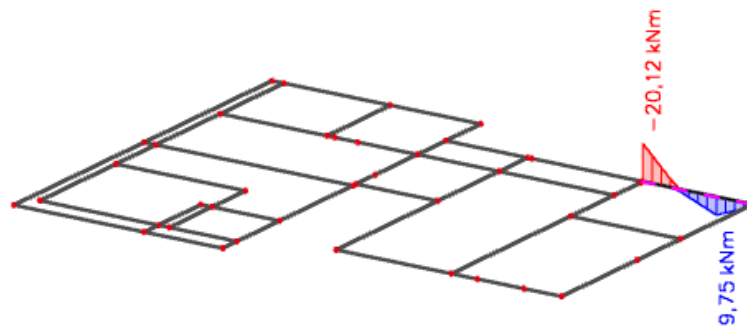
#### 12.4. Proračun grede pozicije 100 25×50 cm

##### **Dimenzioniranje na moment savijanja**

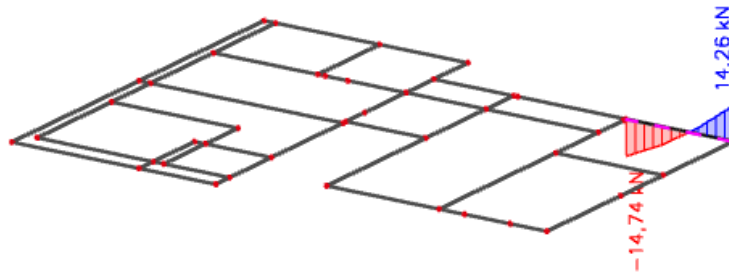
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije ( $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$ ).



Slika 12.22. Prikaz pozicije 100

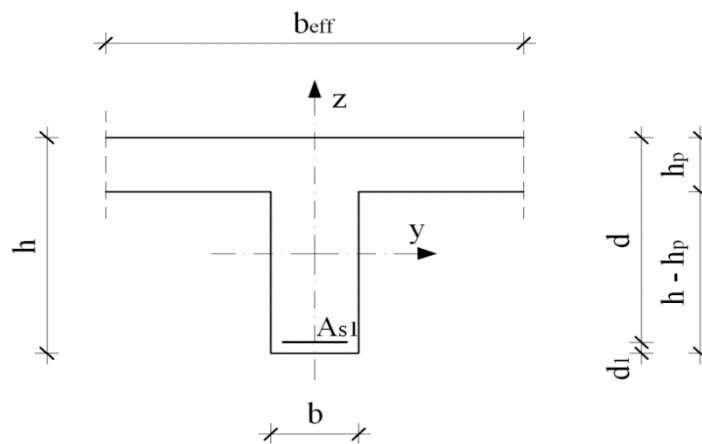


Slika 12.23. Maksimalni moment savijanja  $M_y$



Slika 12.24. Maksimalna poprečna sila Vz

### Proračun uzdužne armature u polju



Slika 12.25. – Poprečni presjek grede u polju

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

$$h = 50 \text{ cm}$$

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

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

$$d = h - d_1 = 45 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,7 \cdot 330}{10} = 48,1 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 9,75 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 25 \cdot 50 = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 25 \cdot 50 = 25 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 9,75 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{975}{48,1 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

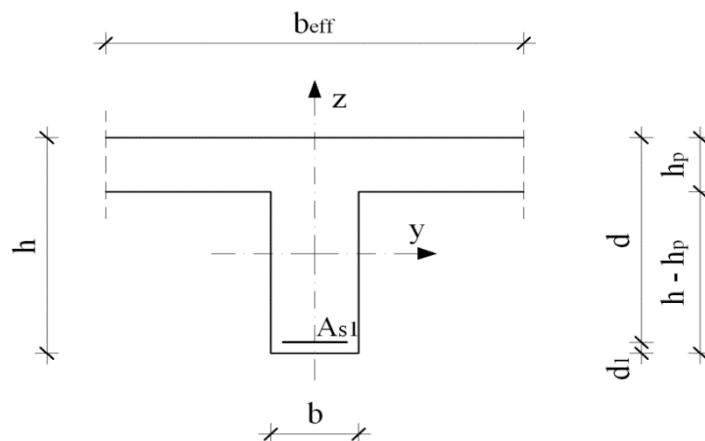
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4\text{‰} \quad \xi = 0,038 \quad \zeta = 0,987$$

$$x = \xi \cdot d = 0,038 \cdot 45 = 1,71 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{975}{0,987 \cdot 45 \cdot 43,48} = 0,50 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

### Proračun uzdužne armature nad ležajem



Slika 12.26. – Poprečni presjek grede nad ležajem

$$M_{Ed} = 20,12 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2012}{25 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,02$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,8\text{‰} \quad \xi = 0,074 \quad \zeta = 0,974$$

$$x = \xi \cdot d = 0,074 \cdot 45 = 3,33 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2012}{0,974 \cdot 45 \cdot 43,48} = 1,06 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø14 (As=3,08 cm<sup>2</sup>)

**Dimenzioniranje na poprečnu silu**

<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd}=30/1.5=20,0</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max}= 14,74</math> kN</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg \theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

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

25,00	cm	<b>C 30/37</b>		
50,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
5,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
45,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
3,08	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
14,74	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
0,00	kN	$\rho_{min}$	0,0011	
1,67		$m$	2	
0,0027		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,02	
0,41		$s_{w,max}$	30,0	cm
0,00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,413	cm <sup>2</sup>
45,4	kN			
46,4	kN	Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>	
46,4	kN	$A_{sw,od}$	0,79	cm <sup>2</sup>
0,528		$V_{wd}$	92,20	kN
594,0	kN			

### Kontrola pukotina

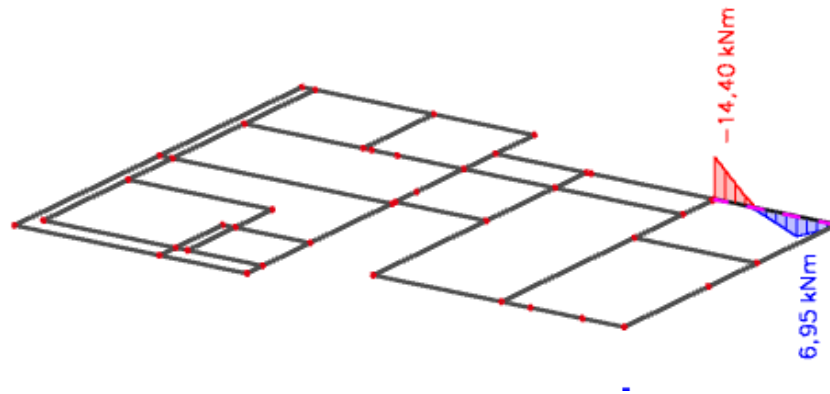
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

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

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

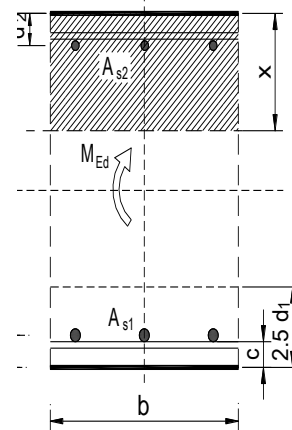
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Slika 12.27. – Prikaz momenta savijanja  $M_y$  za GSU**Polje:**

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 6,95 \text{ kNm}$   
 Armatura grede u polju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	7,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	53,10 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000358	$<$	$0,6 \cdot s_s / E_s =$	0,000159	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,060 mm	$<$	$w_g$		

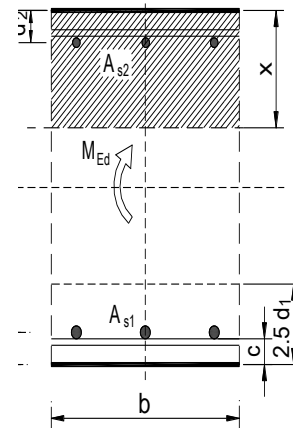


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.



**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 14,40 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $2\phi 14$  ( $A_s = 3,08 \text{ cm}^2$ )

$b =$	25,0 cm	$d =$	45,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	14,4 kNm	$k_t =$	0,40		
$s_s =$	110,01 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,51 cm	$r_{p,eff} =$	0,0099		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0,000073	$<$	$0,6 \cdot s_s/E_s =$	0,000330	
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	377,97 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0,125 mm	$<$	$w_g$		

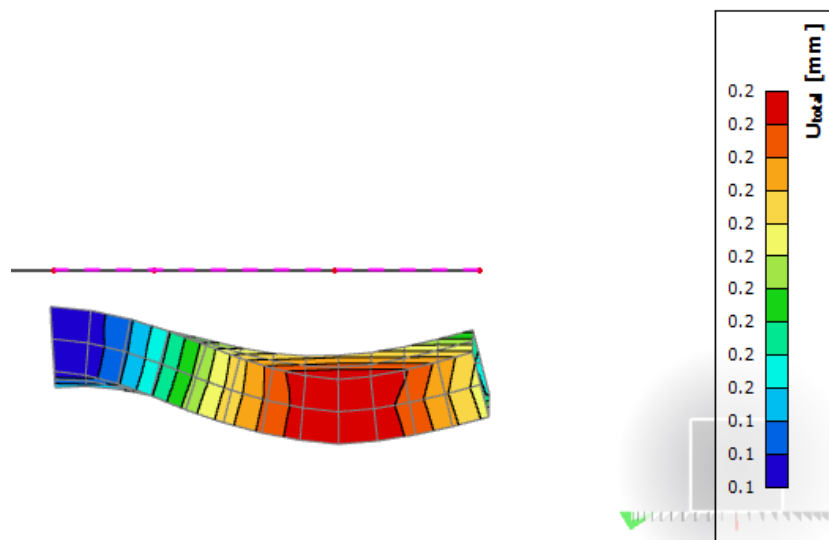


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Kontrola progiba**

Progibi grede su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 :

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



Slika 12.28 – Dijagram progiba grede za GSU

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{1250} = \frac{3300}{1250} = 2,64 \text{ mm}$

Najveći progib iznosi 0.2 mm.

Greda **zadovoljava** dozvoljene progibe.

## 13. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 13.1. 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. AB stupovi su svi napravljeni od betona C30/37 te armirani armaturom B500B. Zaštitni sloj betona do armature iznosi 3 cm.

Proračun stupova proveden je pomoću programskog paketa AspalathosSectionDesign. Pretpostavljena je armatura u stupu te je za profil 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  $\psi$ .

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2}$$

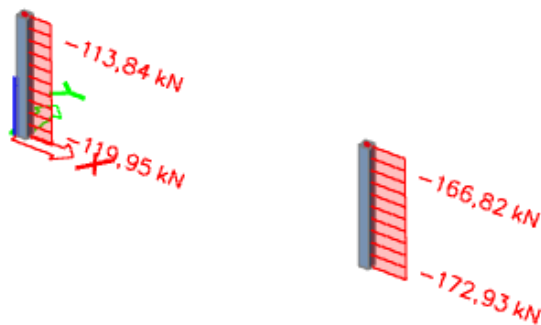
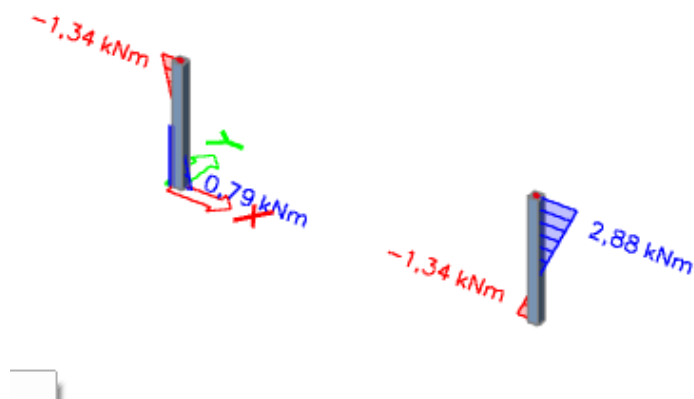
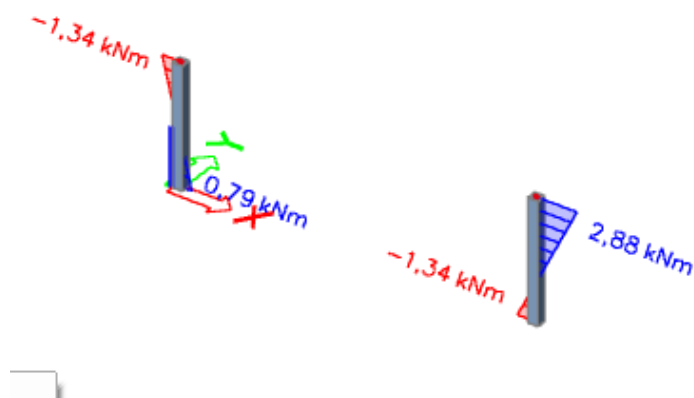
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani}$$

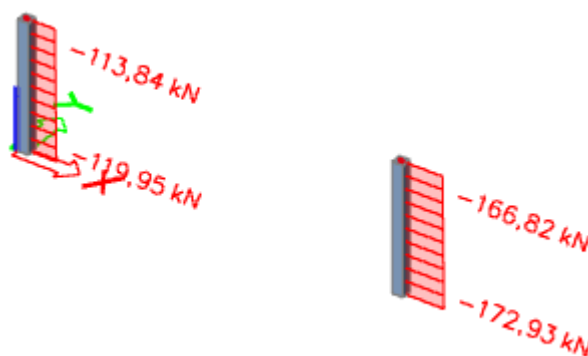
## 13.1.1. Proračun stupova pozicije S1

## 13.1.1.1. Rezne sile stup 25x25 cm

## ○ Uobičajena kombinacija

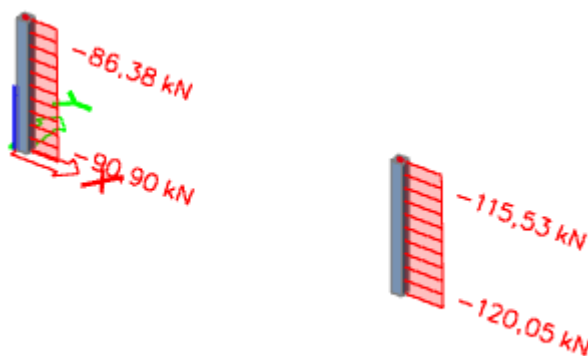
Slika 13.1.  $N_{max}M_{pripadni}$ -prikaz NSlika 13.2.  $N_{max}M_{pripadni}$ -prikaz MSlika 13.3.  $M_{max}N_{pripadni}$ -prikaz M

Slika 13.4.  $M_{max}N_{pripadni}$ -prikaz  $N$

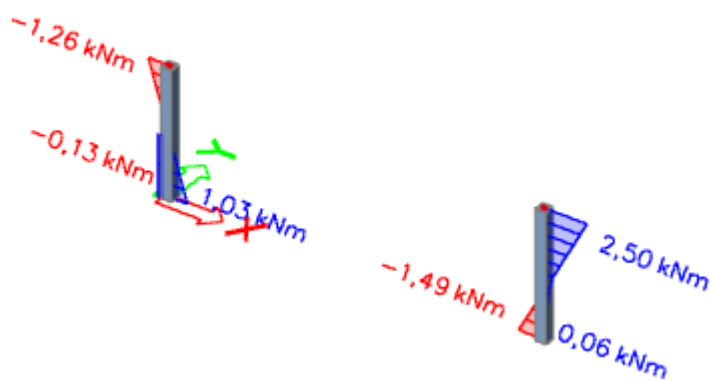


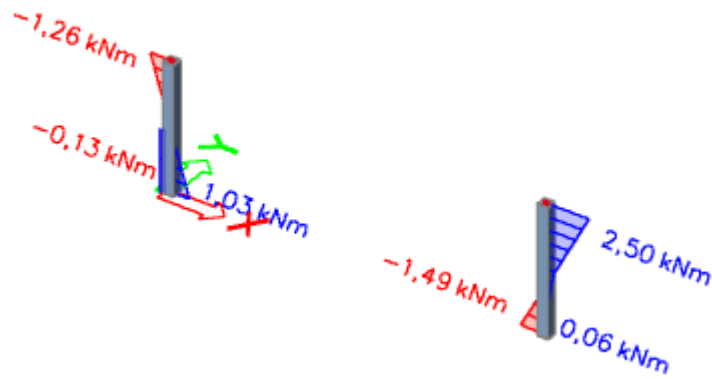
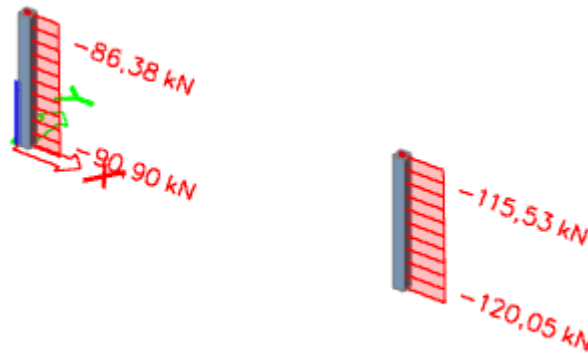
○ Izvanredna kombinacija

Slika 13.5.  $N_{max}M_{pripadni}$ -prikaz  $N$



Slika 13.6.  $N_{max}M_{pripadni}$ -prikaz  $M$



Slika 13.7.  $M_{max}N_{pripadni}$ -prikaz  $M$ Slika 13.8.  $M_{max}N_{pripadni}$ -prikaz  $N$ 

### 13.1.1.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,000326 \text{ m}^4$$

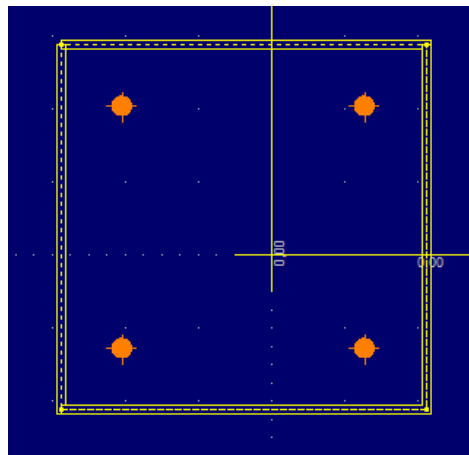
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,95 \text{ m} = 4,13 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,000326 \cdot 1000}{4,13^2} = 1775,37 \text{ kN}$$

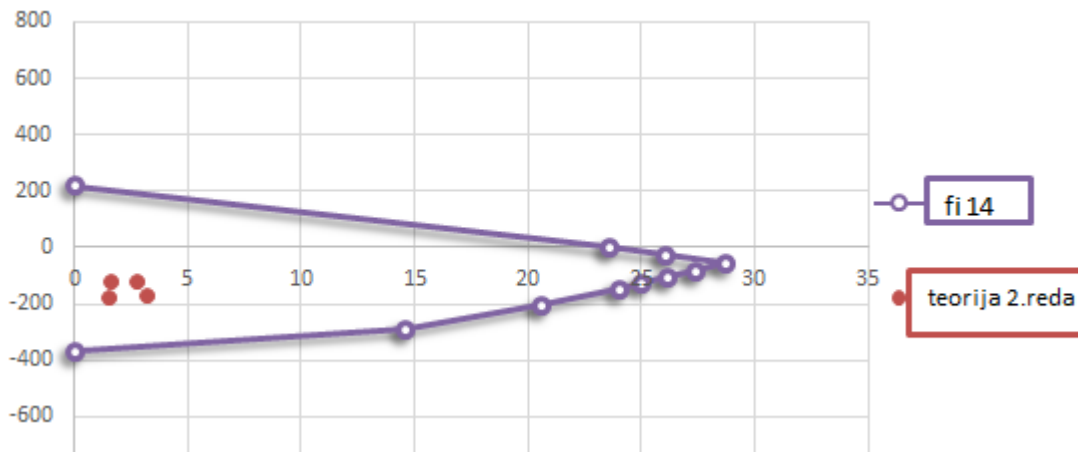
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očítani}$$

		$N(kN)$	$M$ <i>I.reda</i> ( $kNm$ )	$\psi$	$M$ <i>II.reda</i> ( $kNm$ )
<i>Uobičajena kombinacij</i> <i>a</i>	<b>Nmax,Mpri</b>	-172,93	1,34	1,11	1,49
	<b>p.</b> <b>Mmax,Npri</b>	-166,82	2,88	1,10	3,17
<i>Izvanredna kombinacij</i> <i>a</i>	<b>Nmax,Mpri</b>	-120,05	1,49	1,07	1,59
	<b>p.</b> <b>Mmax,Npri</b>	-115,53	2,50	1,07	2,68



Slika 13.9. Poprečni presjek stupa



Slika 13.10. Dijagram interakcije

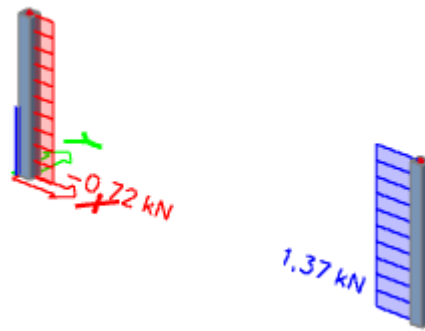
**Odabrana armatura u stupu: 4φ14 (6,16 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

## 13.1.1.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu



Slika 13.11. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 1,37 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 172,93 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.95$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 172,93 / (25 \cdot 25) = 0,28 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 4\phi 14 = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,16}{25 \cdot 25} = 0.0099$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.0099 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.28 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 42166,34 \text{ N} = 42,17 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.28 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.52 + 0.15 \cdot 0.28) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 30910 \text{ N} = 30,91 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed} = 1,37 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,\max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed} = 1,37 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojiti će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 1,37 / 290,40 \approx 0.0047 \Rightarrow V_{Ed} = 0.0047 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0\} \Rightarrow s_{max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

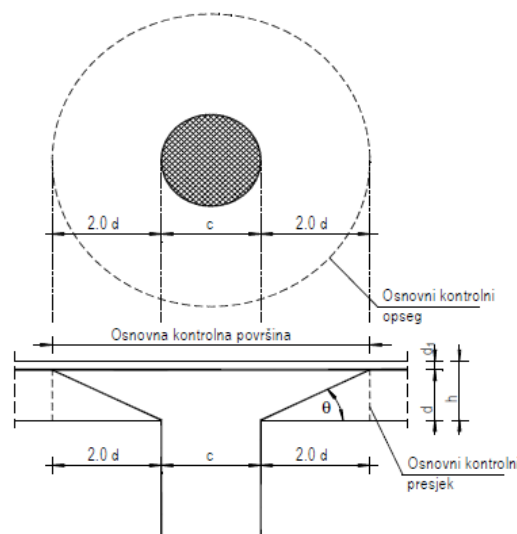
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spone Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.1.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.12. Proboj ploče kroz stup

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

$v_{Ed}$  – računaska 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  $V_{Ed} = 172,93 \text{ kN}$

$u_1$  – 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

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 172,93 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 313,63} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{2,83 + 6,36}{2000} = 0,0046$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,0046^2} = 0,0046$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0046 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

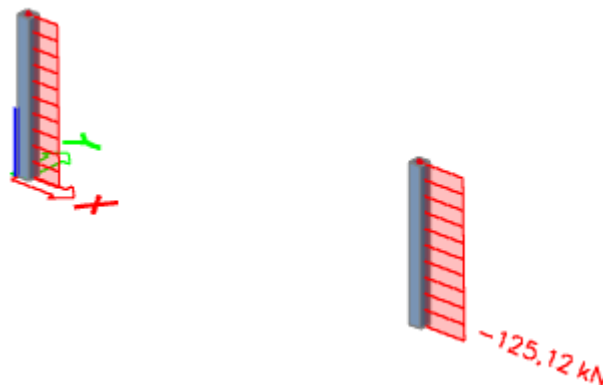
$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,58 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,046 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

Nije potrebno postaviti armaturu za proboj.

#### 13.1.1.5. Kontrola napreznja u stupu za GSU

Napreznja u betonu za kombinaciju opterećenja za granično stanje uporabljivosti ograničavamo na vrijednost  $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$



Slika 13.13. N-GSU

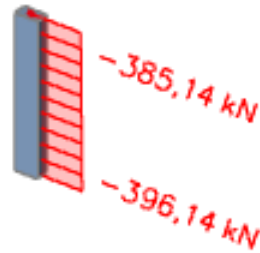
$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{125,12}{25 * 25} = 0,20 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

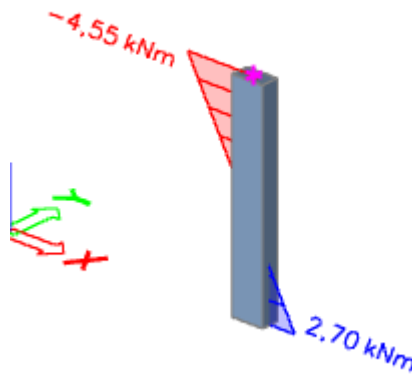
### 13.1.2.1. Rezne sile stup 25x45 cm

#### ○ Uobičajena kombinacija

Slika 13.14. prikaz  $N$

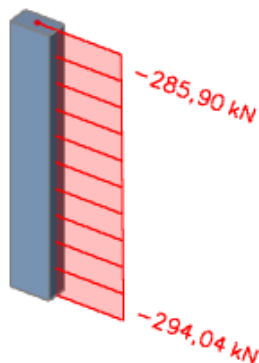


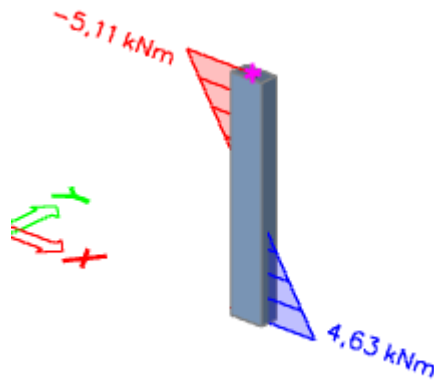
Slika 13.15. prikaz  $M$



#### ○ Izvanredna kombinacija

Slika 13.16. prikaz  $N$



Slika 13.17. prikaz  $M$ 

### 13.1.2.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{25 \cdot 45^3}{12} = 0,0019 \text{ m}^4$$

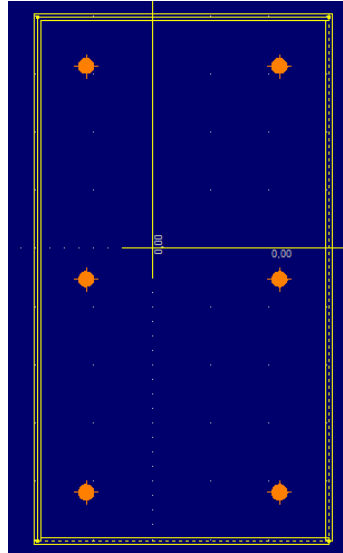
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,95 \text{ m} = 4,13 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,0019 \cdot 1000}{4,13^2} = 10347,23 \text{ kN}$$

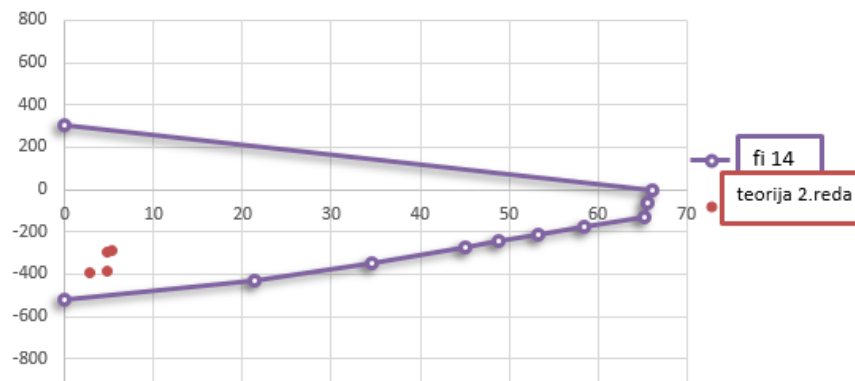
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

		$N(\text{kN})$	$M$ $I.\text{reda}(\text{kNm})$	$\psi$	$M$ $II.\text{reda}$ $(\text{kNm})$
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-396,14	2,70	1,04	2,81
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nprip,Mmax</b>	-385,14	4,55	1,04	4,73
<b>Izvanredna kombinacija</b>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-294,04	4,63	1,03	4,77
<b>Izvanredna kombinacija</b>	<b>Nprip,Mmax</b>	-285,90	5,11	1,03	5,26



Slika 13.18. Poprečni presjek stupa



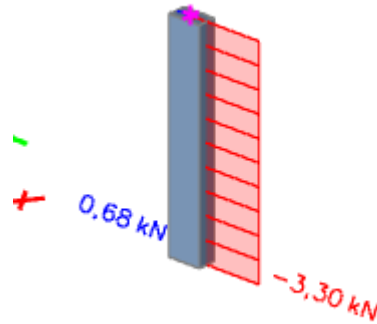
Slika 13.19. Dijagram interakcije

**Odabrana armatura u stupu: 6 $\phi$ 14 (9,24 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{45}{100} = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{45}{100} = 22,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

13.1.2.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu

Slika 13.20. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 3,30 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 396,14 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{420}} = 1.69 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.69$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 396,14 / (25 \cdot 45) = 0,35 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 6\phi 14 = 9,24 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{9,24}{25 \cdot 45} = 0.008$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.69 \cdot (100 \cdot 0.008 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.35 \right] \cdot 250 \cdot 420$$

$$V_{Rd,c} = 66935,02 \text{ N} = 66,94 \text{ kN}$$

 $V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.69^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.42$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.35 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.42 + 0.15 \cdot 0.35) \cdot 250 \cdot 420$$

$$V_{Rd,c} \geq 49612,5 \text{ N} = 49,61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 3,30 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 420 \cdot 20.0 = 554400 \text{ N} = 554,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 3,30 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojit će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 3,30 / 554,40 \approx 0.006 \Rightarrow V_{Ed} = 0.006 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 42 = 31.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 30 cm

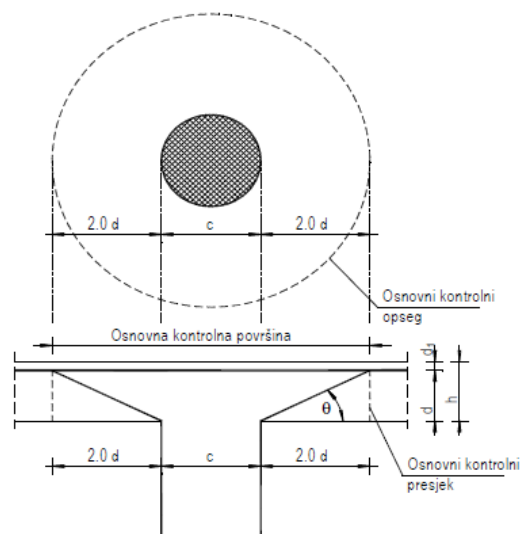
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0.38 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/30 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spone Ø8/20 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.2.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.21. 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  $V_{Ed} = 396,14 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega

$$u_1 = 2a + 2b + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 25 + 2 \cdot 45 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot \pi = 353,63 \text{ cm}$$

$d$  – 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

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 396,14 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 353,63} = 0,092 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,092 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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



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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{2,83 + 6,36}{2000} = 0,0046$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,0046^2} = 0,0046$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0046 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

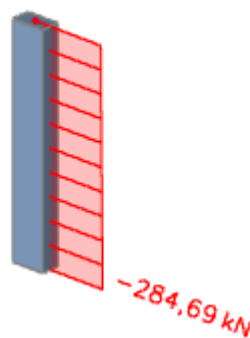
$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,58 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,092 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

Nije potrebno postaviti armaturu za proboj.

#### 13.1.2.5. 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 13.22. N-GSU

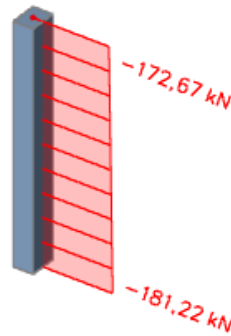
$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{284,69}{25 \cdot 45} = 0,25 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

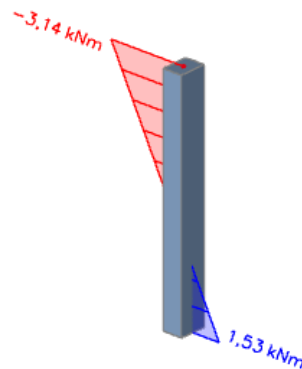
### 13.1.3.1. Rezne sile stup 25x35 cm

#### ○ Uobičajena kombinacija

Slika 13.23. prikaz  $N$

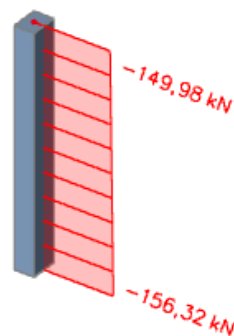


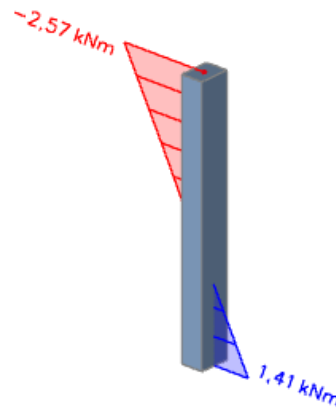
Slika 13.24. prikaz  $M$



#### ○ Izvanredna kombinacija

Slika 13.25. prikaz  $N$



Slika 13.26. prikaz  $M$ 

### 13.1.3.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a \cdot b^3}{12} = \frac{25 \cdot 35^3}{12} = 0,00089 \text{ m}^4$$

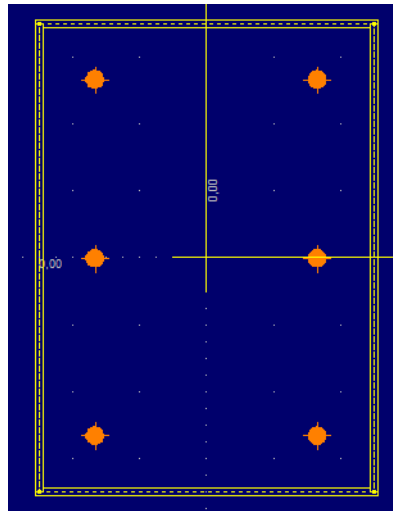
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,95 \text{ m} = 4,13 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,00089 \cdot 1000}{4,13^2} = 4846,86 \text{ kN}$$

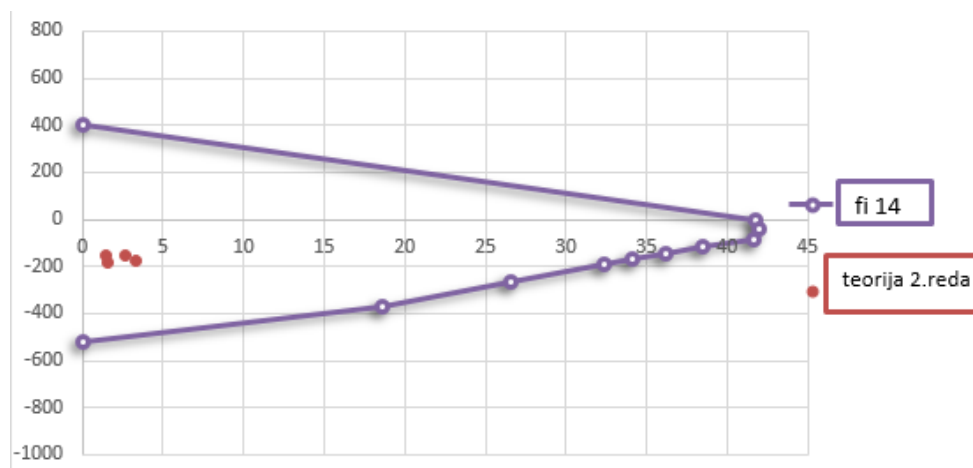
$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

		$N(\text{kN})$	$M$ $I.\text{reda}(\text{kNm})$	$\psi$	$M$ $II.\text{reda}$ $(\text{kNm})$
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-181,22	1,53	1,04	1,59
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nprip,Mmax</b>	-172,67	3,14	1,04	3,27
<b>Izvanredna kombinacija</b>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-156,32	1,41	1,03	1,45
<b>Izvanredna kombinacija</b>	<b>Nprip,Mmax</b>	-149,98	2,57	1,03	2,65



Slika 13.27. Poprečni presjek stupa



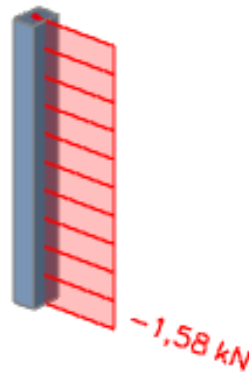
Slika 13.28. Dijagram interakcije

**Odabrana armatura u stupu: 6 $\phi$ 14 (9,24 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{35}{100} = 0,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{35}{100} = 17,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

13.1.3.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu

Slika 13.29. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 1,58 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 181,22 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{320}} = 1.79 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.79$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 181,22 / (25 \cdot 35) = 0,21 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 9 \varphi 14 = 9,24 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{9,24}{25 \cdot 35} = 0.011$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.79 \cdot (100 \cdot 0.011 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.21 \right] \cdot 250 \cdot 320$$

$$V_{Rd,c} = 57638,28 \text{ N} = 57,64 \text{ kN}$$

 $V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.79^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.46$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.21 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.46 + 0,15 \cdot 0,21) \cdot 250 \cdot 320$$

$$V_{Rd,c} \geq 39320 \text{ N} = 39,32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 1,58 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 320 \cdot 20.0 = 422400 \text{ N} = 422,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 1,58 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojit će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 1,58 / 422,40 \approx 0.0037 \Rightarrow V_{Ed} = 0.0037 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 32 = 24; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 24 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

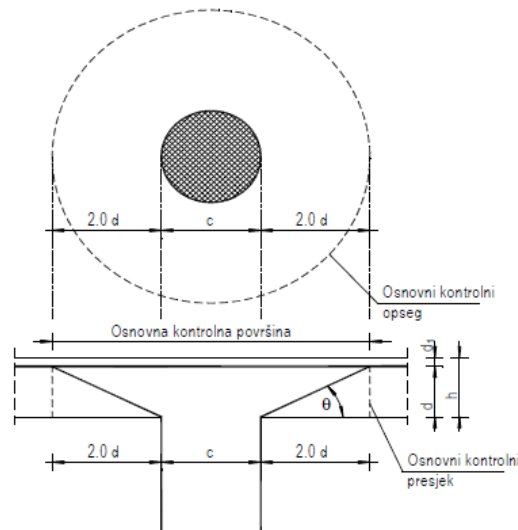
Odabrani razmak spona : 24 cm

Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 24 \cdot 25}{2} = 0.3 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone Ø8/20 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.3.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.30. Proboj ploče kroz stup

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

$v_{Ed}$  – računaska 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  $V_{Ed} = 181,22 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega

$$u_1 = 2a + 2b + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 25 + 2 \cdot 35 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot \pi = 333,63 \text{ cm}$$

$d$  – 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

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 181,22 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 333,63} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,045 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{2,83 + 6,36}{2000} = 0,0046$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,0046^2} = 0,0046$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0046 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

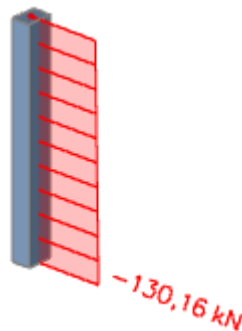
$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,58 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,045 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,58 \text{ MPa}$$

Nije potrebno postaviti armaturu za proboj.

#### 13.1.3.5. 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 13.31. N-GSU



$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{130,16}{25 \cdot 35} = 0,15 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

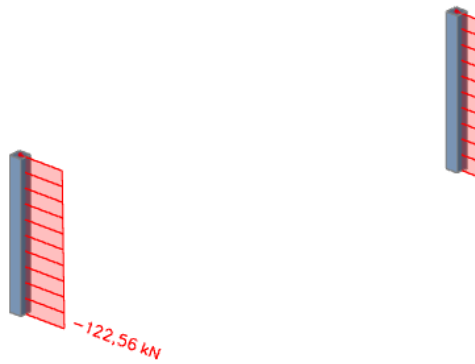
→ Naprezanja zadovoljavaju!

#### 13.1.4. Proračun stupova pozicije S2

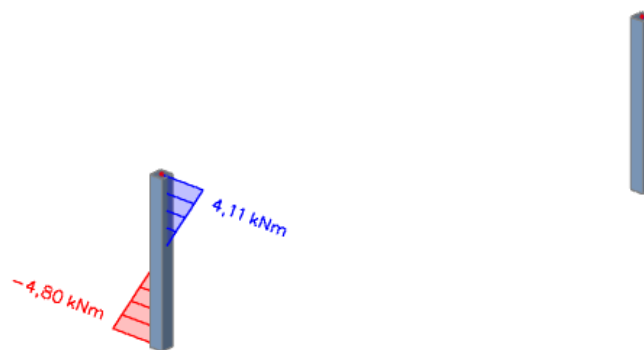
##### 13.1.4.1. Rezne sile

##### ○ Uobičajena kombinacija

Slika 13.32. prikaz  $N$

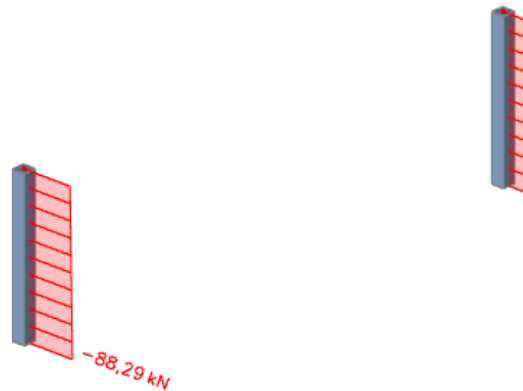


Slika 13.33. prikaz  $M$

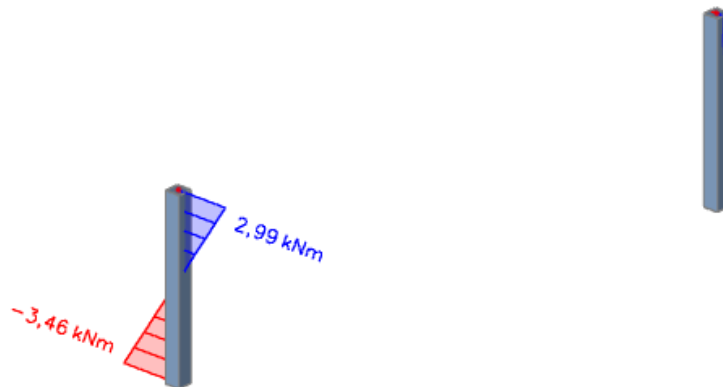


○ **Seizmička kombinacija**

Slika 13.34. prikaz *N*



Slika 13.35. prikaz *M*



13.1.3.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,000326 \text{ m}^4$$

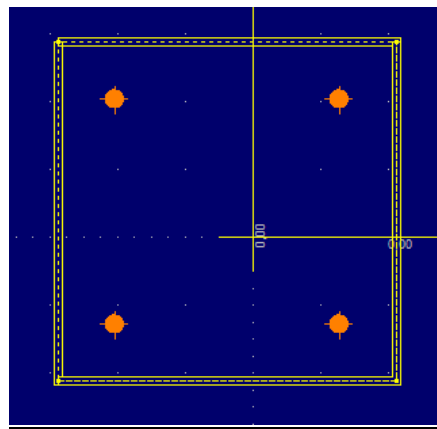
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,9 \text{ m} = 4,06 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,000326 \cdot 1000}{4,06^2} = 1837,11 \text{ kN}$$

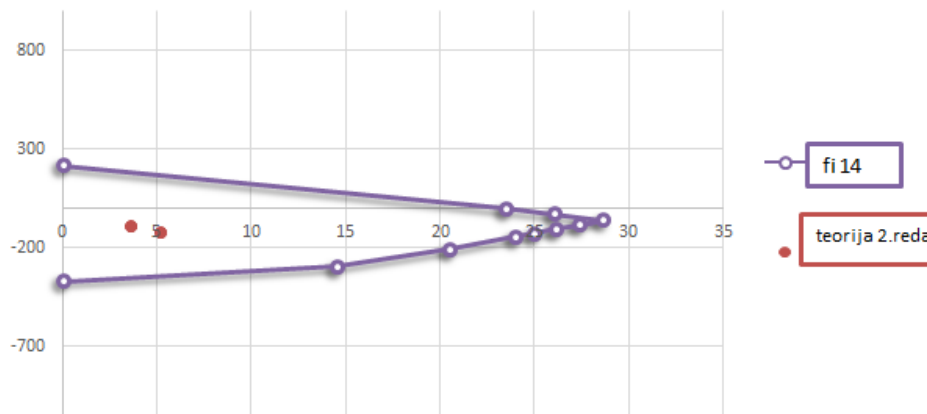
$$\psi = \frac{1}{1 - \gamma \cdot \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

		$N(kN)$	$M$ $I.reda(kNm)$ )	$\psi$	$M II.reda$ ( $kNm$ )
<b>Uobičajena kombinacija</b>	<b>Nmax, Mpri p.</b>	-122,56	4,80	1,07	5,14
	<b>Mmax, Npri p.</b>	-122,56	4,80	1,07	5,14
<b>Izvanredna kombinacija</b>	<b>Nmax, Mpri p.</b>	-88,29	3,46	1,05	3,63
	<b>Mmax, Npri p.</b>	-88,29	3,46	1,05	3,63



Slika 13.36. Poprečni presjek stupa



Slika 13.37. Dijagram nosivosti stupova

**Odabrana armatura u stupu: 4 $\phi$ 14 (6,16 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

## 13.1.3.3. Dimenzioniranje stupa na poprečnu silu



Slika 13.38. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 3,07 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 122,56 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.95$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 122,56 / (25 \cdot 25) = 0,20 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 4\phi 14 = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,16}{25 \cdot 25} = 0.0099$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.0099 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.20 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 41506,34 \text{ N} = 41,51 \text{ kN}$$

 $V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.20 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.52 + 0.15 \cdot 0.20) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 30250,5 \text{ N} = 30,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 3,07 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 3,07 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojit će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 3,07 / 290,40 \approx 0.011 \Rightarrow V_{Ed} = 0.011 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

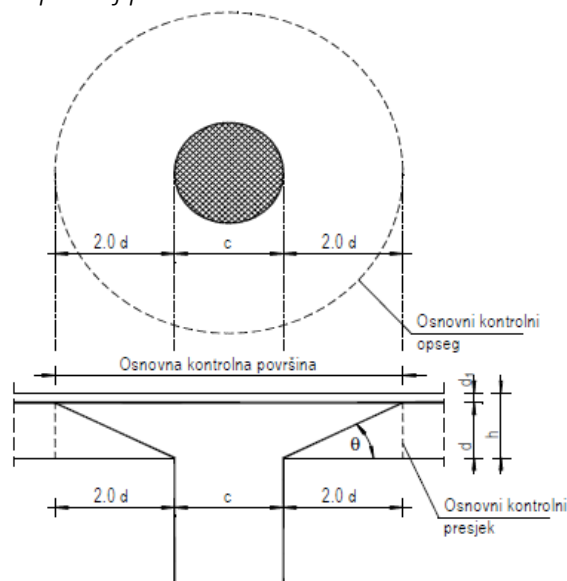
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spona: Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spona **Ø8/15** ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.3.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.39. 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  $V_{Ed} = 122,56 \text{ kN}$

$u_1$  – 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

$$v_{Ed} = 122,56 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 313,63} = 0,032 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,032 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{3,85 + 3,85}{2000} = 0,00385$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,00385^2} = 0,00385$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.00385 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,54 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

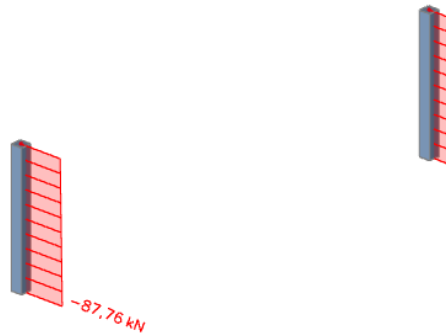
$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,54 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,32 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,54 \text{ MPa}$$

#### 13.1.3.5. 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 13.40. N-GSU

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{87,76}{25 * 25} = 0,14 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

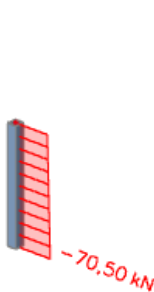
13.1.5. Proračun stupova pozicije S3

13.1.5.1. Rezne sile 25x25 cm

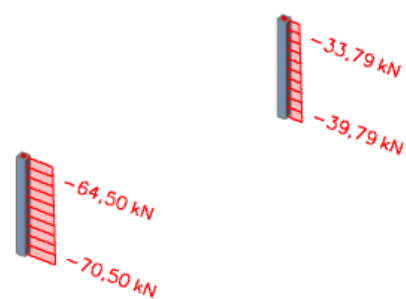
○ **Uobičajena kombinacija**

Slika 13.41. prikaz Nmax

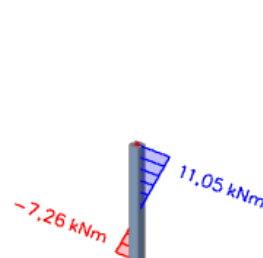
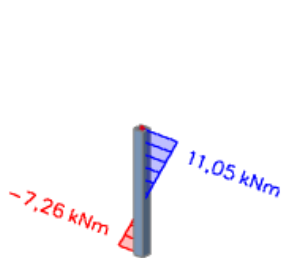
Slika 13.42. prikaz Nprip



Slika 13.43. prikaz Mprip

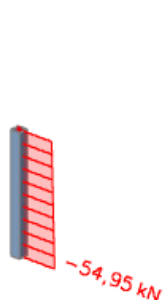
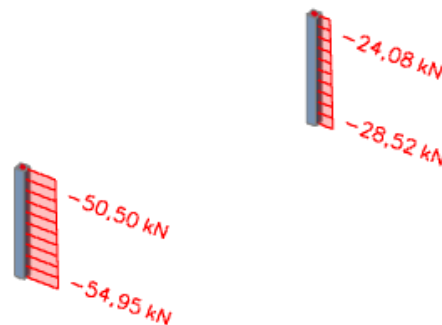
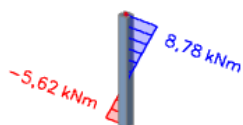
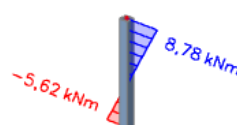


Slika 13.44. prikaz Mmax





## ○ Seizmička kombinacija

Slika 13.45. prikaz  $N_{max}$ Slika 13.46. prikaz  $N_{prip}$ Slika 13.47. prikaz  $M_{prip}$ Slika 13.48. prikaz  $M_{max}$ 

## 13.1.5.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,000326 \text{ m}^4$$

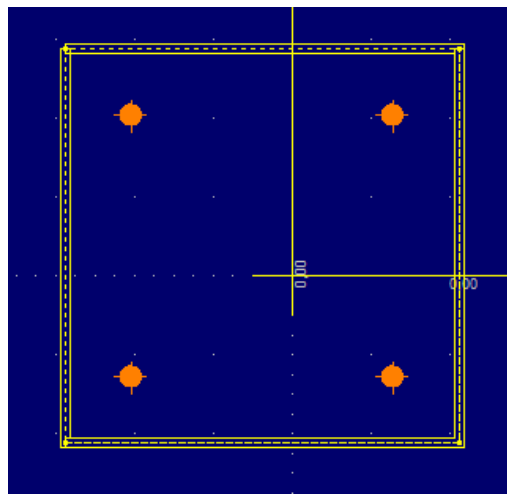
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,9 \text{ m} = 4,06 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,000326 \cdot 1000}{4,06^2} = 1837,11 \text{ kN}$$

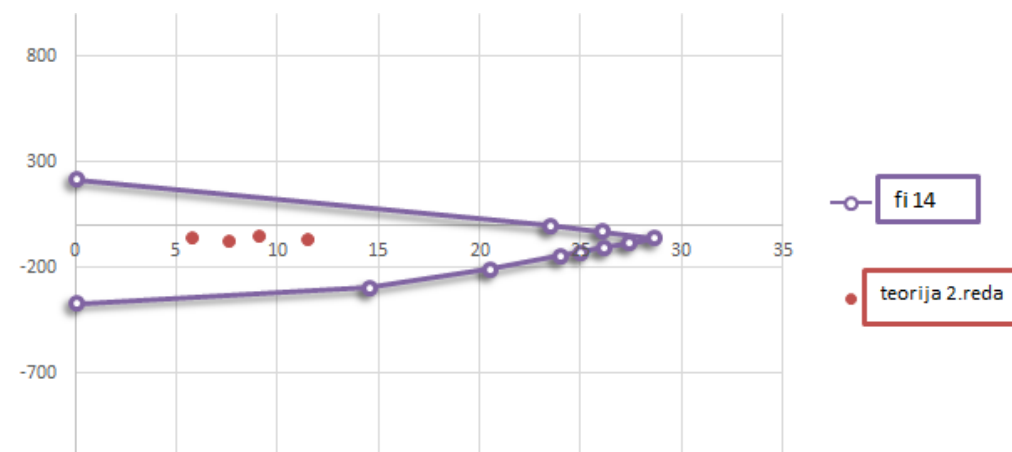
$$\psi = \frac{1}{1 - \gamma \cdot \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{računski} = \psi \cdot M_{očitani}$$

		$N(kN)$	$M$ <i>I.reda</i> ( $kNm$ ) )	$\psi$	$M$ <i>II.reda</i> ( $kNm$ )
<i>Uobičajena kombinacija</i>	<b>Nmax, Mpri p.</b>	-70,50	7,26	1,04	7,55
	<b>Mmax, Npri p.</b>	-64,50	11,05	1,04	11,49
<i>Izvanredna kombinacija</i>	<b>Nmax, Mpri p.</b>	-54,95	5,62	1,03	5,79
	<b>Mmax, Npri p.</b>	-50,50	8,78	1,03	9,04



Slika 13.49. Poprečni presjek stupa



Slika 13.50. Dijagram nosivosti stupova

**Odabrana armatura u stupu: 4 $\phi$ 14 (6,16 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

## 13.1.5.3. Dimenzioniranje stupa na poprečnu silu



Slika 13.51. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 6,31 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 70,50 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.95$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 70,50 / (25 \cdot 25) = 0,11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 4\phi 14 = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,16}{25 \cdot 25} = 0.0099$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.0099 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.11 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 40763,84 \text{ N} = 40,76 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.52 + 0.15 \cdot 0.11) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 29507,5 \text{ N} = 29,51 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 6,31 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 6,31 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojit će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 6,31 / 290,40 \approx 0.02 \Rightarrow V_{Ed} = 0.02 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

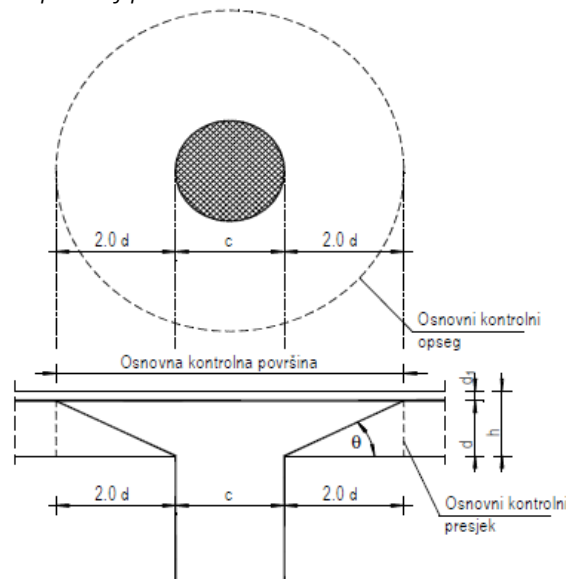
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spona: Ø8/15 ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spona **Ø8/15** ( $A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.5.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.52. 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  $V_{Ed} = 70,50 \text{ kN}$

$u_1$  – 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

$$v_{Ed} = 70,50 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 313,63} = 0,019 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

$$V_{Rd,max} = 0,4 \nu \cdot f_{cd}$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,019 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{9,31 + 2,83}{2000} = 0,00607$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,00607^2} = 0,00607$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.00607 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

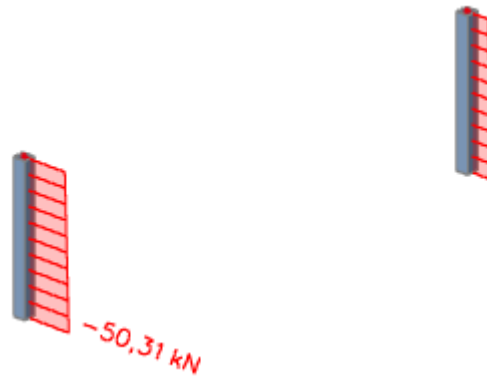
$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 0.63 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,019 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

## 13.1.5.5. 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 13.53. N-GSU

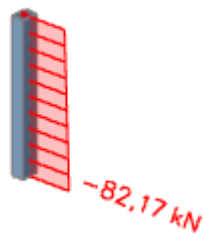
$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{50,31}{25 * 25} = 0,08 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

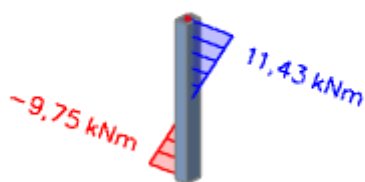
## 13.1.6.1. Rezne sile stup 25x35 cm

## ○ Uobičajena kombinacija

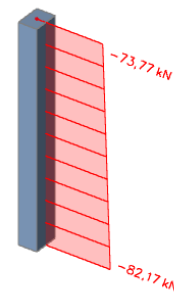
Slika 13.54. prikaz Nmax



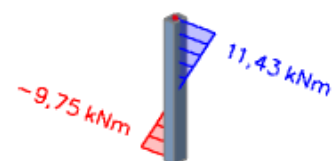
Slika 13.56. prikaz Mprip



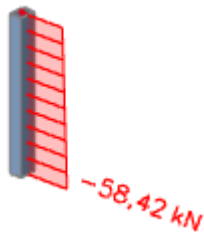
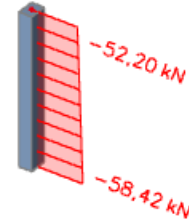
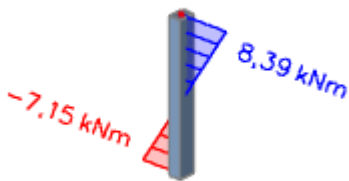
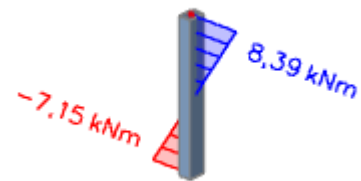
Slika 13.55. prikaz Nprip



Slika 13.57. prikaz Mmax



○ Izvanredna kombinacija

Slika 13.58. prikaz  $N_{max}$ Slika 13.59. prikaz  $N_{prip}$ Slika 13.60. prikaz  $M_{prip}$ Slika 13.61. prikaz  $M_{max}$ 

13.1.6.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a \cdot b^3}{12} = \frac{25 \cdot 35^3}{12} = 0,00089 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,9 \text{ m} = 4,06 \text{ m}$$

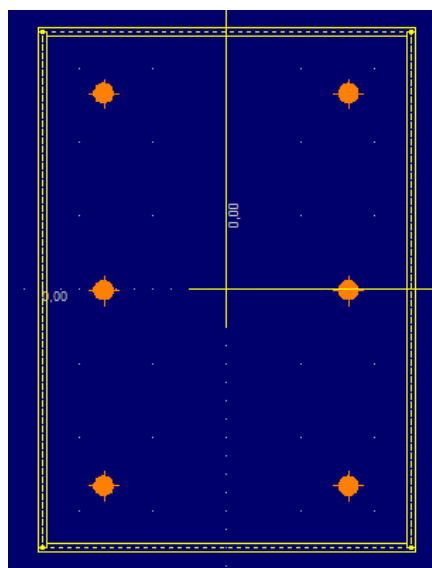
$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\varphi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,00089 \cdot 1000}{4,06^2} = 5015,43 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_e}}$$

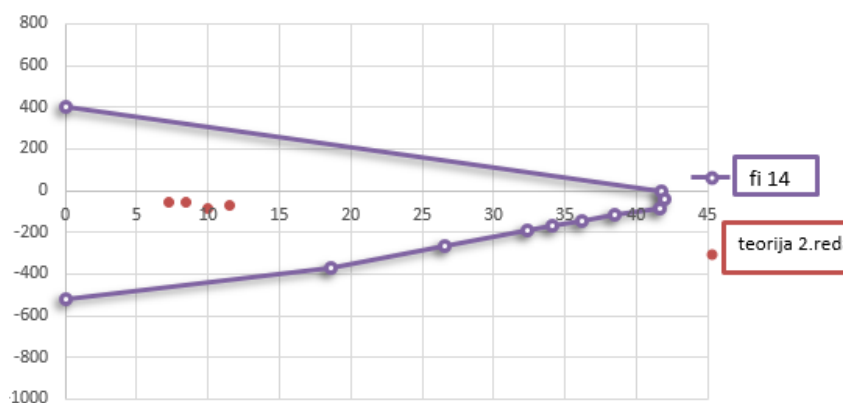
$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$



		$N(kN)$	$M$ $I.reda(kNm)$	$\psi$	$M$ $II.reda$ $(kNm)$
<i>Uobičajena kombinacija</i>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-82,17	9,75	1,02	9,95
<i>Uobičajena kombinacija</i>	<b>Nprip,Mmax</b>	-73,77	11,43	1,01	11,54
<i>Izvanredna kombinacija</i>	<b>Nmax,Mprip.</b>	-58,42	7,15	1,01	7,22
<i>Izvanredna kombinacija</i>	<b>Nprip,Mmax</b>	-52,20	8,39	1,01	8,48



Slika 13.62. Poprečni presjek stupa



Slika 13.63. Dijagram interakcije

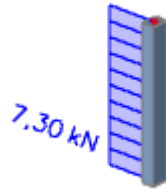
**Odabrana armatura u stupu: 6 $\phi$ 14 (9,24 cm<sup>2</sup>)**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{35}{100} = 0,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{35}{100} = 17,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

### 13.1.6.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu



Slika 13.64. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 7,30 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 82,17 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{320}} = 1.79 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.79$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 82,17 / (25 \cdot 35) = 0,094 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 6\phi 14 = 9,24 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{9,24}{25 \cdot 35} = 0.011$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.79 \cdot (100 \cdot 0.011 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.094 \right] \cdot 250 \cdot 320$$

$$V_{Rd,c} = 56246,27 \text{ N} = 56,25 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.79^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.46$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.094 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.46 + 0.15 \cdot 0,094) \cdot 250 \cdot 320$$

$$V_{Rd,c} \geq 37928 \text{ N} = 37,93 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 7,30 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 320 \cdot 20.0 = 422400 \text{ N} = 422,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 7,30 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojit će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 7,30 / 422,40 \approx 0.017 \Rightarrow V_{Ed} = 0.017 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 32 = 24; 30.0 \} \Rightarrow s_{max} = 24 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

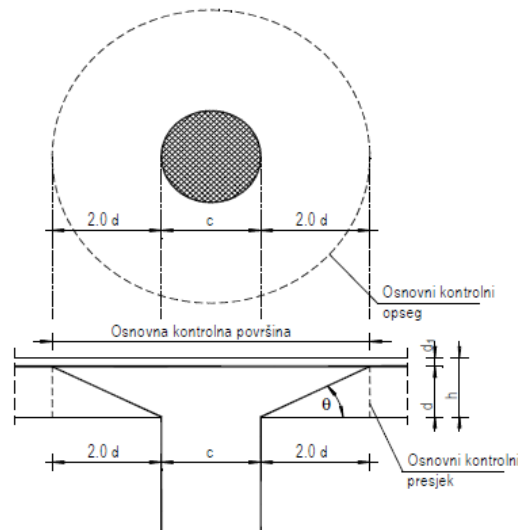
Odabrani razmak spona : 24 cm

Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 24 \cdot 25}{2} = 0.3 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone  $\text{Ø}8/20 (A_{sw}=0.5 \text{ cm}^2)$

#### 13.1.6.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.65. Proboj ploče kroz stup

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

$v_{Ed}$  – računaska 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  $V_{Ed} = 82,17 \text{ kN}$

$u_1$  – duljina kritičnog opsega

$$u_1 = 2a + 2b + 2 \cdot 2d\pi = 2 \cdot 25 + 2 \cdot 35 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot \pi = 333,63 \text{ cm}$$

$d$  – 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

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 82,17 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 333,63} = 0,02 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,02 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2.08 \leq 2.0 \Rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{2,83 + 9,31}{2000} = 0,00607$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,00607^2} = 0,00607$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.00607 \cdot 30.0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

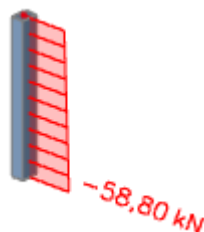
$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < 0,63 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,02 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,63 \text{ MPa}$$

Nije potrebno postaviti armaturu za proboj.

#### 13.1.6.5. 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 13.66. N-GSU

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{58,80}{25 \cdot 35} = 0,07 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

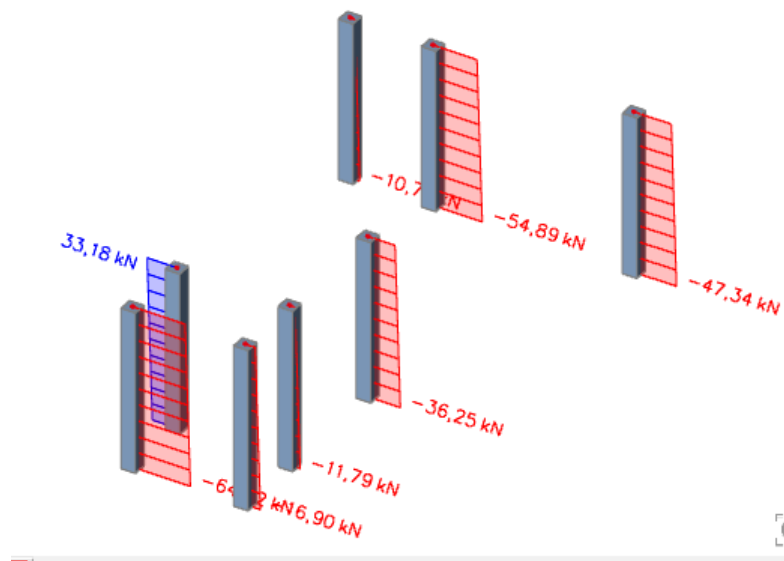
→ Naprezanja zadovoljavaju!

13.1.7. Proračun stupova pozicije S4

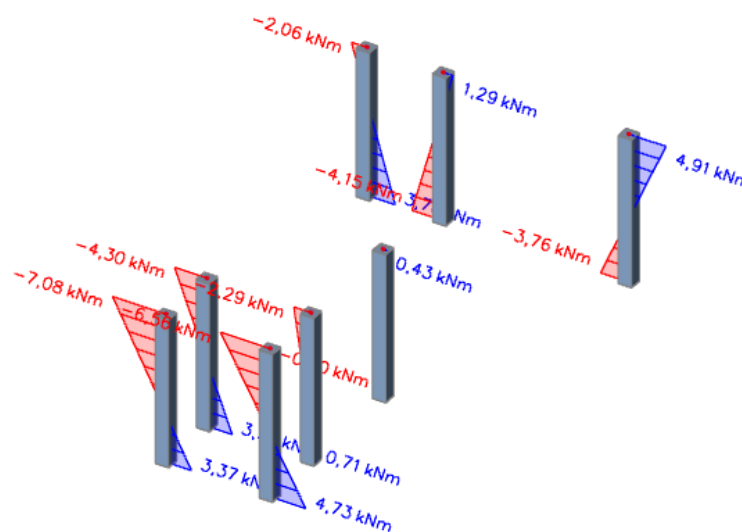
13.1.7.1. Rezne sile

○ Uobičajena kombinacija

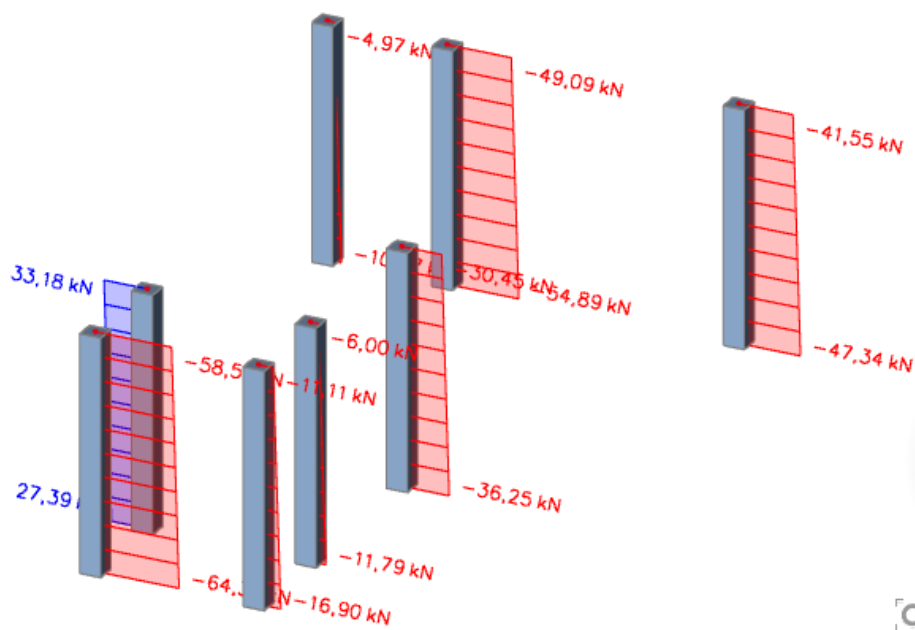
Slika 13.67. prikaz Nmax



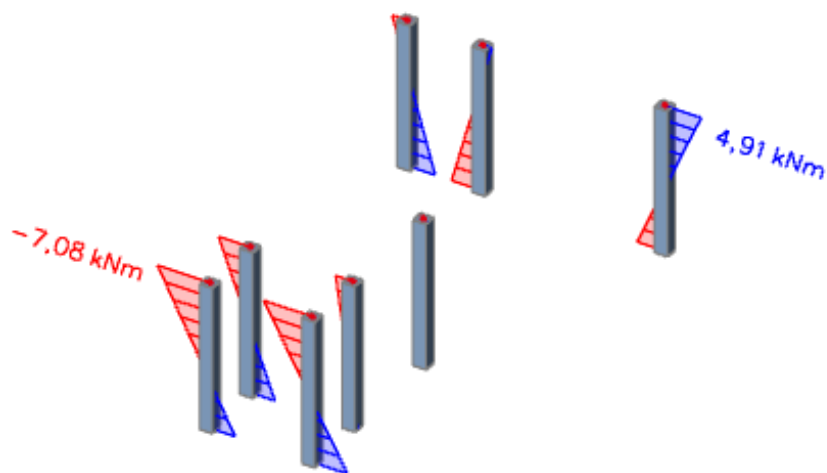
Slika 13.68. prikaz Mprisp



Slika 13.69. prikaz  $N_{prip}$

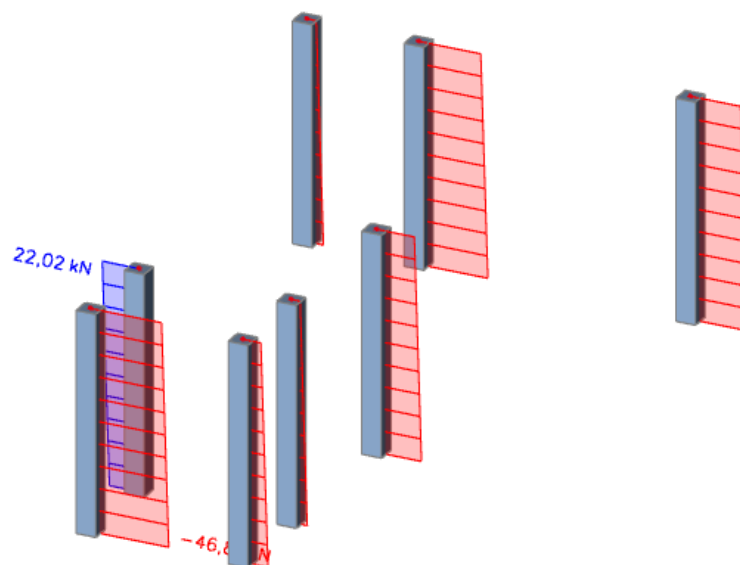


Slika 13.70. prikaz  $M_{max}$

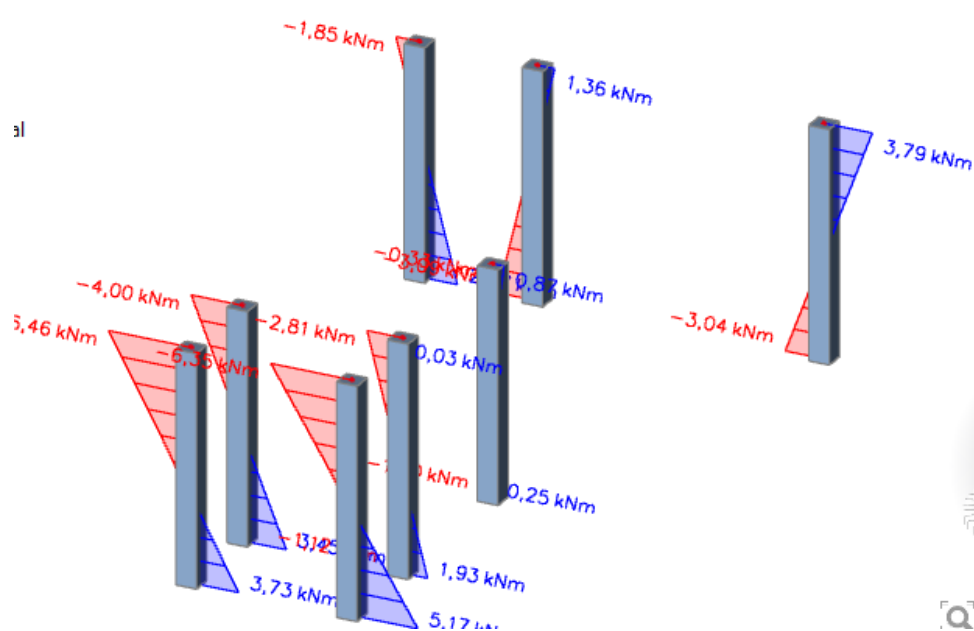


○ **Seizmička kombinacija**

*Slika 13.71. prikaz  $N_{max}$*

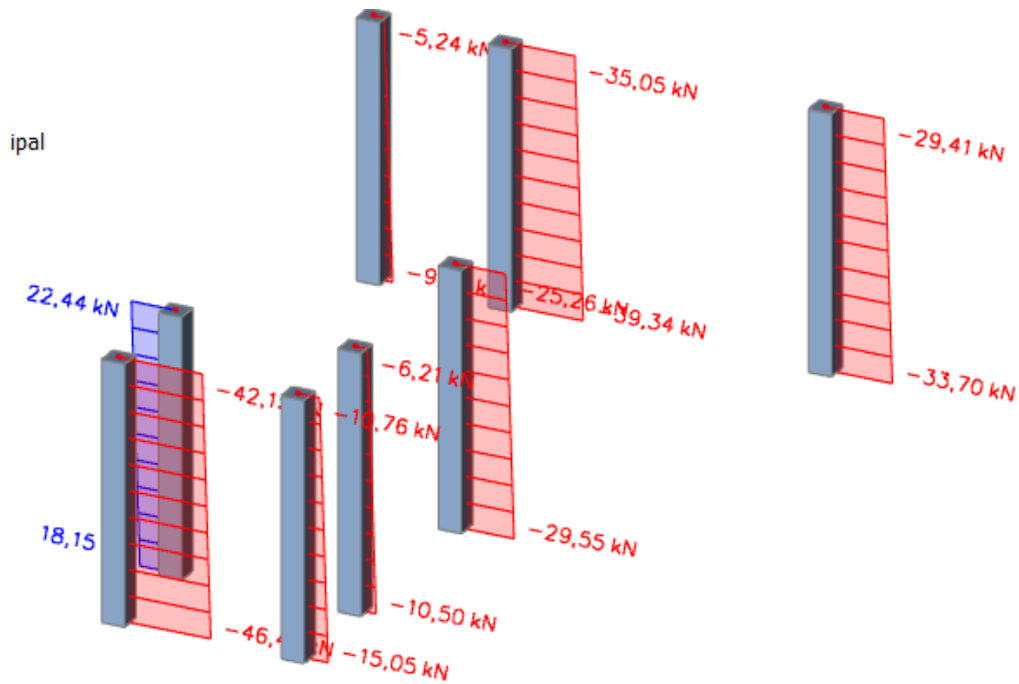


*Slika 13.72. prikaz  $M_{prip}$*

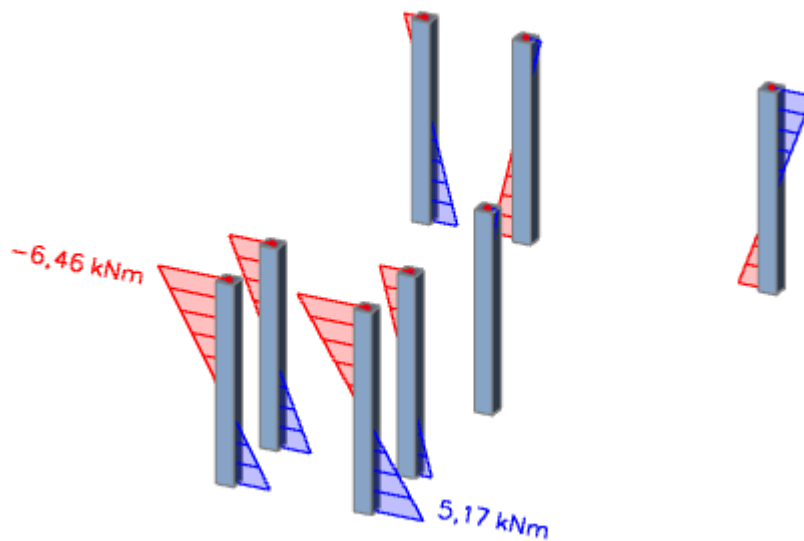




Slika 13.73. prikaz  $N_{prip}$



Slika 13.74. prikaz  $M_{max}$



13.1.7.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

$$C30/37 \rightarrow E = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{\varphi} = \frac{E}{1 + \varphi} = \frac{3200}{1 + 2,4} = 9411,76 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{a^4}{12} = \frac{0,25^4}{12} = 0,000326 \text{ m}^4$$

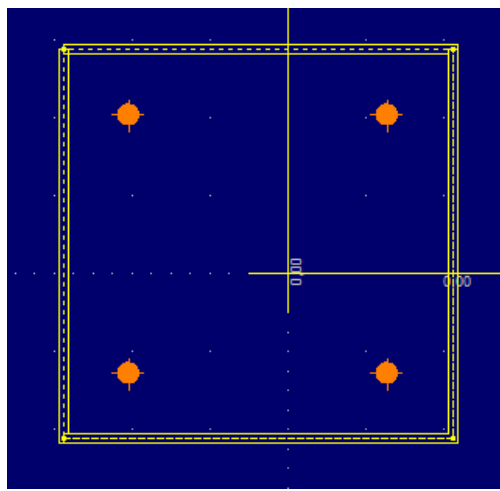
$$l_i = 1,4 \cdot h_0 = 1,4 \cdot 2,9 \text{ m} = 4,06 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{9411,76 \cdot 0,000326 \cdot 1000}{4,06^2} = 1837,11 \text{ kN}$$

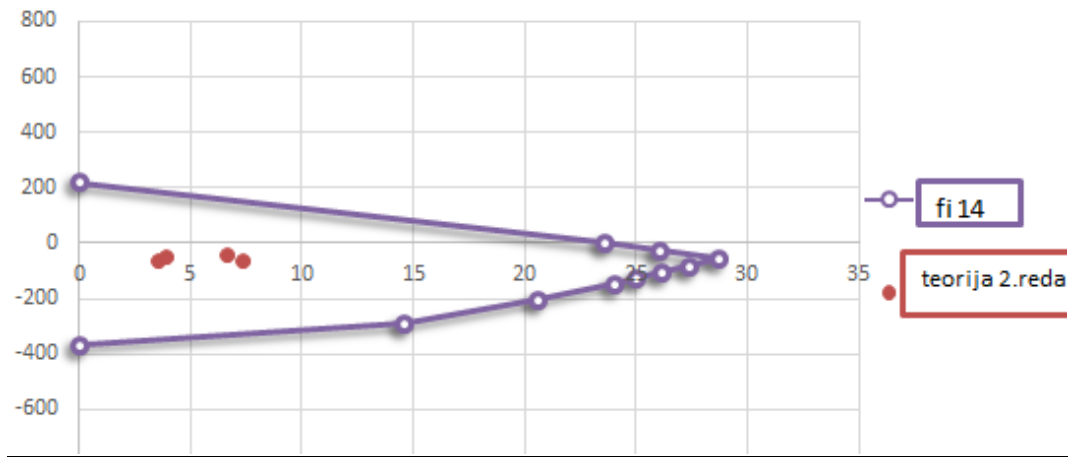
$$\psi = \frac{1}{1 - \gamma \cdot \frac{N}{N_e}}$$

$$M_{\text{računski}} = \psi \cdot M_{\text{očitani}}$$

		$N(\text{kN})$	$M$ $I.\text{reda}(\text{kNm})$	$\psi$	$M II.\text{reda}$ $(\text{kNm})$
<i>Uobičajena kombinacij</i> <i>a</i>	<b>Nmax,Mpri p.</b>	-64,32	3,37	1,04	3,50
	<b>Mmax,Npri p.</b>	-58,53	7,08	1,03	7,29
<i>Izvanredna kombinacij</i> <i>a</i>	<b>Nmax,Mpri p.</b>	-46,81	3,73	1,03	3,84
	<b>Mmax,Npri p.</b>	-42,15	6,46	1,02	6,59



Slika 13.75. Poprečni presjek stupa



Slika 13.76. Dijagram nosivosti stupova

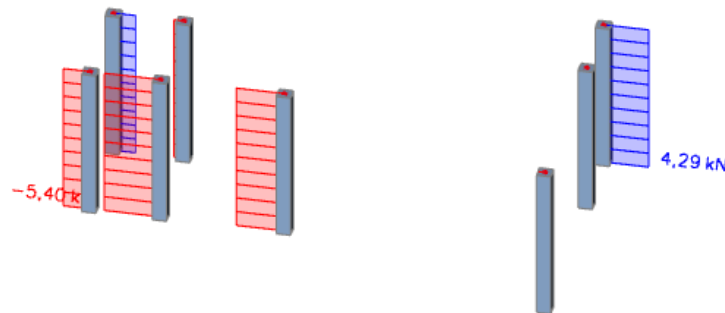
**Odabrana armatura u stupu:  $4\phi 14$  ( $6,16 \text{ cm}^2$ )**

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot A_c = 0,1 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 0,625 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 2,0\% \cdot A_c = 2,0 \cdot 25 \cdot \frac{25}{100} = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$$

13.1.7.3. Dimenzioniranje stupa na poprečnu silu



Slika 13.77. V

C 30/37

 $V_{Ed} = 5,40 \text{ kN}$  $N_{Ed} = 64,32 \text{ kN}$ 

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{220}} = 1.95 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.95$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 64,32 / (25 \cdot 25) = 0,10 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

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

$$\sum A_s = 4\phi 14 = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,16}{25 \cdot 25} = 0.0099$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.95 \cdot (100 \cdot 0.0099 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.10 \right] \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} = 40681,34 \text{ N} = 40,68 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.95^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.52$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.10 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$V_{Rd,c} \geq (0.52 + 0,15 \cdot 0,10) \cdot 250 \cdot 220$$

$$V_{Rd,c} \geq 29425 \text{ N} = 29,43 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 5,40 \text{ kN}$$

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

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 250 \cdot 220 \cdot 20.0 = 290400 \text{ N} = 290,40 \text{ kN} > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 5,40 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

Nije potreban proračun poprečne armature, usvojiti će se minimalna poprečna armatura:

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 5,40 / 290,40 \approx 0.019 \Rightarrow V_{Ed} = 0.019 V_{Rd,max}$$

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

$$\min \{ 0.75 \cdot 22 = 16.5; 30.0 \} \Rightarrow s_{\max} = 16.5 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.001$$

Odabrani razmak spona : 15 cm

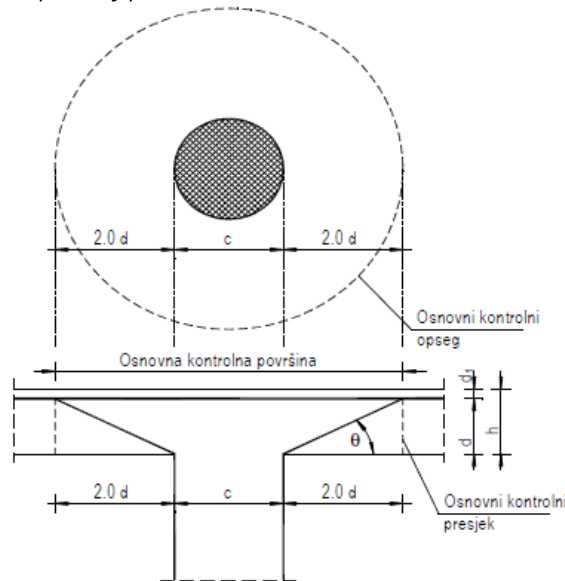
Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{s_{w,\min}} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 15 \cdot 25}{2} = 0.19 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/15 ( $A_{s_w}=0.5 \text{ cm}^2$ )

Postaviti spone Ø8/15 ( $A_{s_w}=0.5 \text{ cm}^2$ )

#### 13.1.7.4. Kontrola stupa na proboj ploče



Slika 13.78. 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  $V_{Ed} = 64,32 \text{ kN}$

$u_1$  – 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 → stup je unutrašnji

$\beta = 1.40$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1.5$  za stupove u kutu

$$v_{Ed} = 64,32 \cdot \frac{1,40}{17 \cdot 313,63} = 0,017 \text{ kN/cm}^2$$

$V_{Rd,max}$  – proračunska vrijednost najveće otpornosti na posmični proboj uzduž promatranog kontrolnog presjeka

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot 0,528 \cdot 2 = 0,42 \text{ kN/cm}^2 > v_{Ed} = 0,017 \text{ kN/cm}^2$$

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 :

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}}$$

$$\rho_{l,x} = \rho_{l,y} = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{\sum A_{s,x}}{A_c} = \frac{5,03 + 2,83}{2000} = 0,00393$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{l,x} \cdot \rho_{l,y}} = \sqrt{0,00393^2} = 0,00393$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,00393 \cdot 30,0)^{1/3} \right]$$

$$V_{Rd,c} = 0,55 \text{ MPa}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.54$$

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

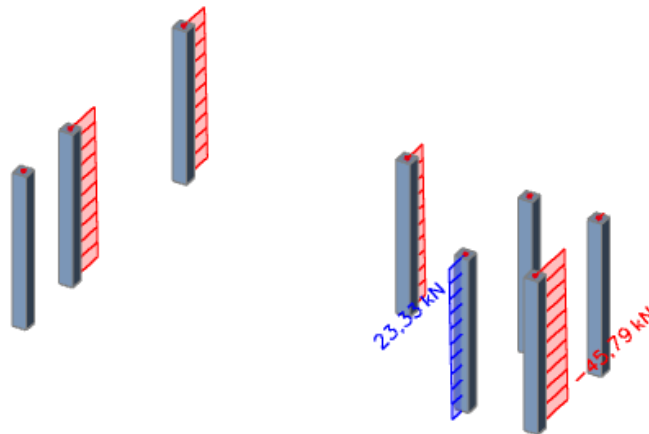
$$V_{Rd,c} \geq (0.54 + 0)$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.54 \text{ MPa} < V_{Rd,c} = 0.55 \text{ MPa} \rightarrow V_{Rd,c} = 0.55 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} = 0,017 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < V_{Rd,c} = 0,55 \text{ MPa}$$

### 13.1.7.5. Kontrola naprezanja u stupu za GSU

Naprezanja u betonu za kombinaciju opterećenja za granično stanje uporabljivosti ograničavamo na vrijednost  $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$



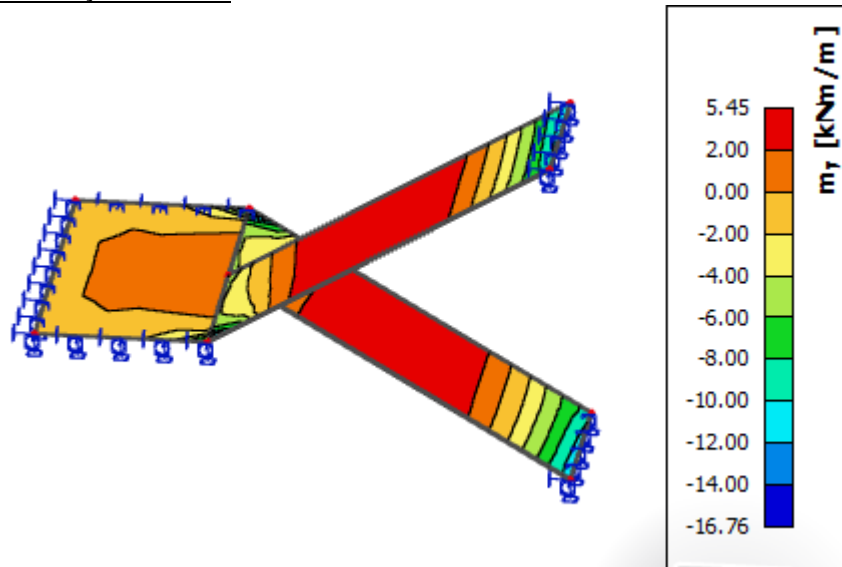
Slika 13.79. N-GSU

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed,max}}{A_c} = \frac{45,79}{25 \cdot 25} = 0,07 \text{ kN/cm}^2 < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

→ Naprezanja zadovoljavaju!

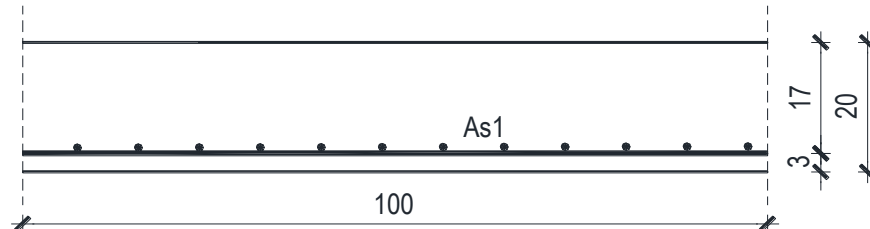
## 14. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

### 14.1. Dimenzioniranje stubišta



Slika 14.1. Prikaz momenta na stubištu

#### ➤ Proračun u polju



$$M_{Ed} = 5,45 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{545}{123 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,0077$$

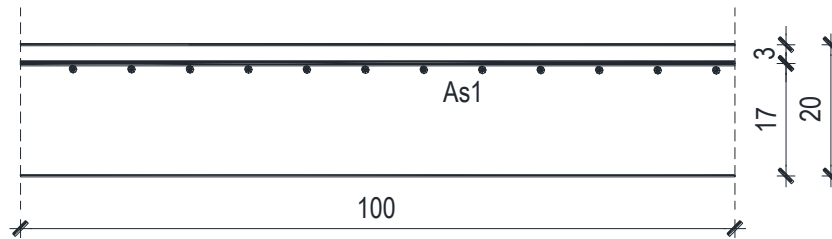
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\% \quad \varepsilon_{c2} = 0,5\% \quad \zeta = 0,984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{545}{0,984 \cdot 17 \cdot 43,48} = 0,75 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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



➤ Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)



$$M_{Ed} = 16,76 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1676}{123 \cdot 17^2 \cdot 2} = 0,024$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1676}{0,971 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{min} = 0,1\%b \cdot h = 0,1 \cdot 123 \cdot \frac{20}{100} = 2,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{max} = 2,0\%b \cdot h = 2,0 \cdot 123 \cdot \frac{20}{100} = 49,2 \text{ cm}^2$$

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

## 15. PRORAČUN ZIDOVA

Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za 2 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, osim prikazanog zida u Y smjeru koji je debljine 20 cm.

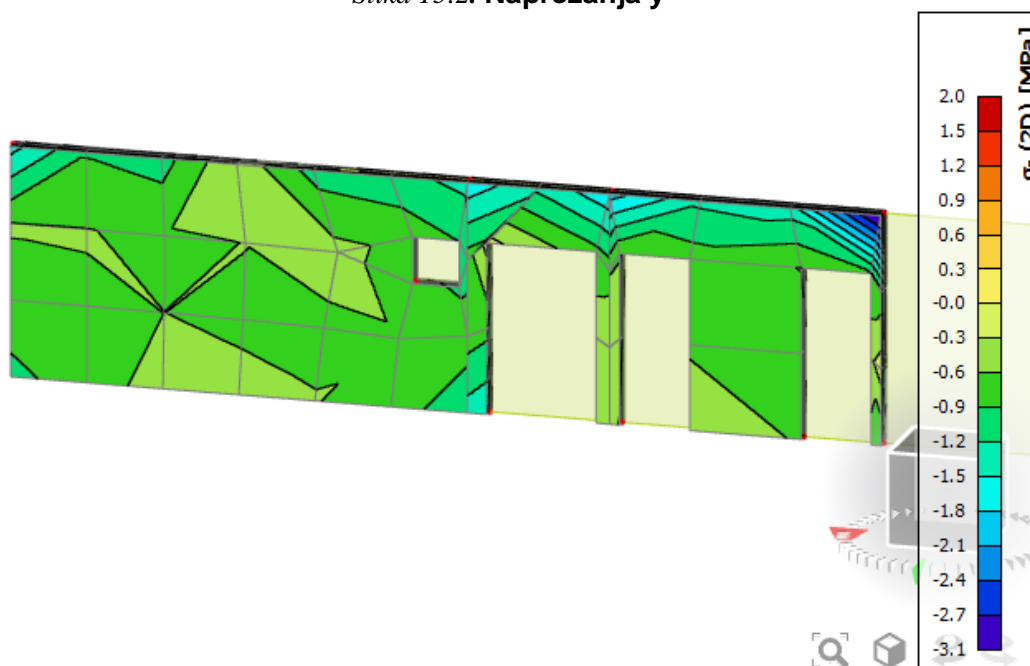
Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile M,N i V. Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprazanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.

### 15.1. Proračun zida u smjeru X

Slika 15.1. Naprezanja x

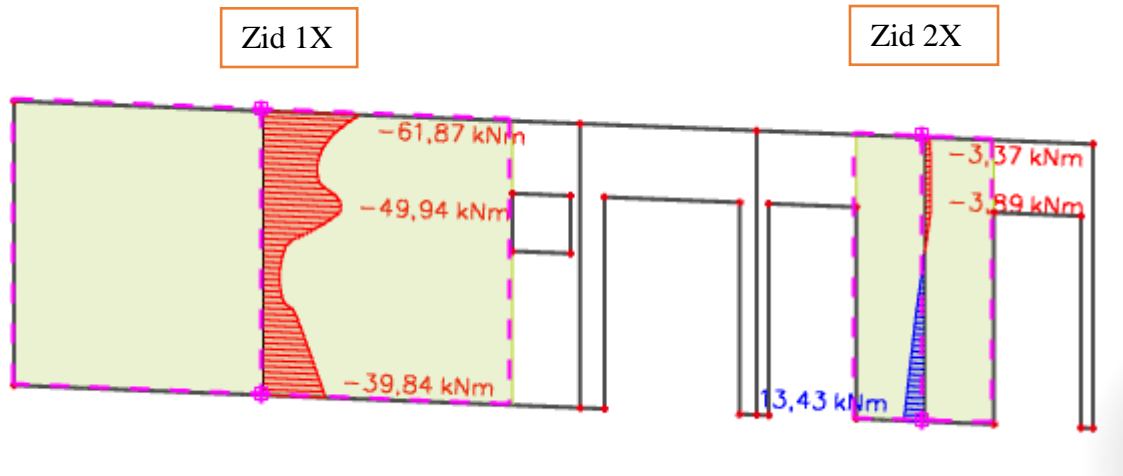


Slika 15.2. Naprezanja y



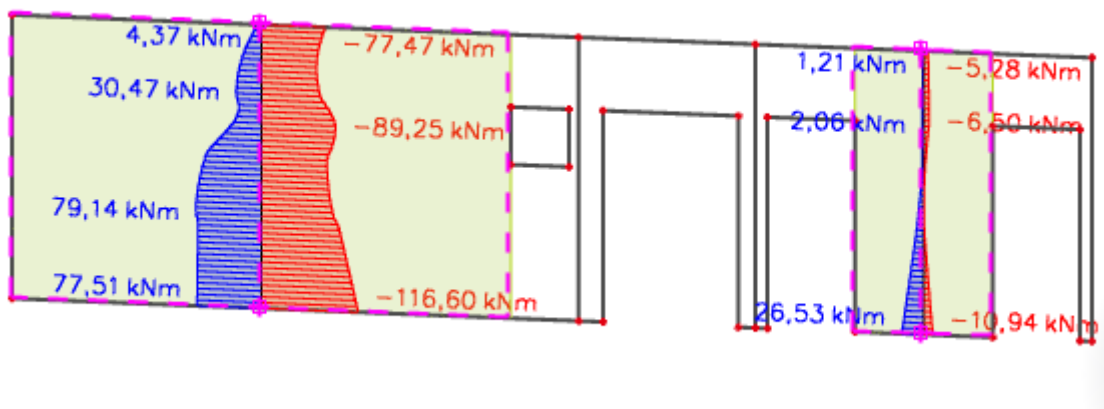
**Uobičajena kombinacija:**

Slika 15.3. *M*

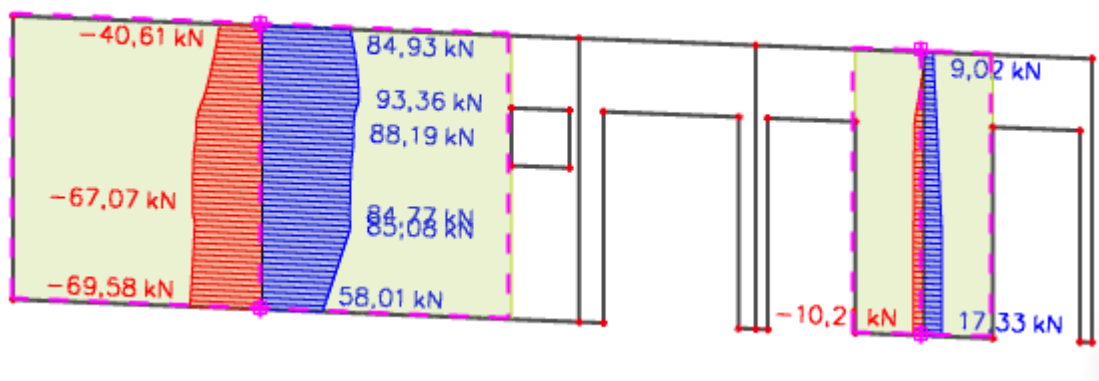


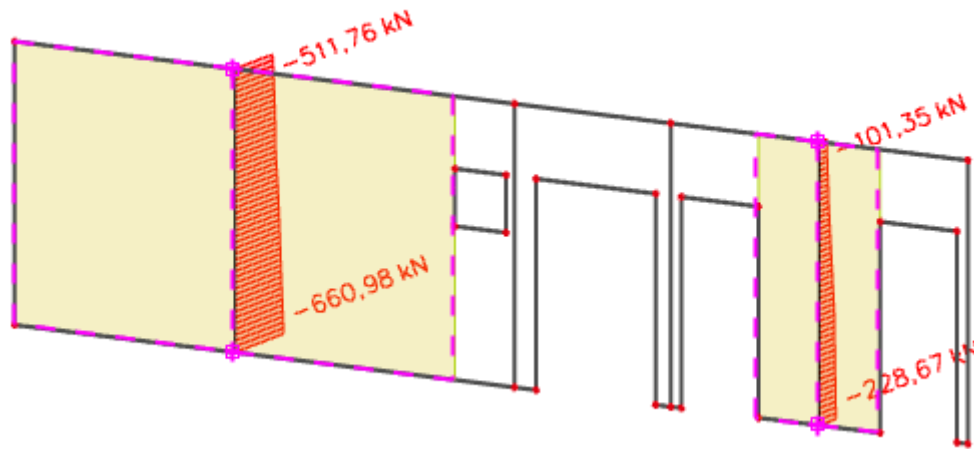
**Seizmička kombinacija:**

Slika 15.4. *M*



Slika 15.5. *V*



Slika 15.6. **N**

### Proračun zida 1X

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZIDA:

$h_s$ - visina etaže	295	cm
$b_w$ - debljina zida	25	cm
$l_w$ - duljina zida	515	cm
$h_w$ - visina zida	875	cm
$n$ - broj etaža	3	

$d_1$ =	3	cm
$d$ =	509	cm

DUKTILNOST:	DCM-srednja duktilnost
FAKTOR PONAŠANJA	
$q$ =	2,4

VITKI ZID ( $h_s/l_w > 2$ )

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$

$l_{c0} = 37,5$  cm

Uvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$

$b_{w0} \geq 14,65$  cm

Vitkost zida:  $h_w/l_w = 1,7 < 2$

zid nije vitak

$$\text{Visina kritične zone: } h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\} \quad h_{cr} = 515 \quad \text{cm}$$

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C30/37	
$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20,0	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

Tip:	B 500B	
$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,78	MPa

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

$g_c =$	1,50
$g_s =$	1,15

Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 116,60 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 660,98 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 93,36 \text{ kN}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 509 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{77,25; 37.5\} = 37.5 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 116,60 + 660,98 \cdot \left(5,09 - \frac{2,95}{2}\right) = 2506,04 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,25 \cdot 5,09^2 \cdot 20000 = 20596,94 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2506,04 \cdot 100}{25 \cdot 509^2 \cdot 2,0} = 0,02$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{2506,04 \cdot 100}{0,974 \cdot 509 \cdot 43,48} - \frac{660,98}{43,48} = -3,58 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 25 \cdot 37,5 = 1,41 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **4 Ø 18** ( $A_s = 10,18 \text{ cm}^2$ )

### Proračun armature na poprečnu silu

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}}{q \cdot M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 93,36 = 224,06 \text{ kN}$$

C 30/37  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$

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

### Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 509 = 6321,78 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 509 = 7902,23 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 224,06 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(6321,78; 7902,23) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 116,60 / (93,36 \cdot 5,15) = 0,24$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

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

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

**NOSIVOST BETONA**

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

*Minimalna armatura:*  $A_{z,min} = 0,15\% \cdot d \cdot 100$

Zid debljine 25 cm :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 25 \cdot 100 = 3,75 \text{ cm}^2$

**Odabrano: Q-385** obostrano ( $\varnothing 8/10$  cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{25 \cdot 100} = 0,00308$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00308 \cdot 43,48 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 509 = 1533,70 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,34 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00308) \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 509 = 5152,34 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 5152,34 + 1533,70 = 6686,04 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 93,36 \text{ kN} < V_{Rd3} = 6686,04 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### Proračun zida 2X

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZIDA:

$h_s$ - visina etaže	295	cm
$b_w$ - debljina zida	25	cm
$l_w$ - duljina zida	143	cm
$h_w$ - visina zida	293	cm

$n$  - broj etaža

3
---

$d_1 =$ 

3	cm
---	----

$d =$ 

137	cm
-----	----

DUKTILNOST: 

DCM-srednja duktilnost
------------------------

  
 FAKTOR PONAŠANJA  
 $q =$ 

2,4
-----

VITKI ZID ( $h_s/l_w > 2$ )
-----------------------------

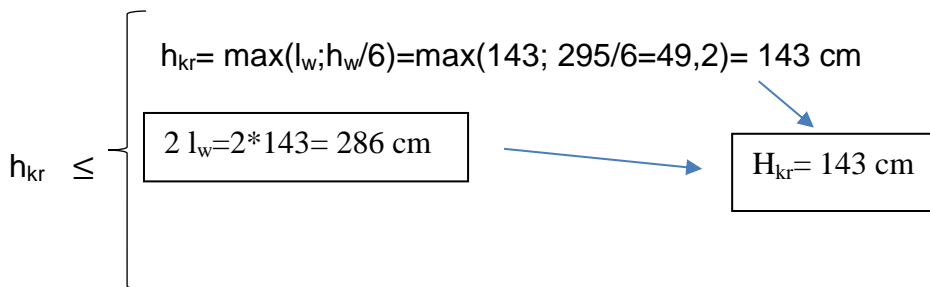


Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$   $l_{c0} = 21,45 \text{ cm}$   
 Uvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$   $b_{w0} \geq 14,75 \text{ cm}$   
 Vitkost zida:  $h_w/l_w=2,05 > 2$  zid je vitak

Zid je vitak, stoga je potrebno povećanje reznih sila koristeći ovojnici momenata savijanja.

**Ovojnica reznih sila**

Visina kritičnog presjeka



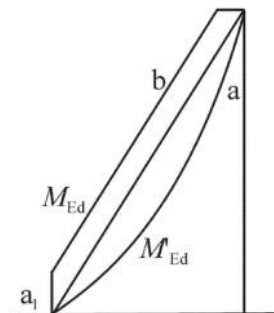
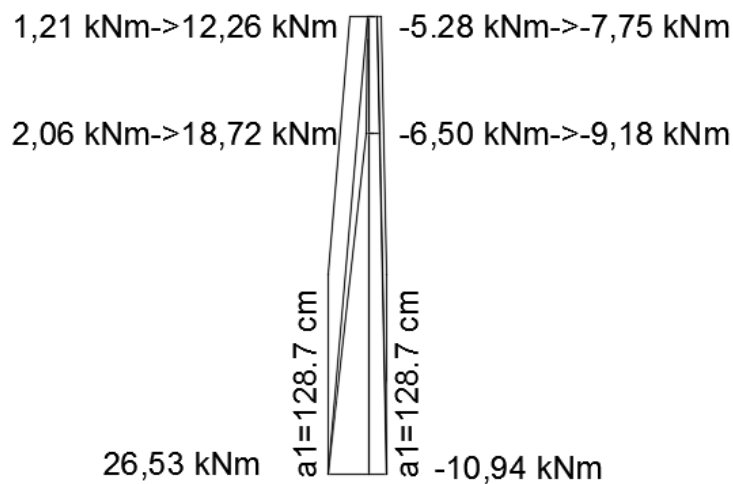
**Proračunska ovojnica momenata savijanja**

$a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2,5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$

$d = 0,9 \cdot l_w = 0,9 \cdot 143 = 128,7 \text{ cm}$

$a_1 = 128,7 \cdot 1 = 128,7 \text{ cm}$



Legenda:

- a momentni dijagram prema proračunu
- b proračunska ovojnica
- a<sub>1</sub> „vlačni pomak“

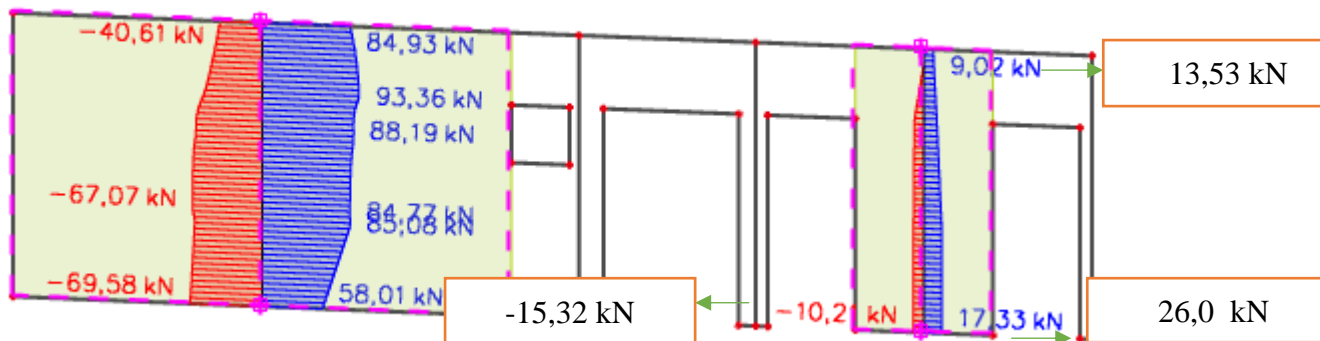
Slika 15.7. Ovojnica momenata savijanja

### Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$

gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon=1.5$ .

Slika 15.8. Ovojnica poprečnih sila



Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$   $h_{cr} = 143$  cm

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C30/37	
$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20,0	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

Tip:	B	
	500B	
$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,78	MPa

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

$g_c =$	1,50
$g_s =$	1,15

Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 26,53 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 228,67 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 26,0 \text{ kN}$$

$$b = 25 \text{ cm} ; d = 137 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{21,45; 37,5\} = 21,45 \text{ cm}$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 25 \cdot 21,45 = 0,8 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **4 Ø 18** ( $A_s = 10,18 \text{ cm}^2$ )

### Proračun armature na poprečnu silu

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}}{q \cdot M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left(\frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)}\right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 26 = 62,4 \text{ kN}$$

C 30/37  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$

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

### Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 137 = 1701,54 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 137 = 2126,93 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 62,4 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(1701,54; 2126,93) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 26,53 / (26 \cdot 1,43) = 0,71$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

Ako je  $\alpha_s \leq 1.3$  koristi se izraz (i za vertikalnu i horizontalnu armaturu):

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

**NOSIVOST BETONA**

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

*Minimalna armatura:*  $A_{z,min} = 0,15\% \cdot d \cdot 100$

Zid debljine 25 cm :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 25 \cdot 100 = 3,75 \text{ cm}^2$

**Odabrano: Q-385** obostrano ( $\varnothing 8/10$  cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{25 \cdot 100} = 0,00308$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00308 \cdot 43,48 \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 137 = 412,80 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,34 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00308) \cdot 25 \cdot 0,9 \cdot 137 = 1386,78 \text{ kN}$$

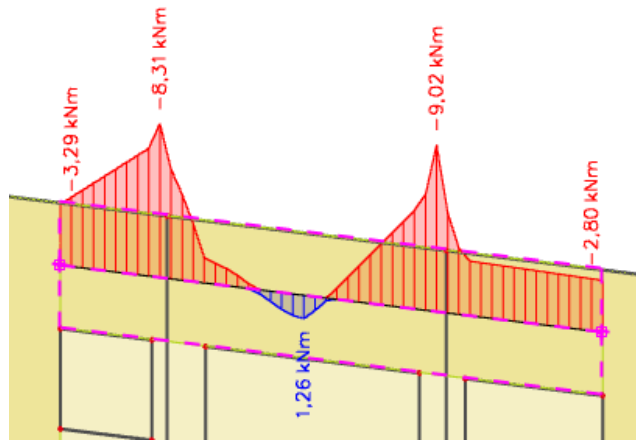
Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 1386,78 + 412,80 = 1799,58 \text{ kN}$$

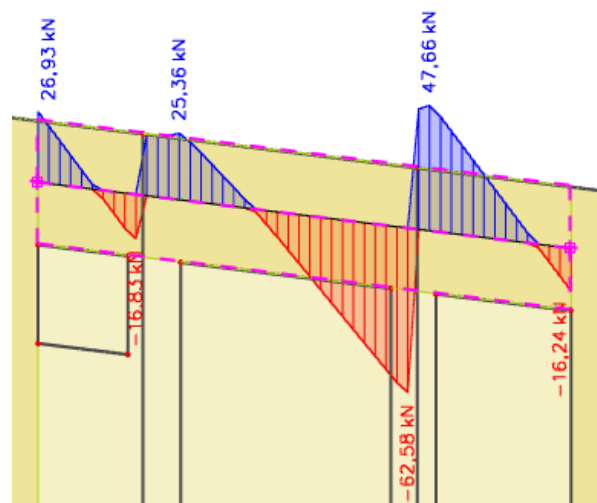
$$V_{Ed} = 26,0 \text{ kN} < V_{Rd3} = 1799,58 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### Dimenzioniranje zida oko otvora



Slika 15.9. – Prikaz M



Slika 15.10. – Prikaz V

**Proračun uzdužne armature u polju**

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

$$h = 75 \text{ cm}$$

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

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

$$d = h - d_1 = 70 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 25 + \frac{0,7 \cdot 355}{10} = 49,85 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 12,11 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 25 \cdot 75 = 1,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 25 \cdot 75 = 37,5 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 1,26 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{126}{49,85 \cdot 70^2 \cdot 20} = 0,0003$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0,020 \cdot 70 = 1,4 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{125}{0,993 \cdot 70 \cdot 43,48} = 0,04 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 2\text{Ø}12 \text{ (As=2,26 cm}^2\text{)}$$

**Proračun uzdužne armature nad ležajem**

$$M_{Ed} = 9,02 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{902}{49,85 \cdot 70^2 \cdot 20} = 0,002$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0.02 \cdot 70 = 1,4 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{902}{0.993 \cdot 70 \cdot 43.48} = 0,30 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø12 (As=2,26 cm<sup>2</sup>)

### Dimenzioniranje na poprečnu silu

<p>C 30/37</p> <p><math>f_{cd} = 30/1.5 = 20,0 \text{ MPa}</math></p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max} = 62,58 \text{ kN}</math></p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq \left[ v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ [mm]}$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

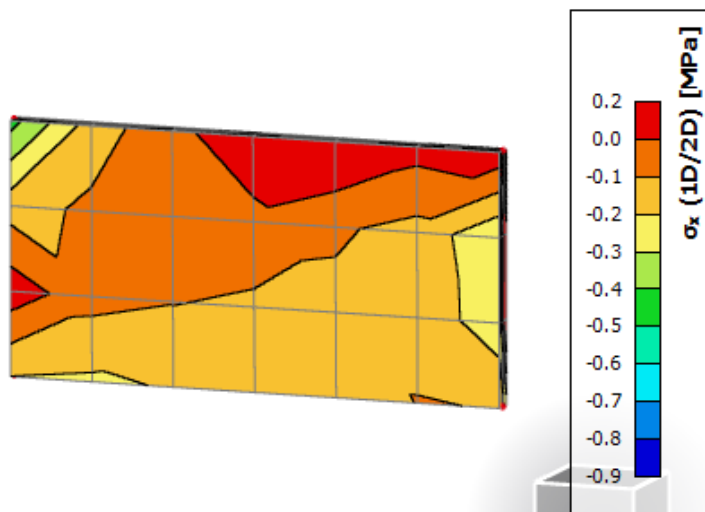
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$$

25,00	cm	<b>C 30/37</b>		
75,00	cm	$f_{ck}$	30,00	Mpa
5,00	cm	$f_{cd}$	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
70,00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
2,26	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0,34	kN/cm <sup>2</sup>
62,58	kN	<b>Računska armatura</b>		
0,00	kN	$\rho_{min}$	0,0011	
1,53		<b>m</b>	2	
0,0013		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0,07	
0,36		$s_{w,max}$	30,0	cm
0,00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0,413	cm <sup>2</sup>
50,6	kN			
63,8	kN	Odabrano:	<b>Ø8 / 15</b>	
63,8	kN	$A_{sw,od}$	0,50	cm <sup>2</sup>
0,528		$V_{wd}$	182,62	kN
924,0	kN			

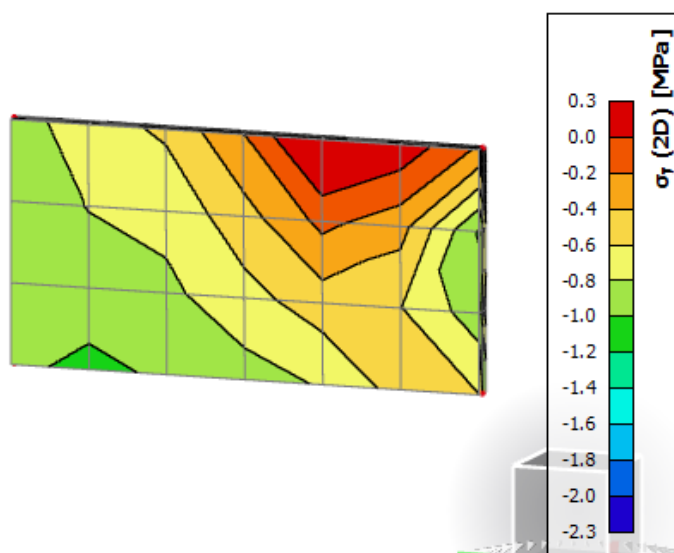


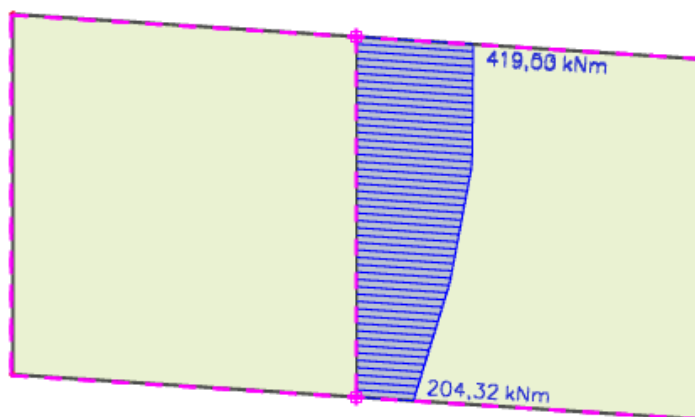
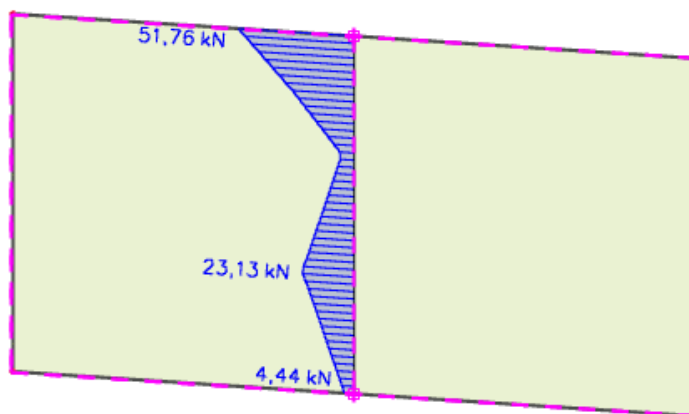
15.2. Proračun zida u smjeru Y

Slika 15.11. Naprezanja x

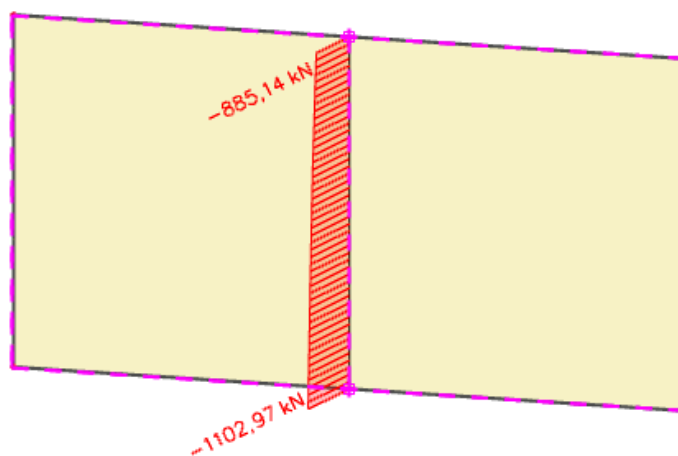


Slika 15.12. Naprezanja y



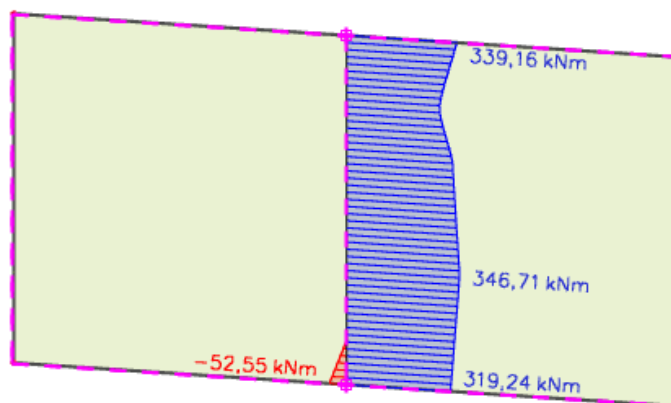
**Uobičajena kombinacija:**Slika 15.13. **Mz**Slika 15.14. **Vy**

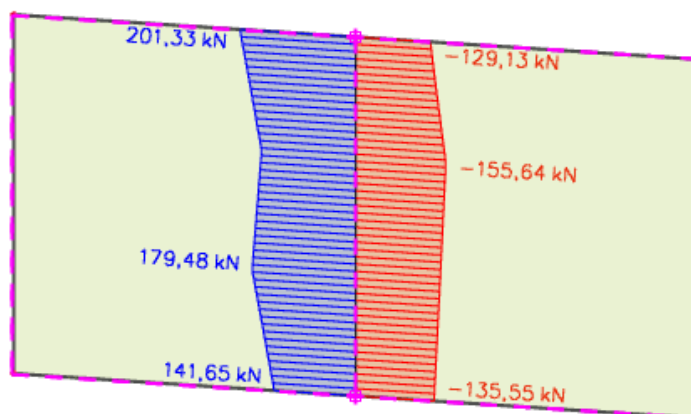
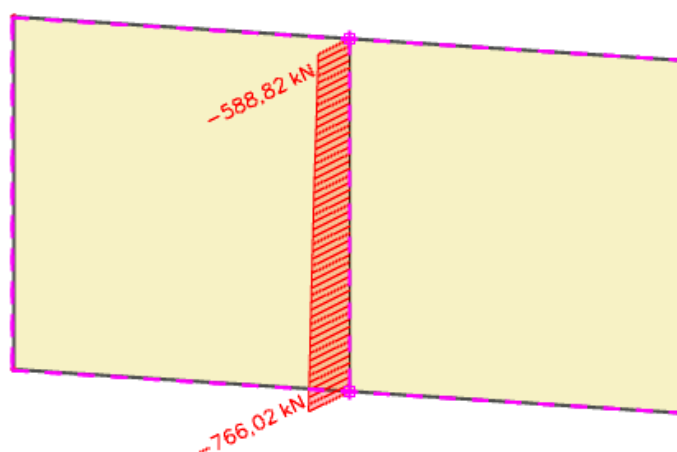
Slika 15.15. **N**



**Izvanredna kombinacija:**

Slika 15.16. **Mz**



Slika 15.17.  $V_y$ Slika 15.18.  $N$ 

### Proračun zida

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZIDA:

$h_s$  - visina etaže 

295
-----

 cm

$b_w$  - debljina zida 

20
----

 cm

$l_w$  - duljina zida 

590
-----

 cm

$h_w$  - visina zida 

295
-----

 cm

$n$  - broj etaža 

3
---

$d_1 =$ 

3
---

 cm

$d =$ 

584
-----

 cm

DUKTILNOST:  
FAKTOR PONAŠANJA  
q=

DCM-srednja duktilnost

VITKI ZID ( $h_s/l_w > 2$ )

2,4

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$  $l_{c0} = 30$  cmUvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$  $b_{w0} \geq 14,75$  cmVitkost zida:  $h_w/l_w = 1,48 < 2$ 

zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$  $h_{cr} = 590$  cm

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C30/37	
$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20,0	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

Tip:	B	
	500B	
$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,78	MPa

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

$g_c =$	1,50
$g_s =$	1,15

Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 419,60 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1102,97 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 51,76 \text{ kN}$$

$$b = 20 \text{ cm} ; d = 584 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\} = \min \{88,5; 30,0\} = 30,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 419,60 + 1102,97 \cdot \left(5,84 - \frac{2,95}{2}\right) = 5234,06 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,2 \cdot 5,84^2 \cdot 20000 = 21691,16 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5234,06 \cdot 100}{20 \cdot 584^2 \cdot 2,0} = 0,038$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰}; \xi = 0,107; \zeta = 0,962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{5234,06 \cdot 100}{0,962 \cdot 584 \cdot 43,48} - \frac{1102,97}{43,48} = -3,94 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 30 = 0,9 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 4 Ø18 ( $A_s = 10,18 \text{ cm}^2$ )

### Proračun armature na poprečnu silu

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}}{q \cdot M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od q zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 51,76 = 124,22 \text{ kN}$$

C 30/37  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$

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

### Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck}/200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 584 = 5802,62 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 584 = 7253,28 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 124,22 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(5802,62; 7253,28) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

### Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 419,60 / (124,22 \cdot 5,90) = 0,57$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

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

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

### NOSIVOST BETONA

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd} = 0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

*Minimalna armatura:*  $A_{z,min} = 0,15\% \cdot d \cdot 100$

Zid debljine 20 cm :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2$

**Odabrano:** Q-385 obostrano ( $\varnothing 8/10$  cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{20 \cdot 100} = 0,00385$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00385 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 584 = 1759,69 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,34 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00385) \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 584 = 4839,30 \text{ kN}$$

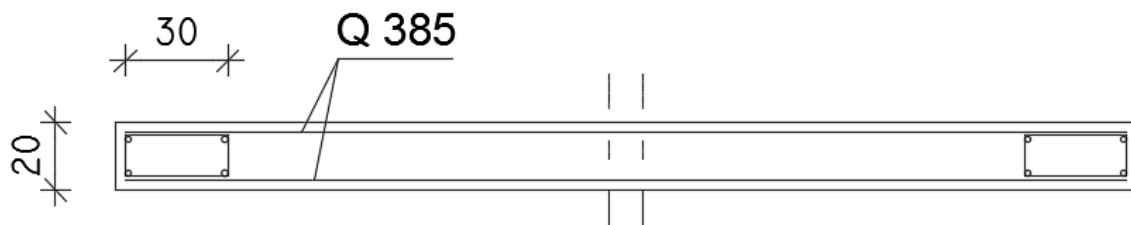
Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 1759,69 + 4839,30 = 6598,99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 124,22 \text{ kN} < V_{Rd3} = 6598,99 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

Slika 15.19. Armatura zida u Y smjeru





## 16. PRORAČUN TEMELJA

Temelji se izvode kao trakasti temelji ispod zidova te temelji samci ispod stupova. Sve temeljne trake i temelji samci izvedeni su od beton C25/30 te armirani armaturom B500B. Radi jednostavnosti izvedbe a i ujednačenosti reakcija ispod zidova i temelja sve su temeljne trake istih dimenzija te jednako armirane.

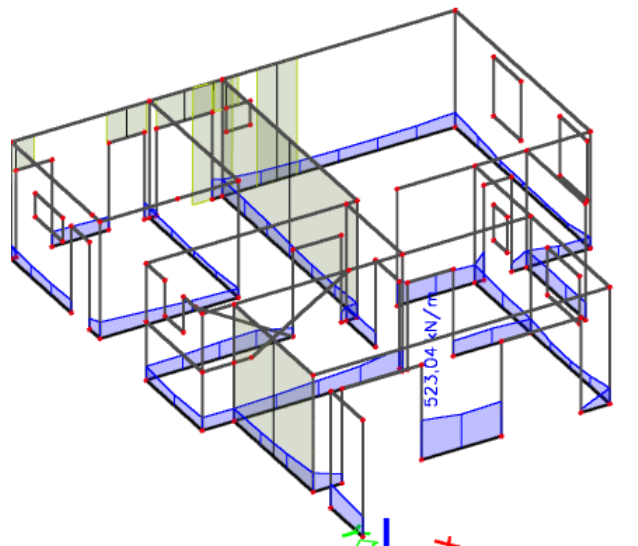
Proračun je proveden na način da su iz prostornog modela za kritične uobičajene kombinacije dobivene maksimalne rezne sile na ležajevima ispod zidova i stupova.

Potom je provedena kontrola napreznanja koje mora zadovoljiti uvjet  $\sigma < \sigma_{dop} = 0,5MPa$ .

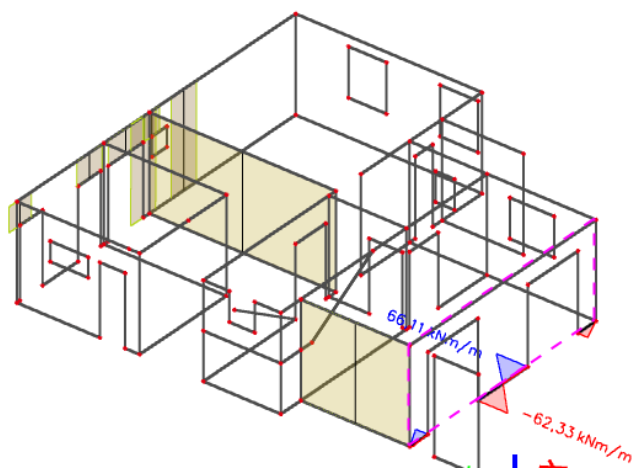
### 16.1. Proračun trakastog temelja

#### 16.1.1. Rezne sile

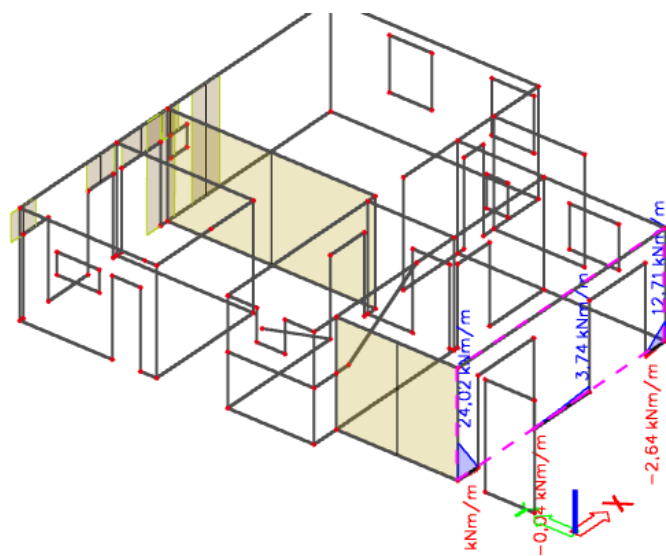
Slika 16.1.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $N$



Slika 16.2.  $N_{max}, M_y$  pripadni prikaz  $M$



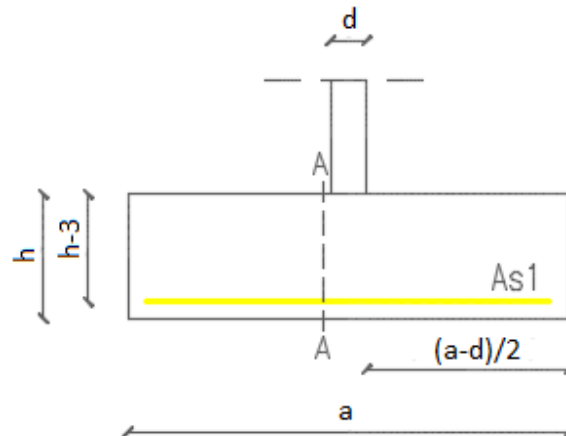
Slika 16.3.  $N_{max}, M_x$  pripadni prikaz  $M$



## 16.1.2. Dimenzioniranje temelja

Tablica 16.1 Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja zida

	M	N
<b>zid</b> <b>d = 25 cm</b>	62,33 kNm	523,04 kN



Slika 16.4 Skica dimenzija trakastog temelja ispod zida debljine 25 cm

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 7,77 \cdot 0,40 \cdot 25 = B \cdot 77$

$$V_d = 523,04 + B \cdot 77$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = B \cdot 7,7$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot 7,7^2}{6}$$

$$\sigma_1 = \frac{523,04 + B \cdot 77}{B \cdot 7,7} + \frac{62,33}{\frac{B \cdot 7,7^2}{6}} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{523,04 \cdot 7,7 + B \cdot 77 \cdot 7,7}{B \cdot 7,7^2} + \frac{6 \cdot 62,33}{B \cdot 7,7^2} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$B > 0,2m$$

$$\sigma_2 = \frac{1352,68 + B \cdot 75,75}{B \cdot 7,5750} - \frac{115,29}{\frac{B \cdot 7,575^2}{6}} < 500 \frac{kN}{m^2}$$

**Odabrana širina temelja B=60 cm**

$$\sigma_1 = \frac{523,04 + 38,5}{3,85} + \frac{62,33}{4,94} = 158,47 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{523,04 + 38,5}{3,85} - \frac{62,33}{4,94} = 133,24 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 151,1 \cdot \frac{0,175^2}{2} + (158,47 - 151,1) \cdot \frac{2 \cdot 0,175^2}{6} = 2,39 Nm$$

$$M_{Ed} = 2,39 kNm$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{239}{50 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,0021$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{239}{0,990 \cdot 37 \cdot 43,48} = 0,15 \text{ cm}^2$$

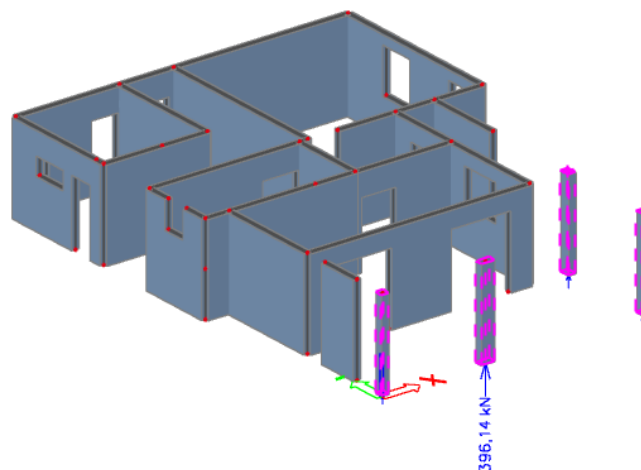
$$A_{min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 50 \cdot \frac{37}{100} = 2,78 \text{ cm}^2$$

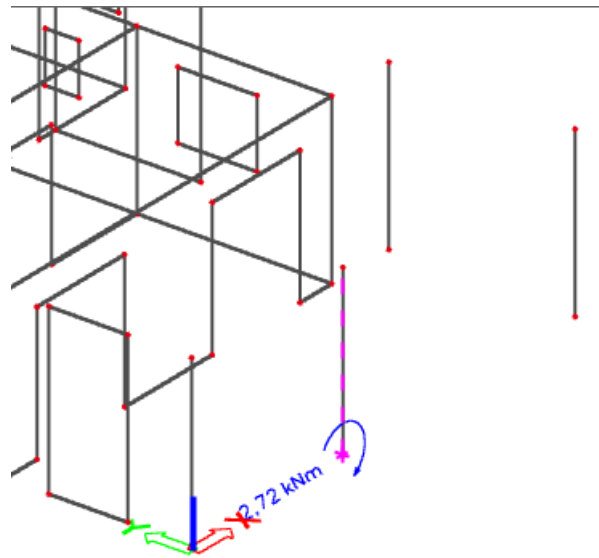
**Odabrana armatura:** 6Ø12  $A_s = 6,79 \text{ cm}^2$

## 16.2. Dimenzioniranje temelja samca ispod stupova

### 16.2. Rezne sile

Slika 16.5.  $N_{max}, M_{pripadni}$  prikaz  $N$



Slika 16.6.  $N_{max}, M_{pripadni}$ -prikaz  $M$ 

## 16.2.2. Dimenzioniranje temelja

$$\sigma_d = 500 \text{ kPa} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_d} = \frac{396,14 \text{ kN}}{500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 0,79 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{0,79} = 0,89 \text{ m}$$

$$B_{usv} = 1,00 \text{ m}, \quad L = 1,00 \text{ m}$$

$$h_{usv} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Težina temelja:  $W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,40 \cdot 25 = 10,0 \text{ kN}$

$$V_d = 396,14 + 10,0 = 406,14 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \mp \frac{M}{W}$$

$$A = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{bL^2}{6} = \frac{B \cdot B^2}{6} = \frac{1,0^3}{6} = 0,17 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{406,14}{1,0} + \frac{2,72}{0,17} = 422,14 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{406,14}{1,0} - \frac{2,72}{0,17} = 390,14 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$M'_{Ed} = \sigma' \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma') \cdot \frac{2b'^2}{6} = 410,14 \cdot \frac{0,375^2}{2} + (422,14 - 410,14) \cdot \frac{0,375^2}{6}$$

$$= 29,12 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 29,12 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2912}{100 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,013$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2912}{0,981 \cdot 37 \cdot 43,48} = 1,85 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 100 \cdot \frac{37}{100} = 5,55 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura:** 6Ø12 ( $A_s = 6,79 \text{ cm}^2$ )

## 17. GRAFIČKI PRILOZI

1. Situacija	M1:200
2. Tlocrt temelja	M1:100
3. Tlocrt prizemlja	M1:100
4. Tlocrt 1.kata – plan pozicija 100	M1:100
5. Tlocrt 2.kata – plan pozicija 200	M1:100
6. Tlocrt ravnog krova – plan pozicija 300	M1:100
7. Tlocrt ravnog krova – plan pozicija 400	M1:100
8. Presjek A-A	M1:100
9. Pročelja	M1:100
10. Pročelja	M1:100
11. Armatura ploče pozicije 100- donja zona	M1:100
12. Armatura ploče pozicije 100- gornja zona	M1:100
13. Armatura ploče pozicije 200- donja zona	M1:100
14. Armatura ploče pozicije 200- gornja zona	M1:100
15. Armatura ploče pozicije 300- donja zona	M1:100
16. Armatura ploče pozicije 300- gornja zona	M1:100
17. Armatura ploče pozicije 400- donja zona	M1:100
18. Armatura ploče pozicije 400- gornja zona	M1:100
19. Armatura stubišta	M1:25
20. Armatura stupa S1	M1:25
21. Armatura zida	M1:50
22. Iskaz za armaturu zida	
23. Armatura trakastih temelja	M1:25
24. Armatura temelja	M1:25

## 18. LITERATURA

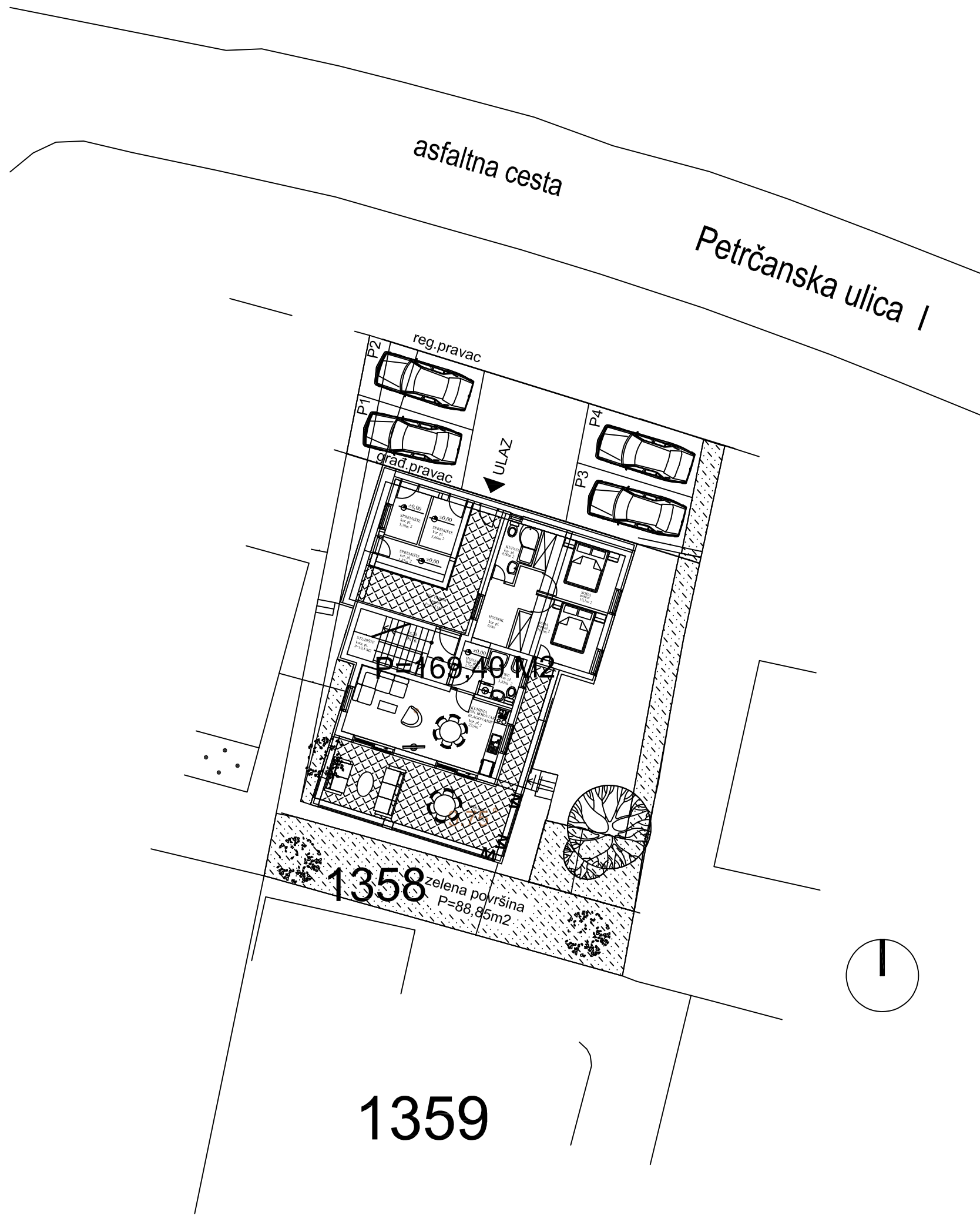
- (1) *A. Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta- zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split*
- (2) *I. Tomičić : Betonske konstrukcije -3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996*
- (3) EN 1990:2008 Eurokod- osnove projektiranja konstrukcija (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 2017.*
- 2.Scia Engineer 19.1*
- 3.Asplathos Section Design*
- 4.Microsoft Word*
- 5.Microsoft Excel*



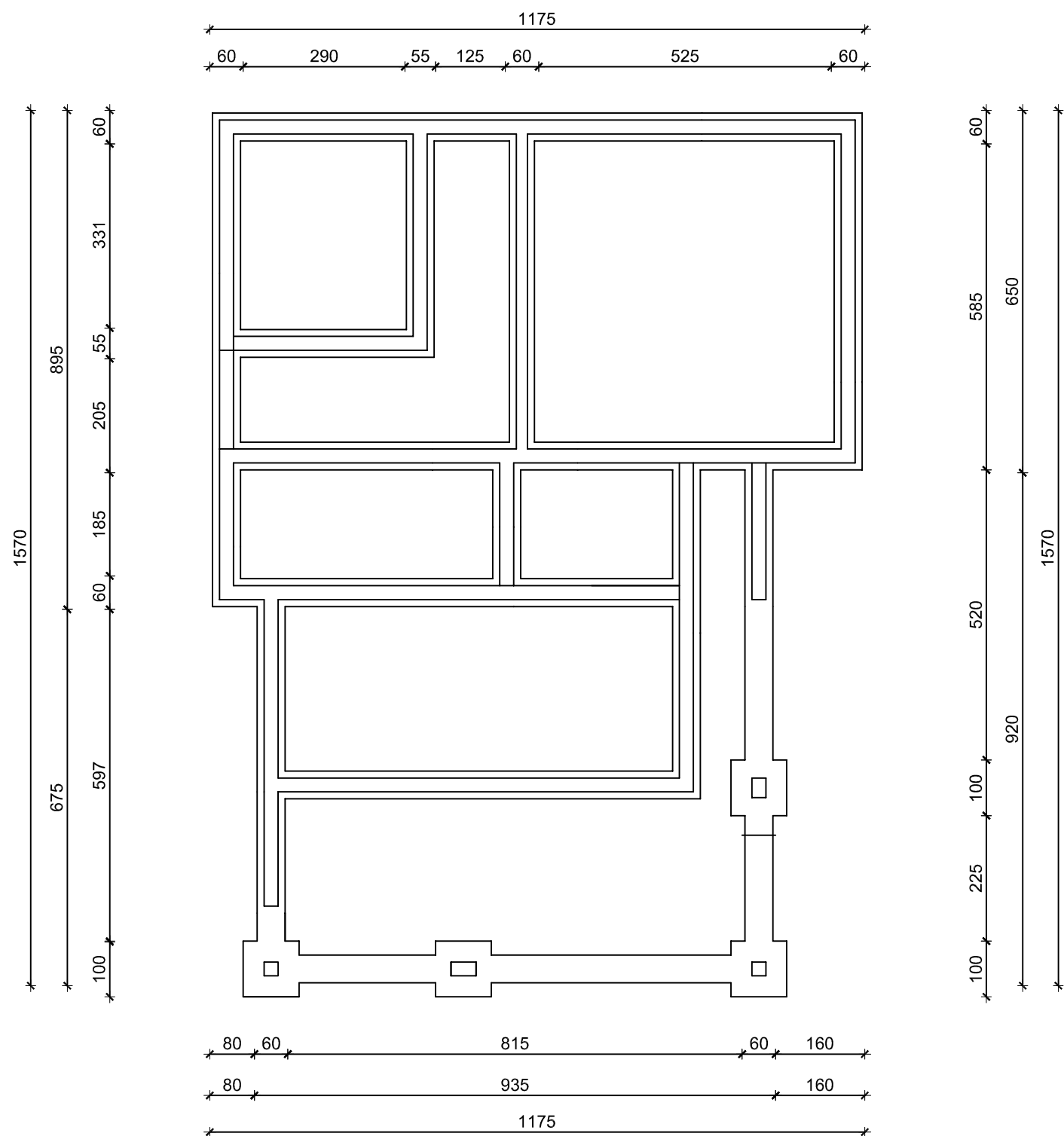
SITUACIJA  
M=1:200




 <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
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Situacija	BROJ PRILOGA: 1

# TLOCRT TEMELJA

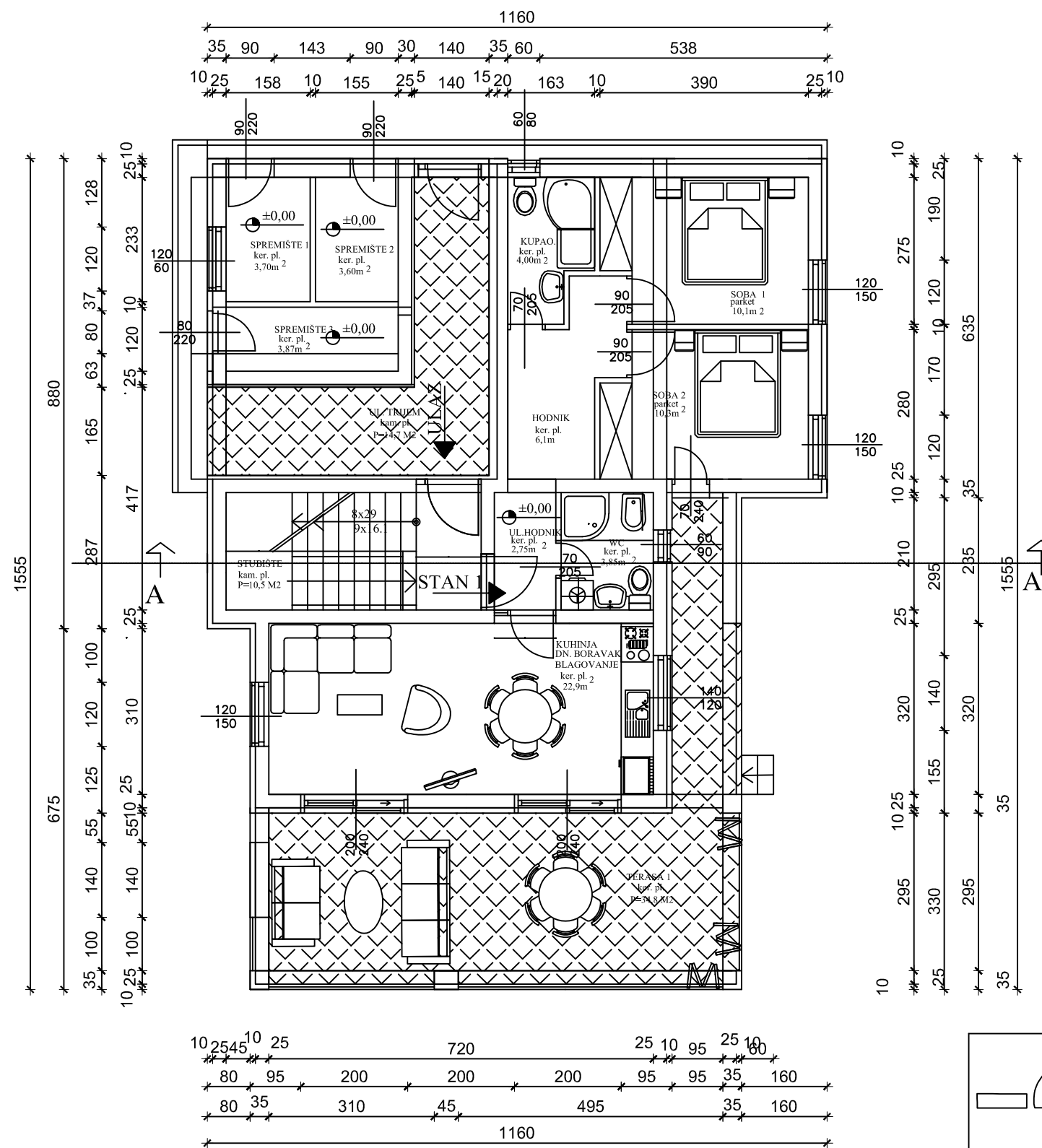
## M=1:100




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Tlocrt temelja	BROJ PRILOGA: 2

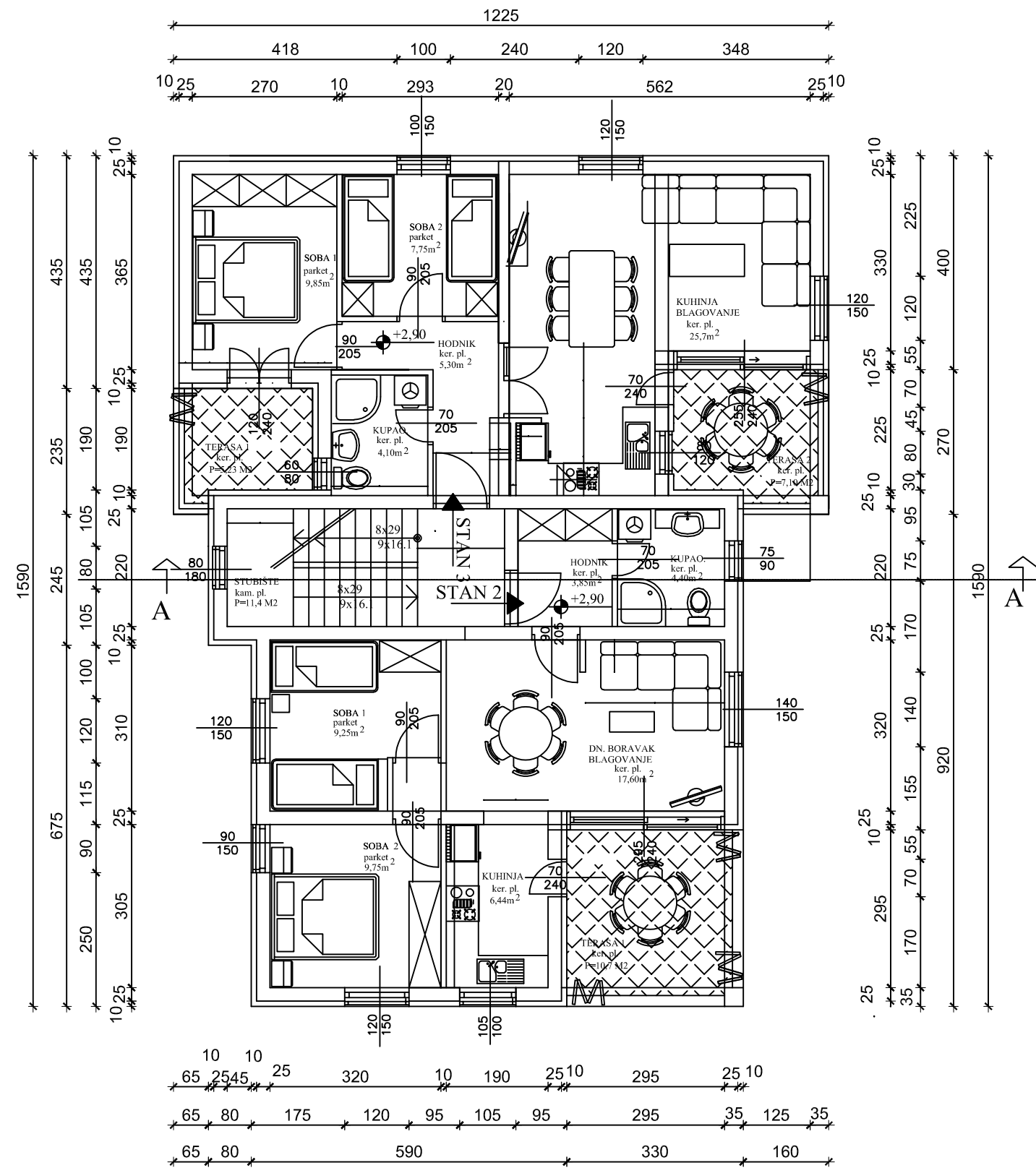
# TLOCRT PRIZEMLJA


## M=1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:100</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Zadru</b>	DATUM: <b>rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Mirna Kovačević</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt prizemlja</b>	BROJ PRILOGA: <b>3</b>

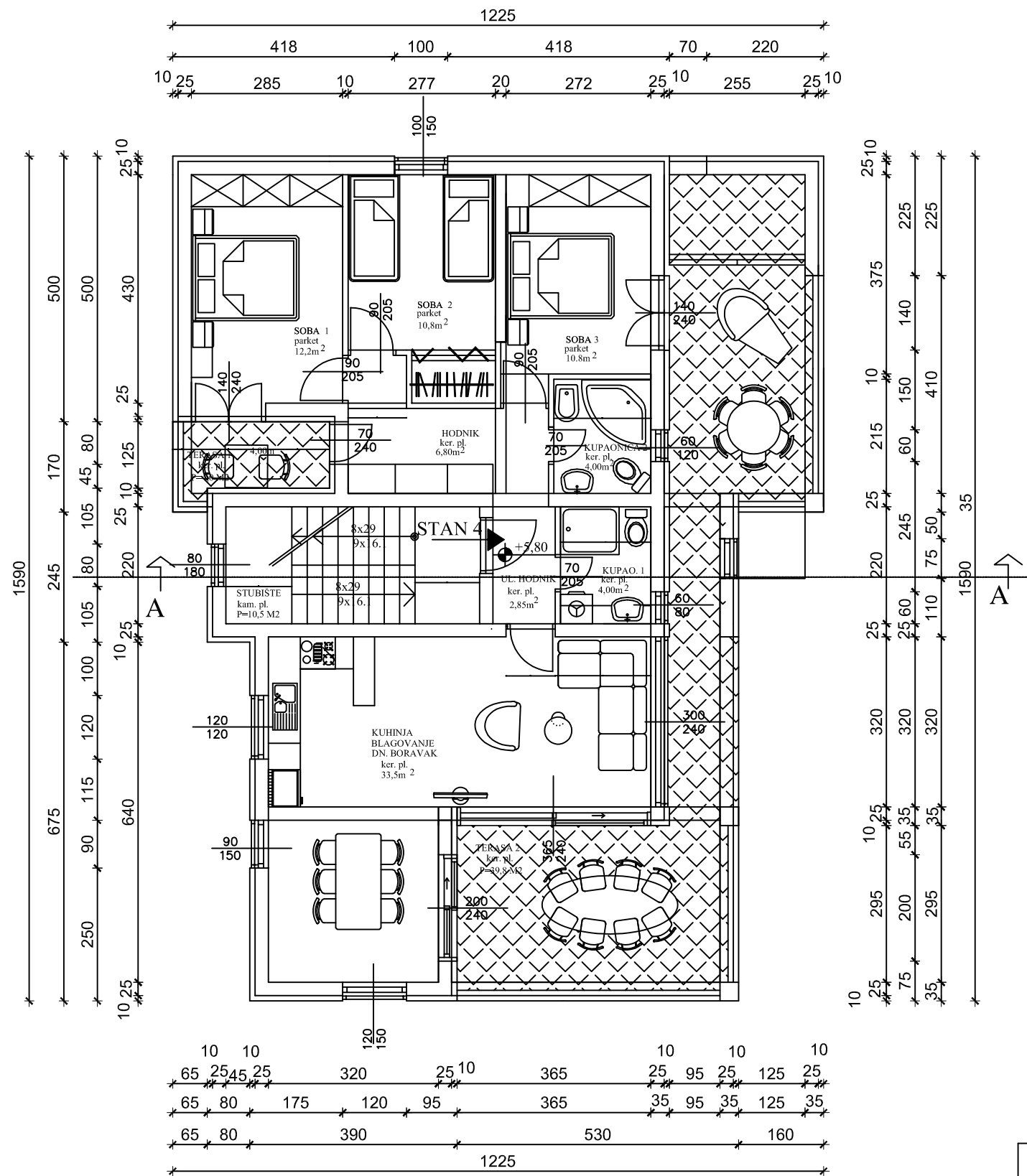
# TLOCRT I KATA PLAN POZICIJA 100 M=1:100




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Tlocrt I. kata-plan pozicija 100	BROJ PRILOGA: 4

# TLOCRT II KATA PLAN POZICIJA 200

M=1:100

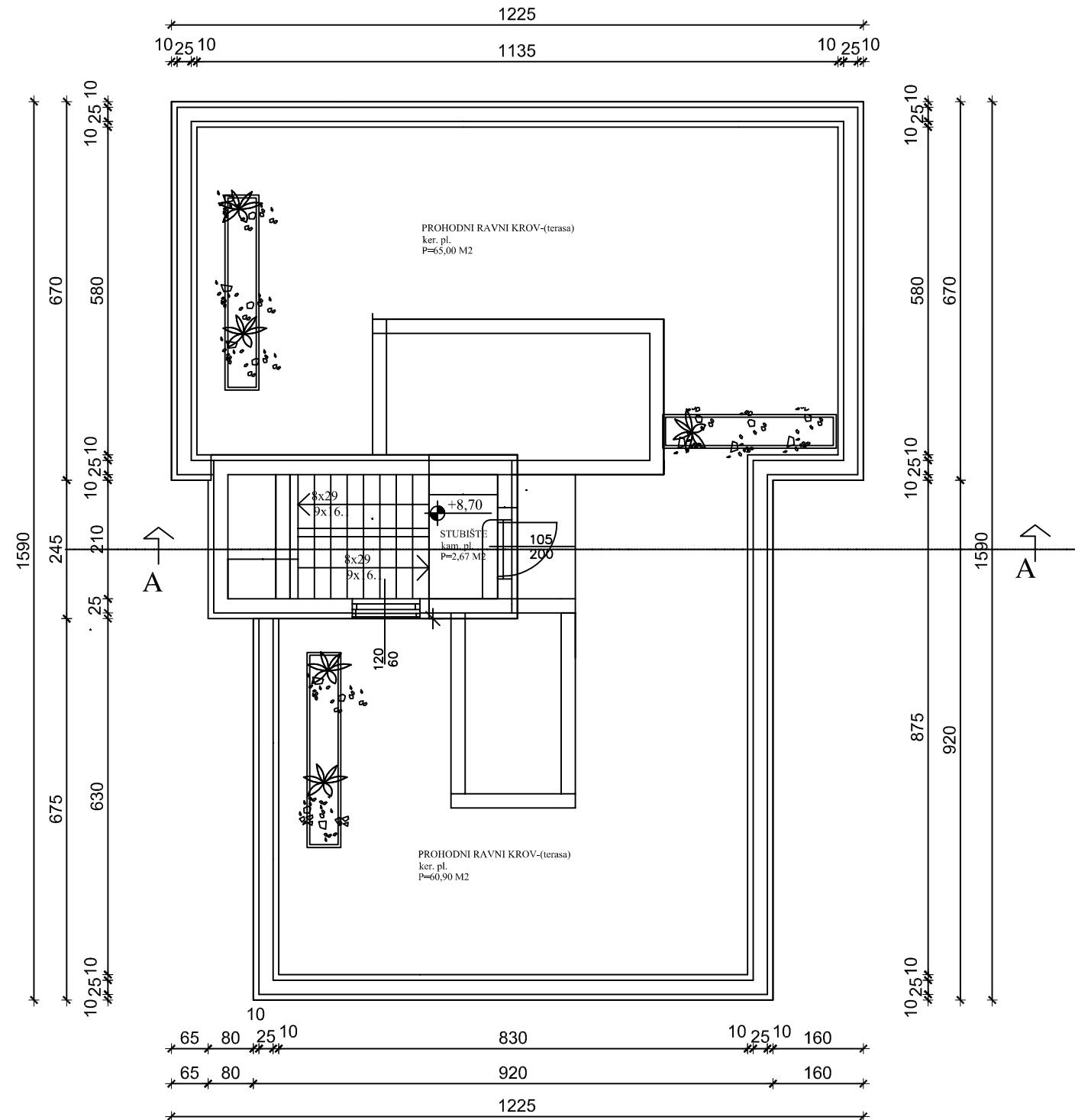



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Tlocrt II. kata - plan pozicija 200	BROJ PRILOGA: 5

# TLOCRT RAVNOG KROVA

## PLAN POZICIJA 300

M=1:100

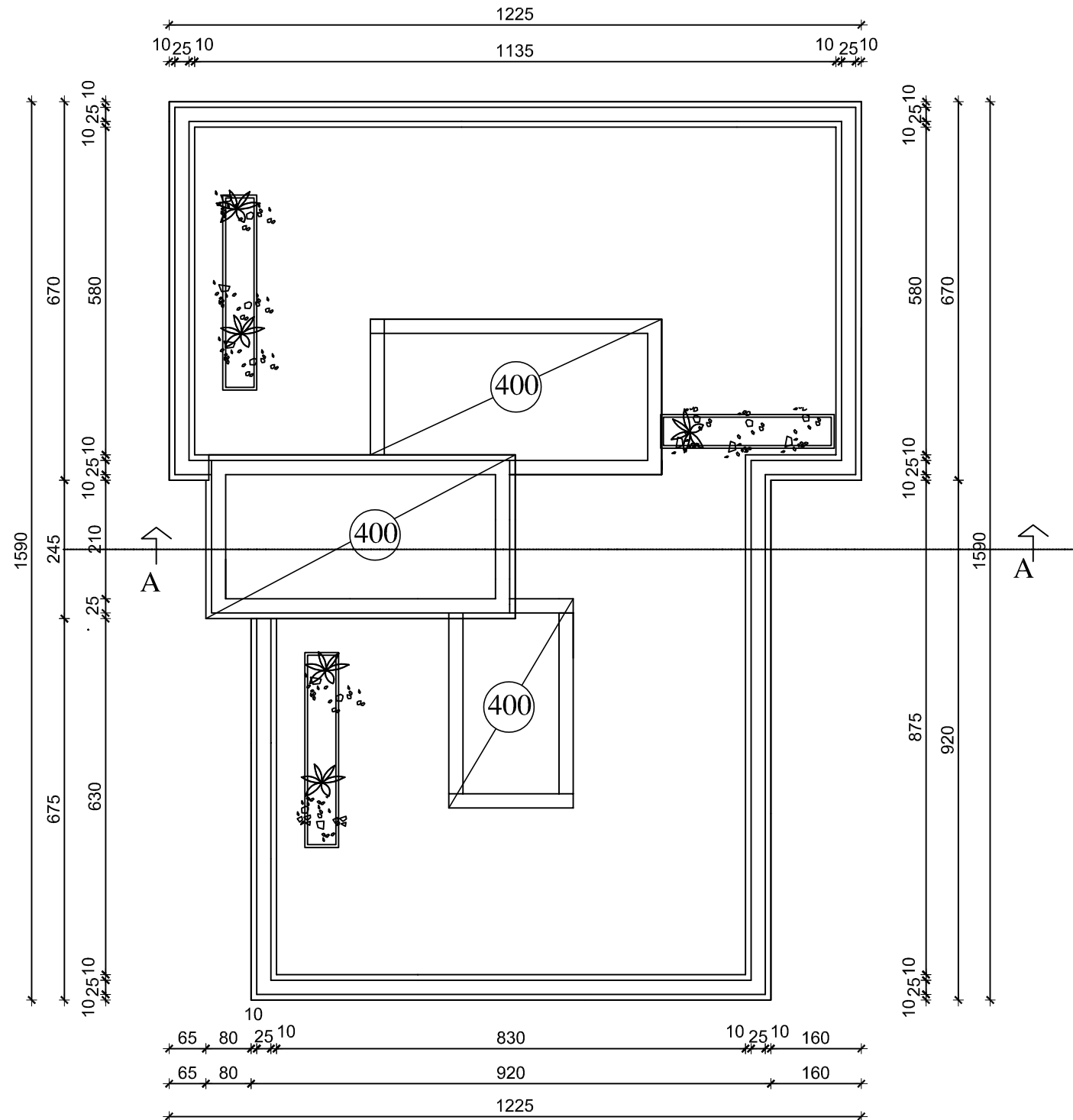



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:100</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Zadru</b>	DATUM: <b>rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Mirna Kovačević</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt ravnog krova - plan pozicija 300</b>	BROJ PRILOGA: <b>6</b>

# TLOCRT RAVNOG KROVA

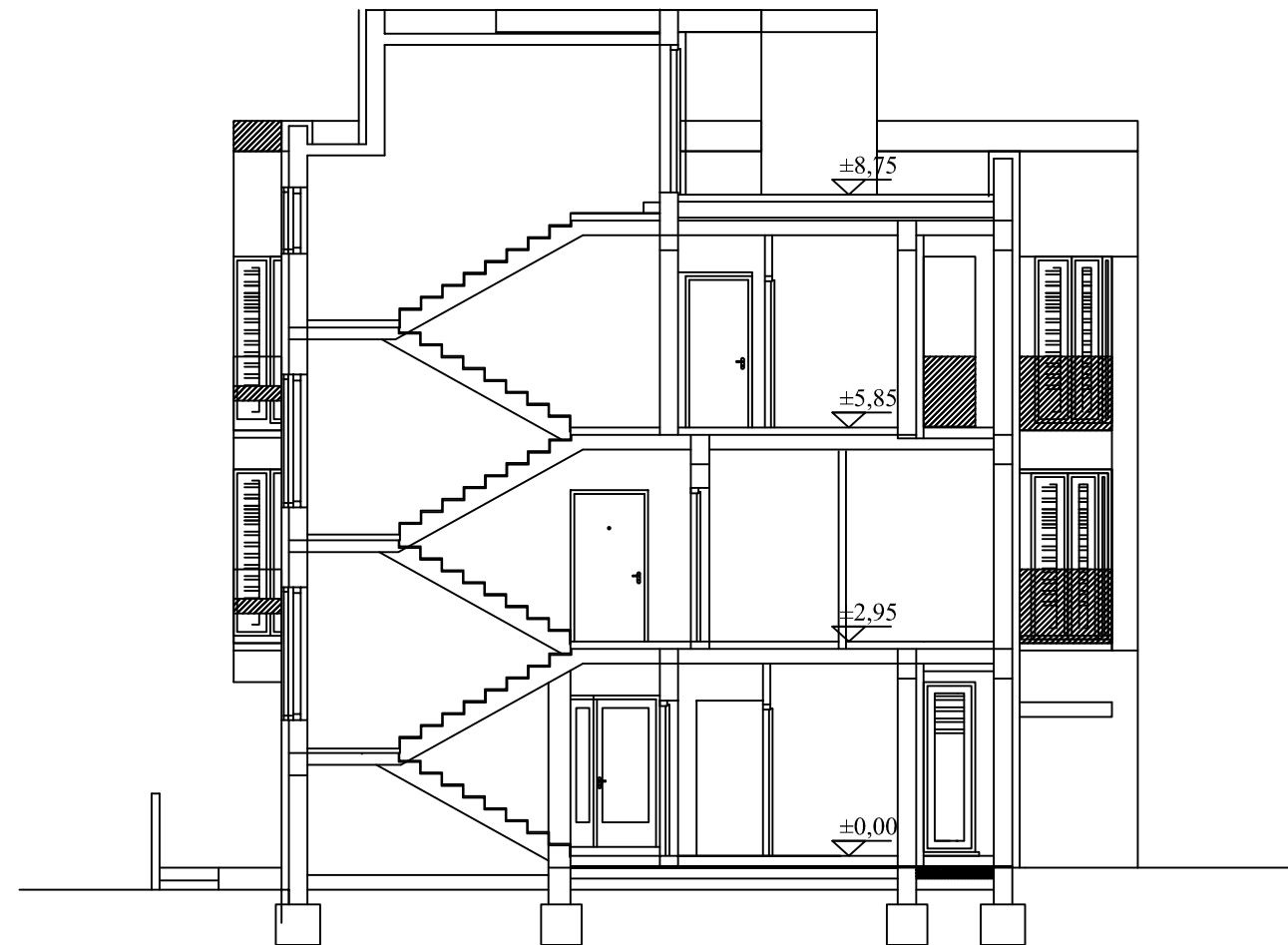
## PLAN POZICIJA 400


M=1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:100</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Zadru</b>	DATUM: <b>rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Mirna Kovačević</b>
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt ravnog krova - plan pozicija 400</b>	BROJ PRILOGA: <b>7</b>

PRESJEK A - A 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:100</b>
	GRADEVINA: <b>Stambena zgrada u Zadru</b>	DATUM: <b>rujan, 2020.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA: <b>kk-09-2020.</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Mirna Kovačević</b>
	SADRŽAJ: <b>Presjek A-A</b>	BROJ PRILOGA: <b>8</b>

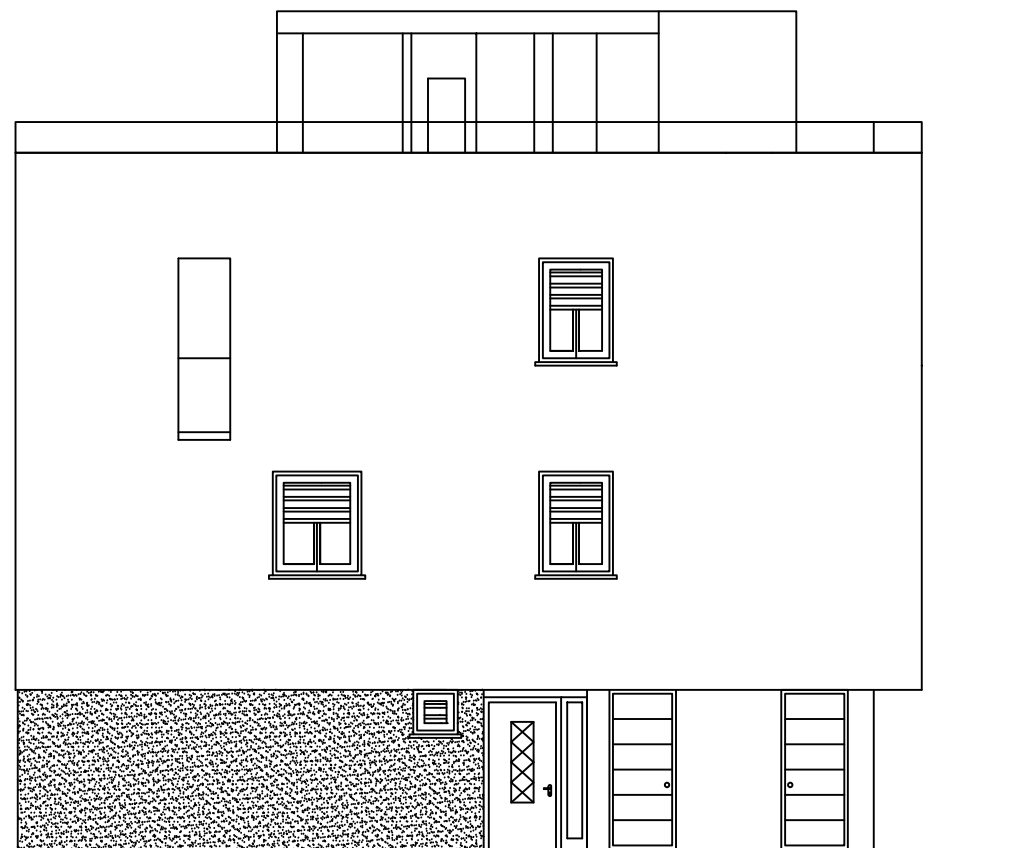


PROČELJA


M=1:100



jugo--istok

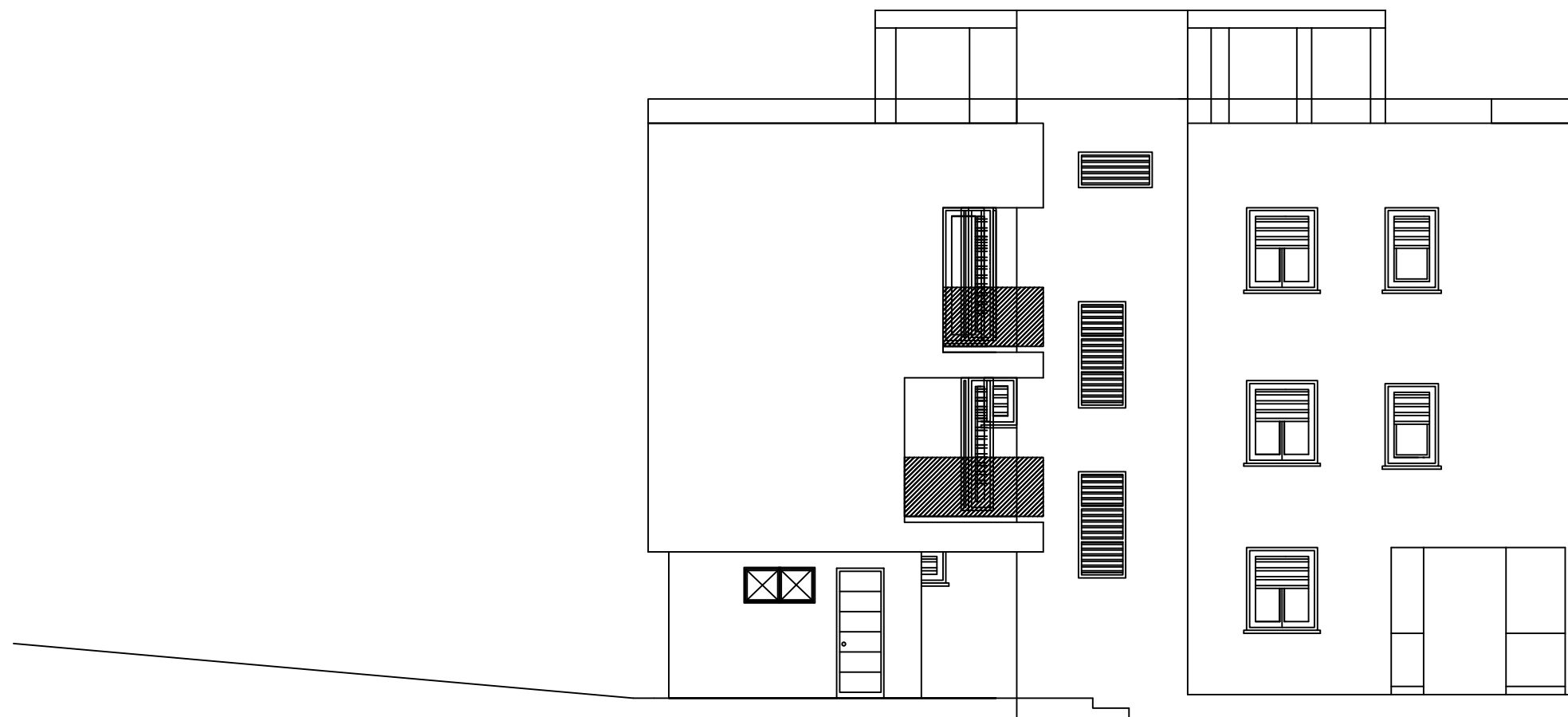


sjevero-istok

 <small>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</small>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Pročelja	BROJ PRILOGA: 9

# PROČELJA

M=1:100




sjever-zapad

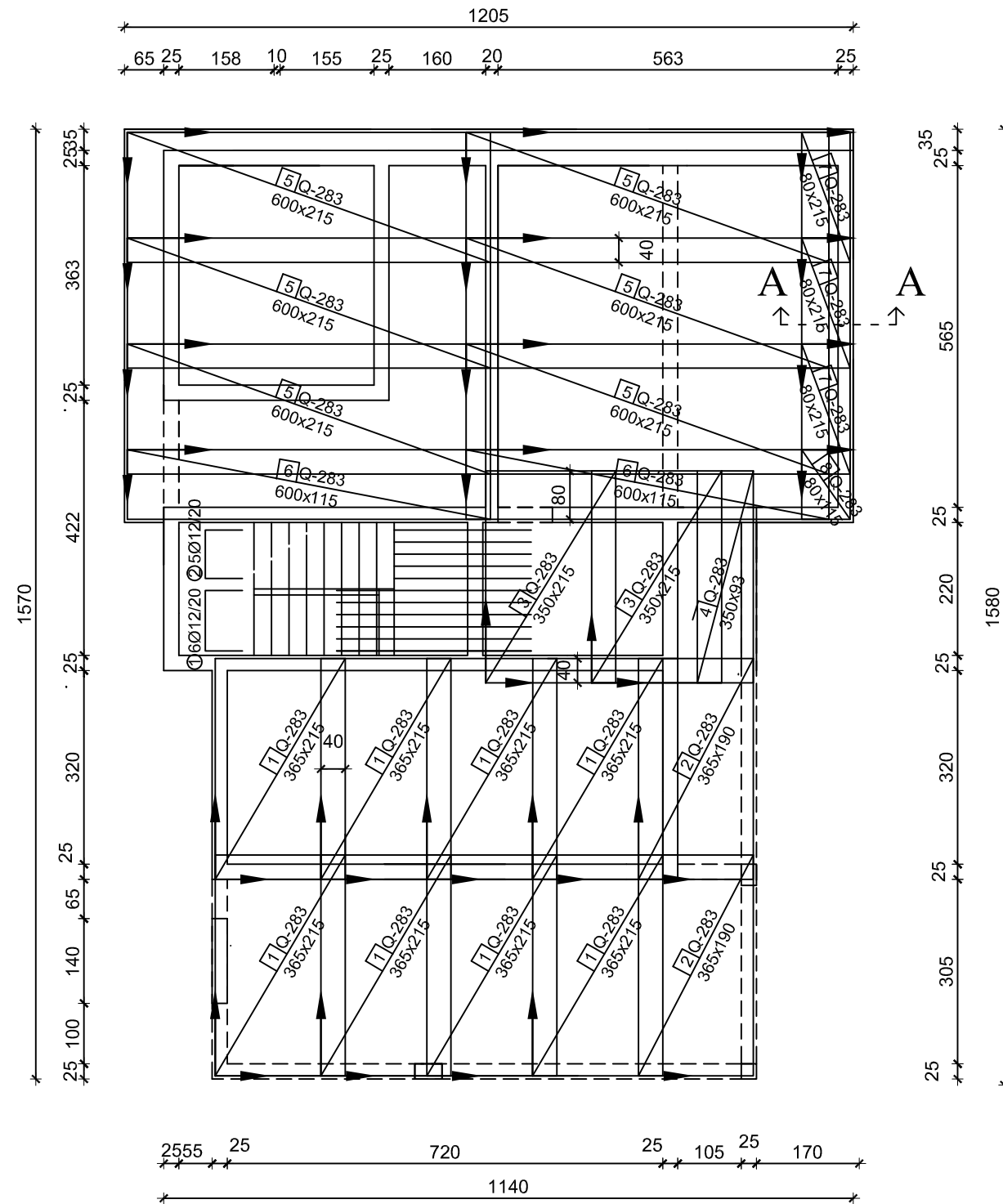


jug-zapad

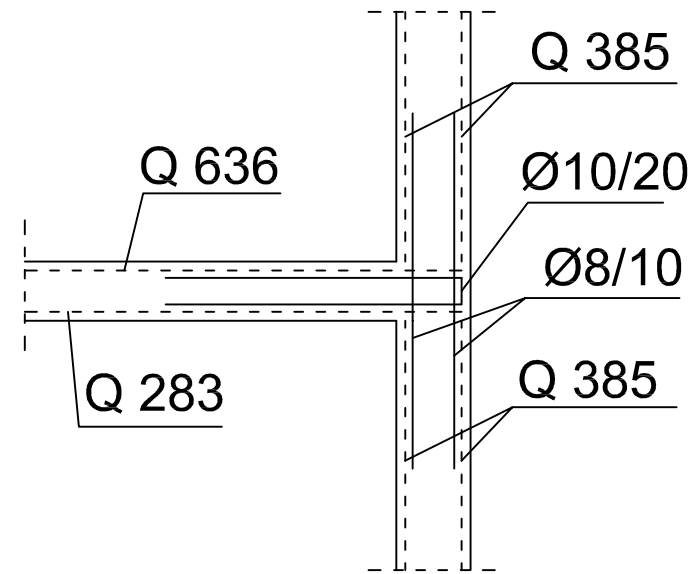


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Pročelja	BROJ PRILOGA: <b>10</b>

# ARMATURA PLOČE POZICIJE 100 DONJA ZONA M=1:100



## PRESJEK A-A M 1:25

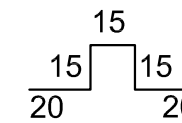


Beton C 30/37  
Čelik B500B  
dpl=20 cm, c=3 cm

### ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283		365x215	8	4,48	281,25
2	Q-283		365x190	2	4,48	62,14
3	Q-283		350x215	2	4,48	67,42
4	Q-283		350x93	1	4,48	14,58
5	Q-283		600x215	6	4,48	346,75
6	Q-283		600x115	2	4,48	61,82
7	Q-283		80x215	3	4,48	23,12
8	Q-283		80x115	1	4,48	4,12
UKUPNO: (KG)...						861,20

④ 4φ8/m<sup>2</sup>, Luk=85cm



### ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	6	322	17,77
2		12	0,920	5	362	16,65
3		10	0,649	262	362	365,58
4		8	0,409	606	85	210,68
UKUPNO: (KG)...						610,68



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

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split

GRADEVINA:  
Stambena zgrada u Zadru

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 100-donja zona

MJERILO:  
1:100

DATUM:  
rujan, 2020.

BROJ PROJEKTA:  
kk-09-2020.

PROJEKTANT:  
Mirna Kovačević

BROJ PRILOGA:  
**11**

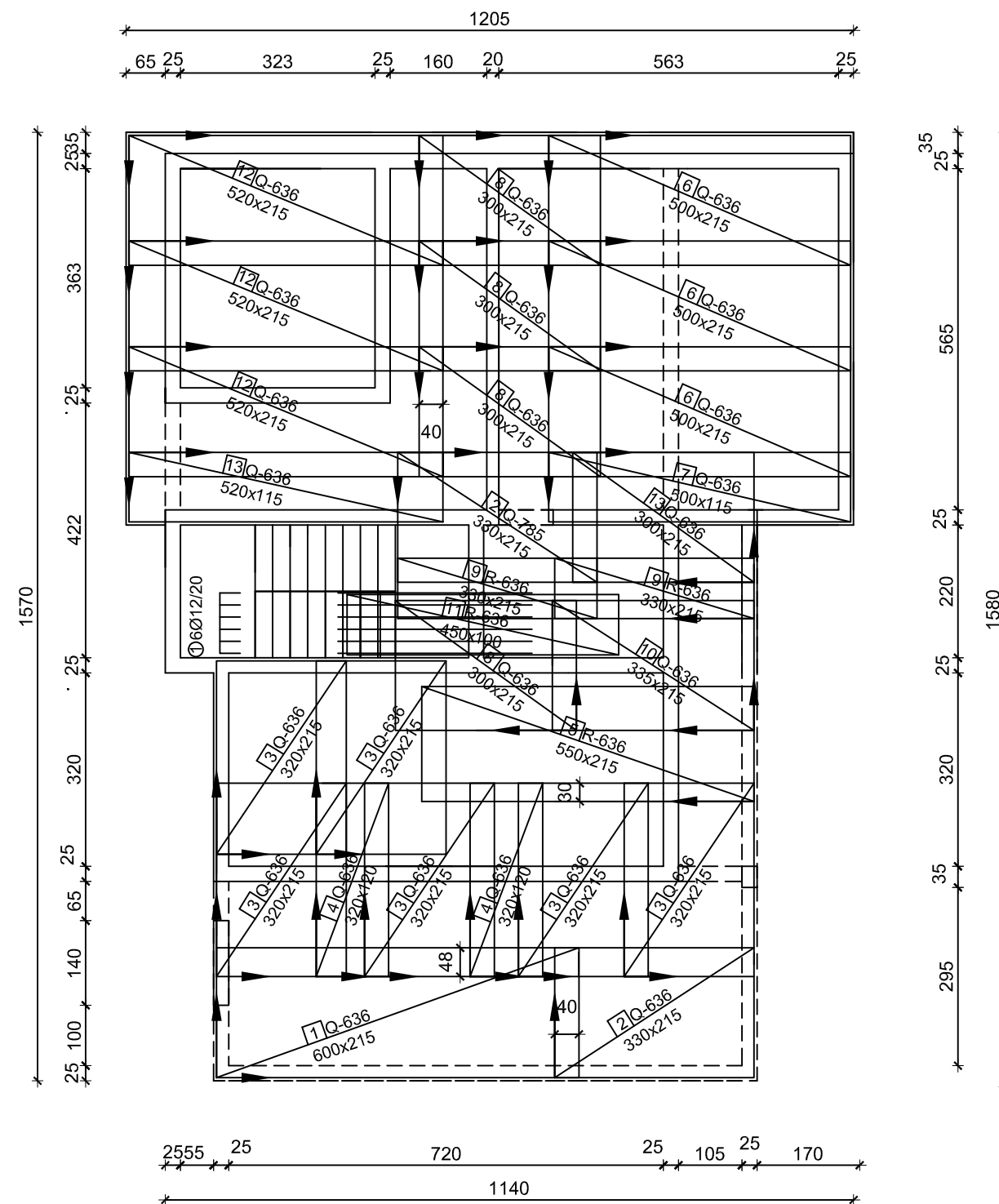
# ARMATURA PLOČE POZICIJE 100 GORNJA ZONA

M=1:100

Beton C 30/37

Čelik B500B

dpl=20 cm, c=3 cm



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-636		600x215	1	10,08	130,03
2	Q-636		330x215	2	10,08	143,04
3	Q-636		320x215	6	10,08	416,10
4	Q-636		320x120	2	10,08	77,41
5	R-636		550x215	1	5,95	70,36
6	Q-636		500x215	3	10,08	325,08
7	Q-636		500x115	1	10,08	57,96
8	Q-636		300x215	4	10,08	260,06
9	R-636		330x215	2	5,95	84,43
10	Q-636		335x215	1	10,08	72,60
11	R-636		450x100	1	10,08	45,36
12	Q-636		520x215	3	10,08	338,08
13	Q-636		520x115	1	10,08	60,28
UKUPNO: (KG)...					2080,79	

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	MASA (kg)
1		12	0,920	6	13,03
UKUPNO: (KG)...					13,03

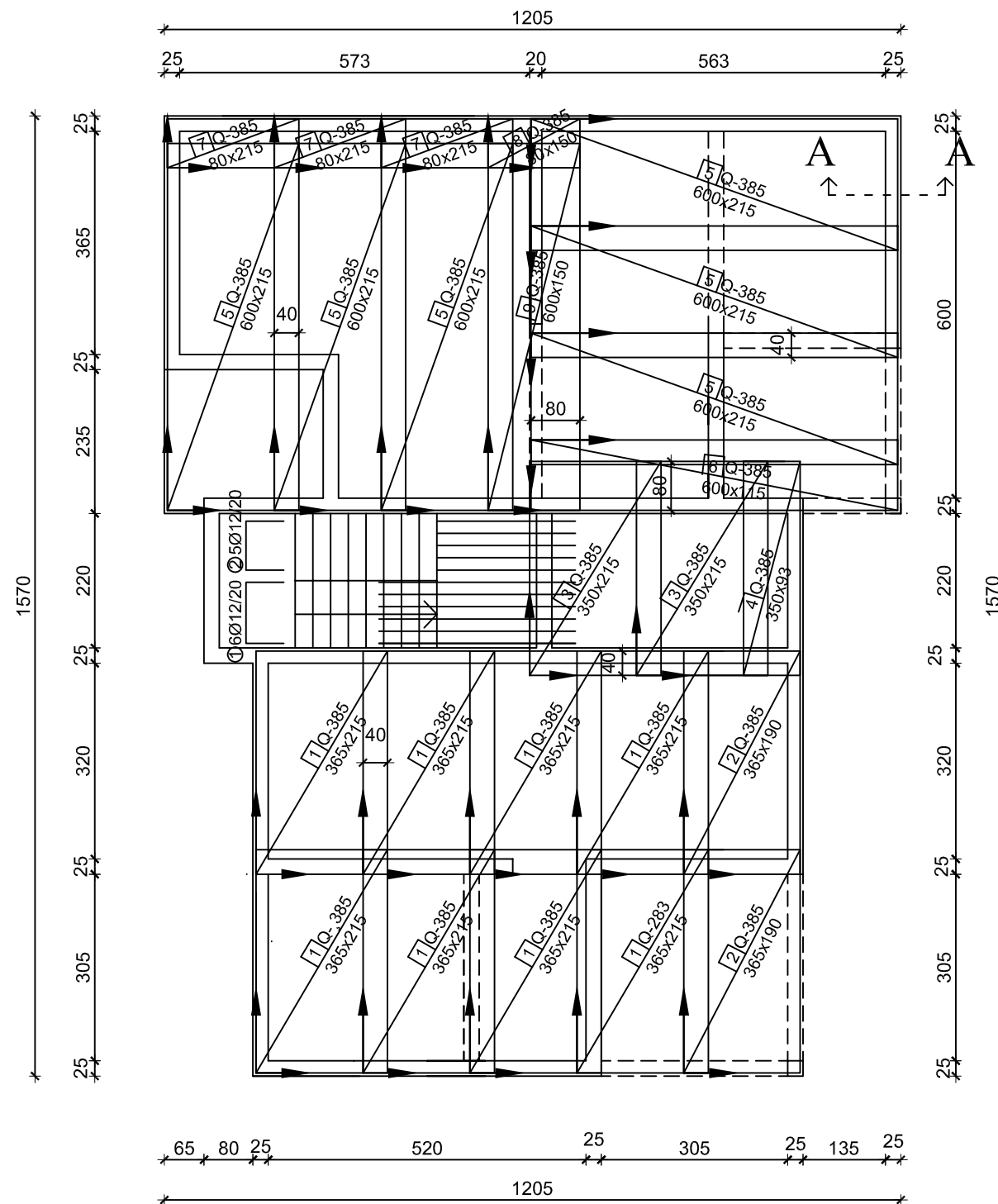
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 100-gornja zona	BROJ PRILOGA: <b>12</b>

# ARMATURA PLOČE POZICIJE 200

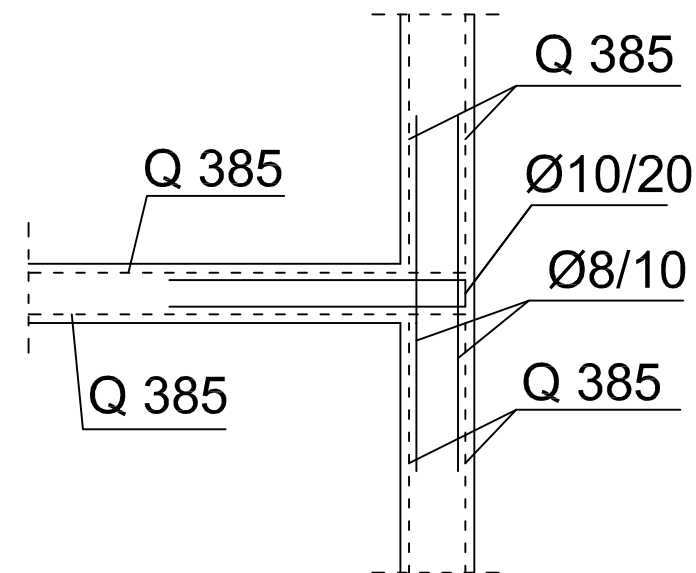
## DONJA ZONA

M=1:100

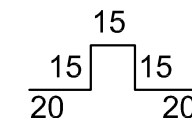
Beton C 30/37  
 Čelik B500B  
 dpl=20 cm, c=3 cm



### PRESJEK A-A M 1:25



④ 4φ8/m<sup>2</sup>, Luk=85cm



#### ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-385		365x215	8	6,10	382,96
2	Q-385		365x190	2	6,10	84,61
3	Q-385		350x215	2	6,10	91,81
4	Q-385		350x93	1	6,10	19,86
5	Q-385		600x215	6	6,10	472,14
6	Q-385		600x115	1	6,10	42,09
7	Q-385		80x215	3	6,10	31,48
8	Q-385		80x150	1	6,10	7,32
9	Q-385		600x150	1	6,10	54,90
UKUPNO: (KG)...						1187,17

#### ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	6	322	17,77
2		12	0,920	5	362	16,65
3		10	0,649	262	215	365,58
4		8	0,409	606	85	210,68
UKUPNO: (KG)...						610,68



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

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
 FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split

GRADEVINA:  
 Stambena zgrada u Zadru

VRSTA PROJEKTA:  
 Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
 GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
 Armatura ploče pozicije 200-donja zona

MJERILO:  
 1:100

DATUM:  
 rujan, 2020.

BROJ PROJEKTA:  
 kk-09-2020.

PROJEKTANT:  
 Mirna Kovačević

BROJ PRILOGA:  
 13

# ARMATURA PLOČE POZICIJE 200

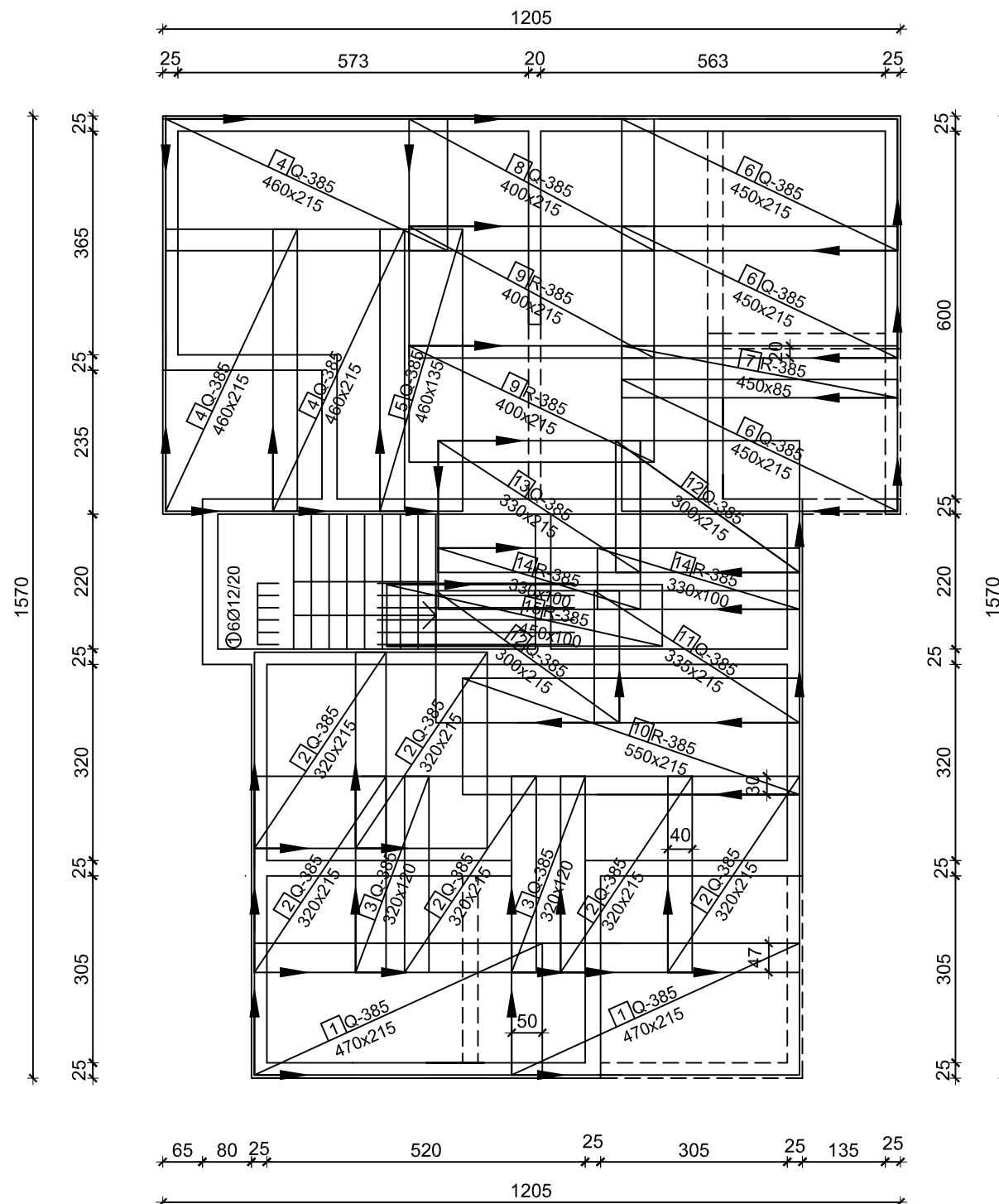
## GORNJA ZONA

M=1:100

Beton C 30/37

Čelik B500B

dpl=20 cm, c=3 cm



### ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-385		470x215	2	6.10	123,28
2	Q-385		320x215	6	6.10	251,81
3	Q-385		320x120	2	6.10	46,85
4	Q-385		460x215	3	6.10	180,99
5	Q-385		460x135	1	6.10	37,88
6	Q-385		460x215	3	6.10	180,99
7	R-385		450x85	1	3.68	14,08
8	Q-385		400x215	1	6.10	52,46
9	R-385		400x215	2	3.68	63,30
10	R-385		550x215	1	3.68	43,52
11	Q-385		335x215	1	6.10	43,94
12	Q-385		300x215	2	6.10	78,69
13	Q-385		330x215	1	6.10	43,28
14	R-385		330x100	2	3.68	24,29
15	R-385		450x100	1	3.68	16,56
UKUPNO: (KG)...					1201,92	

### ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

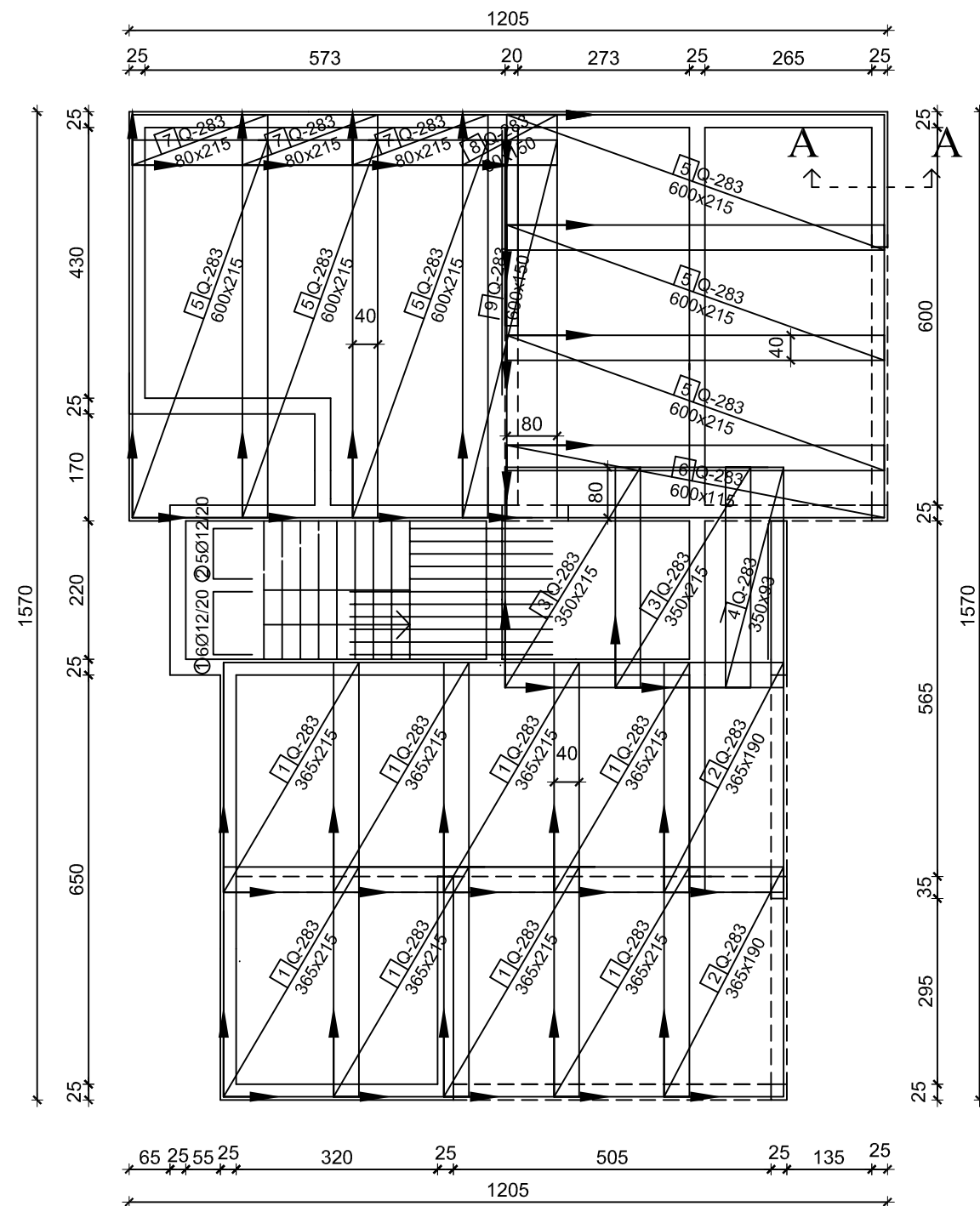
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	6	236	13,03
UKUPNO: (KG)...					13,03	

 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	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 200-gornja zona	BROJ PRILOGA: <b>14</b>

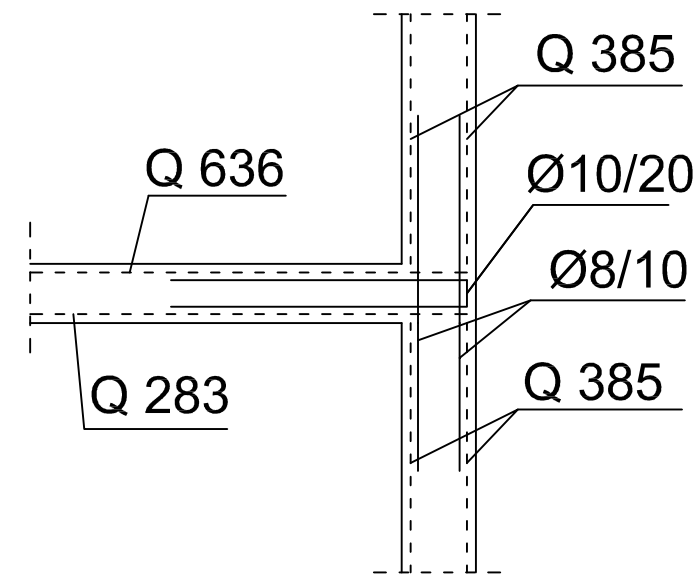
# ARMATURA PLOČE POZICIJE 300

## DONJA ZONA

M=1:100



### PRESJEK A-A M 1:25

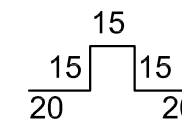


Beton C 30/37  
Čelik B500B  
dpl=20 cm, c=3 cm

#### ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

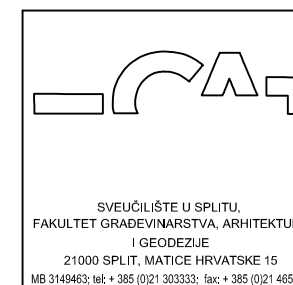
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-283		365x215	8	4,48	281,25
2	Q-283		365x190	2	4,48	62,14
3	Q-283		350x215	2	4,48	67,42
4	Q-283		350x93	1	4,48	14,58
5	Q-283		600x215	6	4,48	346,75
6	Q-283		600x115	1	4,48	30,91
7	Q-283		80x215	3	4,48	23,12
8	Q-283		80x150	1	4,48	5,38
9	Q-283		600x150	1	4,48	40,32
UKUPNO: (KG)...						871,87

④ 4φ8/m<sup>2</sup>, Luk=85cm



#### ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	6	322	17,77
2		12	0,920	5	362	16,65
3		10	0,649	262	215	365,58
4		8	0,409	606	85	210,68
UKUPNO: (KG)...						400,0



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

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split

GRADEVINA:  
Stambena zgrada u Zadru

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 300-donja zona

MJERILO:  
1:100

DATUM:  
rujan, 2020.

BROJ PROJEKTA:  
kk-09-2020.

PROJEKTANT:  
Mirna Kovačević

BROJ PRILOGA:  
15

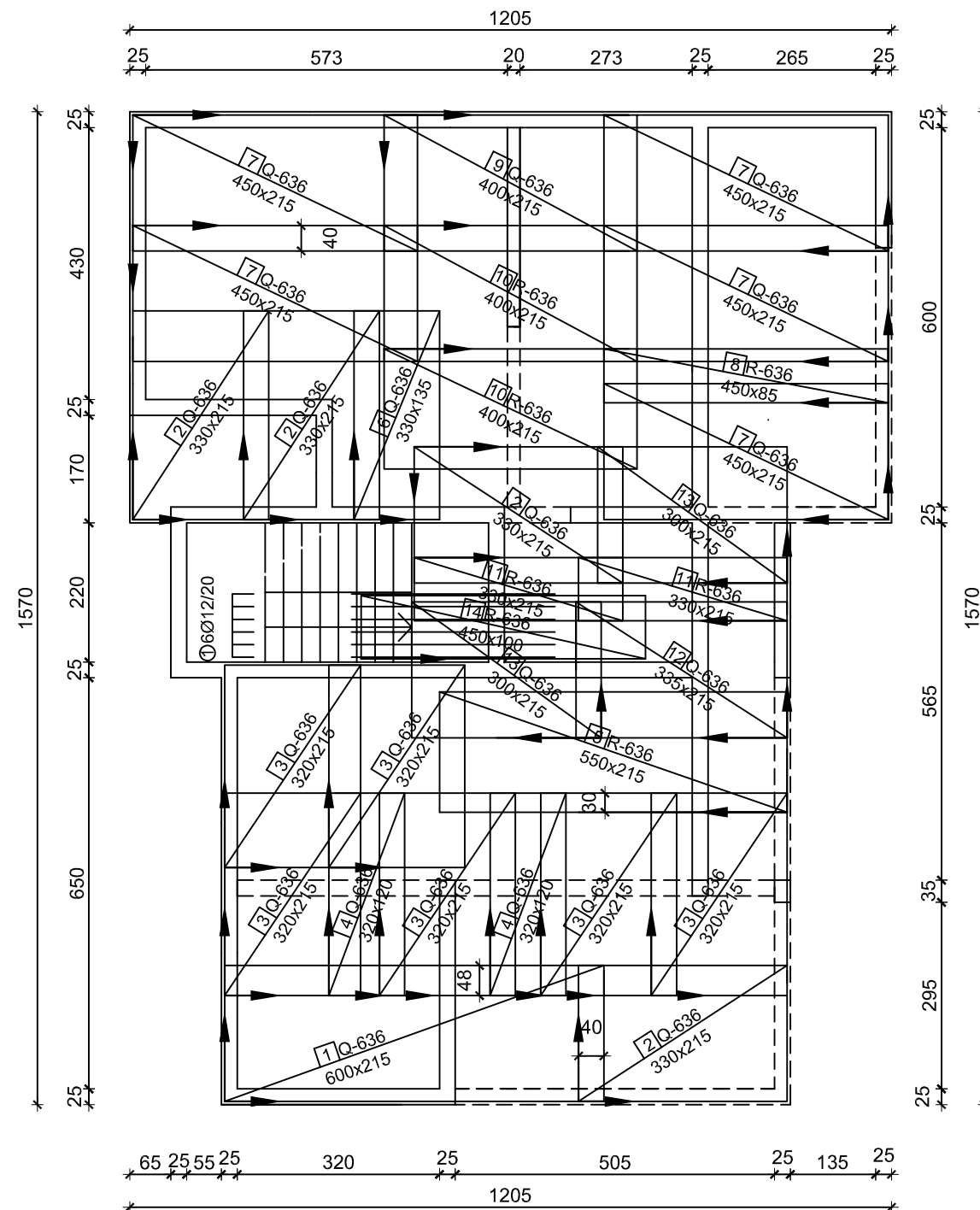
# ARMATURA PLOČE POZICIJE 300 GORNJA ZONA

M=1:100

Beton C 30/37

Čelik B500B

dpl=20 cm, c=3 cm

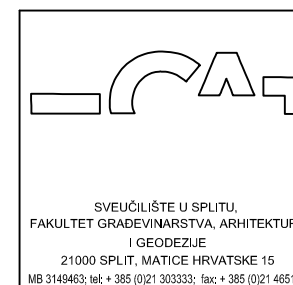


## ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-636		600x215	1	10,08	130,03
2	Q-636		330x215	4	10,08	286,07
3	Q-636		320x215	6	10,08	416,10
4	Q-636		320x120	2	10,08	77,41
5	R-636		550x215	1	5,95	70,36
6	Q-636		330x135	1	10,08	44,91
7	Q-636		450x215	5	10,08	487,62
8	R-636		450x85	1	5,95	22,76
9	Q-636		400x215	1	10,08	86,69
10	R-636		400x215	2	5,95	102,34
11	R-636		330x215	2	5,95	84,43
12	Q-636		335x215	1	10,08	72,60
13	Q-636		300x215	2	10,08	130,03
14	R-636		450x100	1	5,95	26,78
UKUPNO: (KG)...					1752,06	

## ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	6	236	13,03
UKUPNO: (KG)...					13,03	



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

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split

GRADEVINA:  
Stambena zgrada u Zadru

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 300-gornja zona

MJERILO:  
1:100

DATUM:  
rujan, 2020.

BROJ PROJEKTA:  
kk-09-2020.

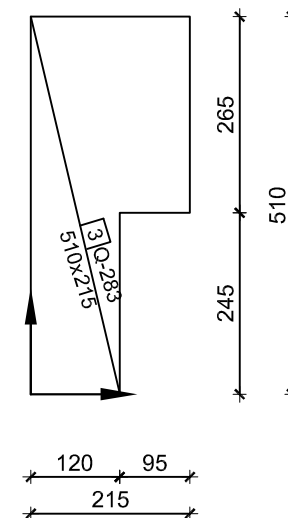
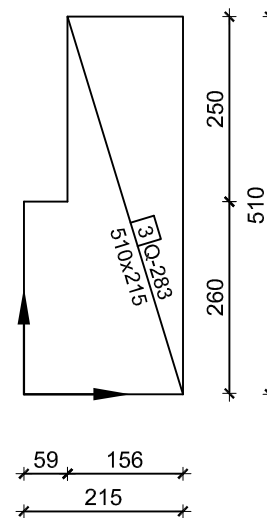
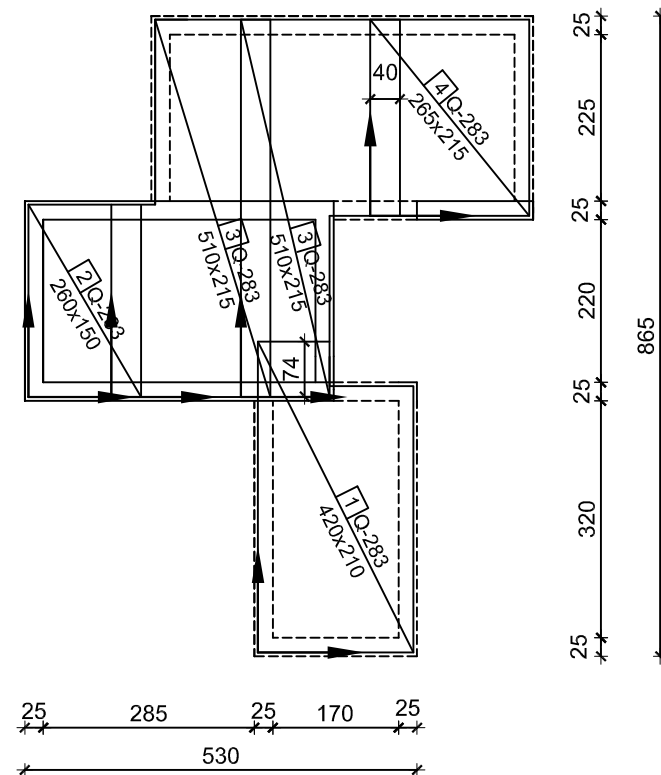
PROJEKTANT:  
Mirna Kovačević

BROJ PRILOGA:  
16

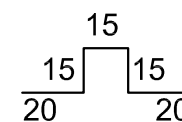


# ARMATURA PLOČE POZICIJE 400 DONJA ZONA M=1:100

Beton C 30/37  
Čelik B500B  
dpl=20 cm, c=3 cm

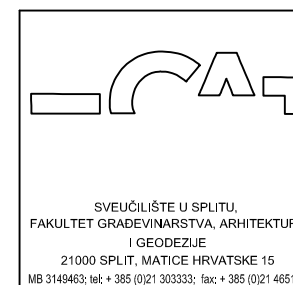


⊙4φ8/m<sup>2</sup>, Luk=85cm



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283		420x210	1	4,48	39,51
2	Q-283		260x215	1	4,48	25,04
3	Q-283		510x215	2	4,48	98,25
4	Q-283		265x215	1	4,48	25,52
UKUPNO: (KG)...						188,32

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B							
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)	
1		8	0,409	124	85	43,11	
UKUPNO: (KG)...							43,11



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

INVESTITOR / NARUČITELJ:  
FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split

GRADEVINA:  
Stambena zgrada u Zadru

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 400-donja zona

MJERILO:  
1:100

DATUM:  
rujan, 2020.

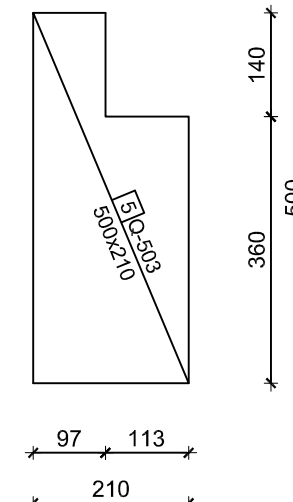
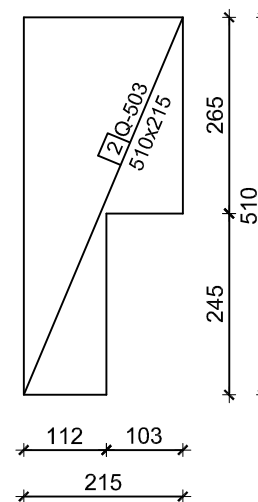
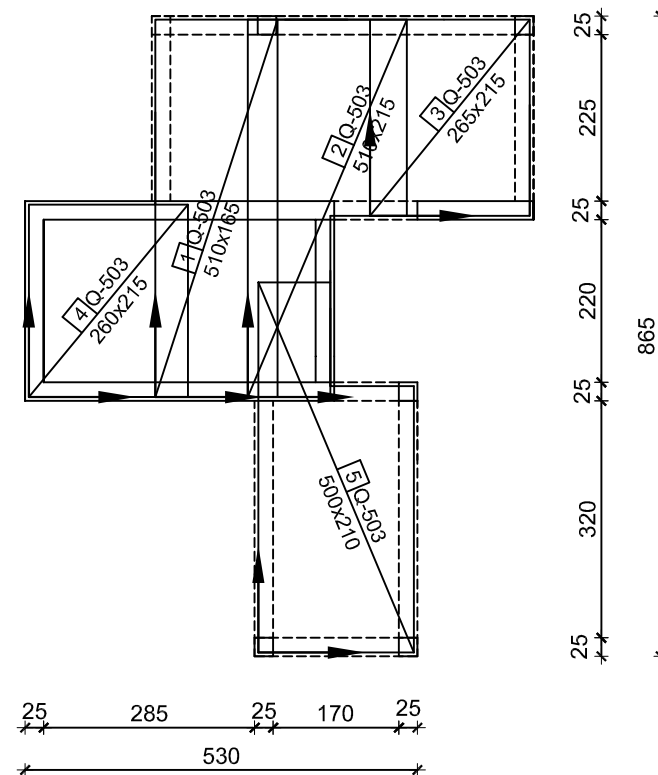
BROJ PROJEKTA:  
kk-09-2020.

PROJEKTANT:  
Mirna Kovačević

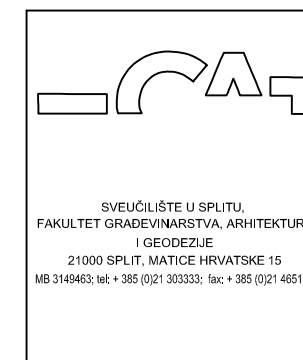
BROJ PRILOGA:  
**17**

PLOČE POZICIJE 400  
GORNJA ZONA  
M=1:100

Beton C 30/37  
Čelik B500B  
dpl=20 cm, c=3 cm



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	UKUPNA MASA (kg/m2)	
1	Q-503		510x165	1	8.03	67.57
2	Q-503		510x215	1	8.03	88.05
3	Q-503		265x215	1	8.03	45.75
4	Q-503		260x215	1	8.03	44.89
5	Q-503		500x210	1	8.03	84.32
UKUPNO: (KG)...					330.58	

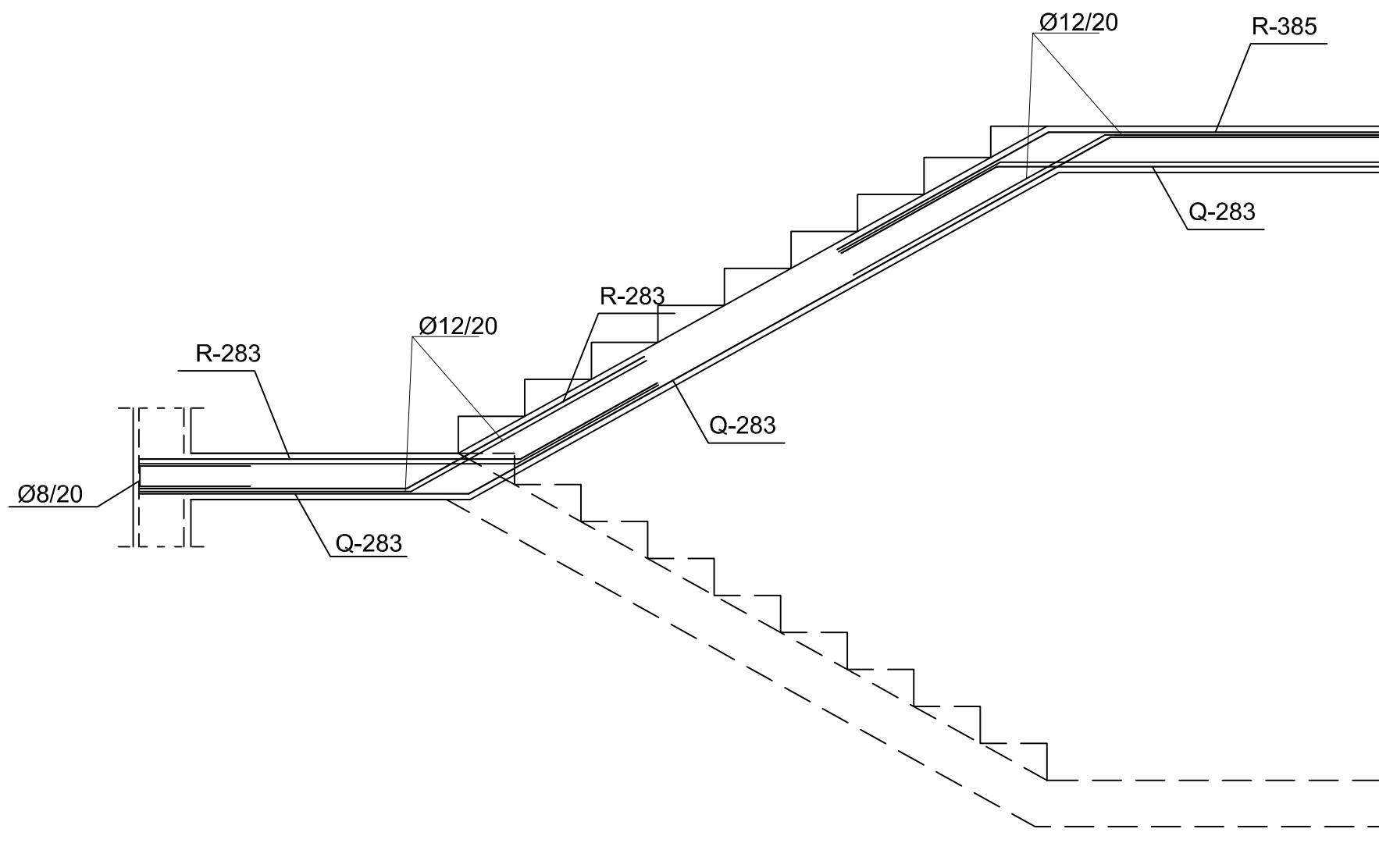


INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:100
GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 400-gornja zona	BROJ PRILOGA: 18

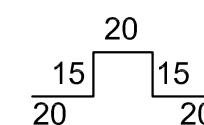
# ARMATURA STUBIŠTA


M=1:25

Beton C 30/37  
 Čelik B500B  
 dpl=20 cm, c=3 cm



4φ8/m<sup>2</sup>, Luk=90 cm

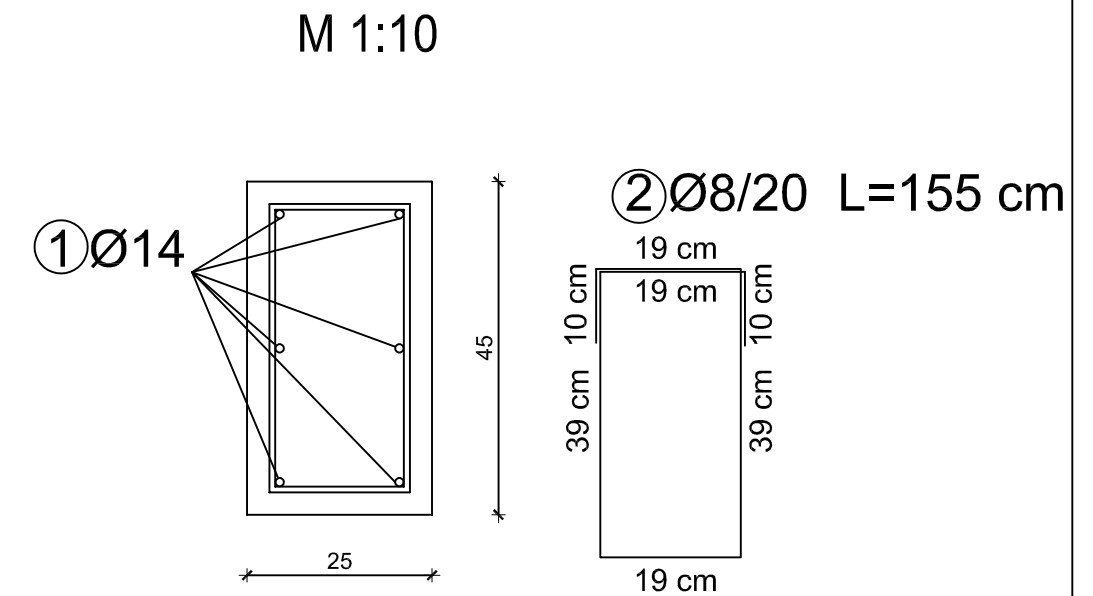
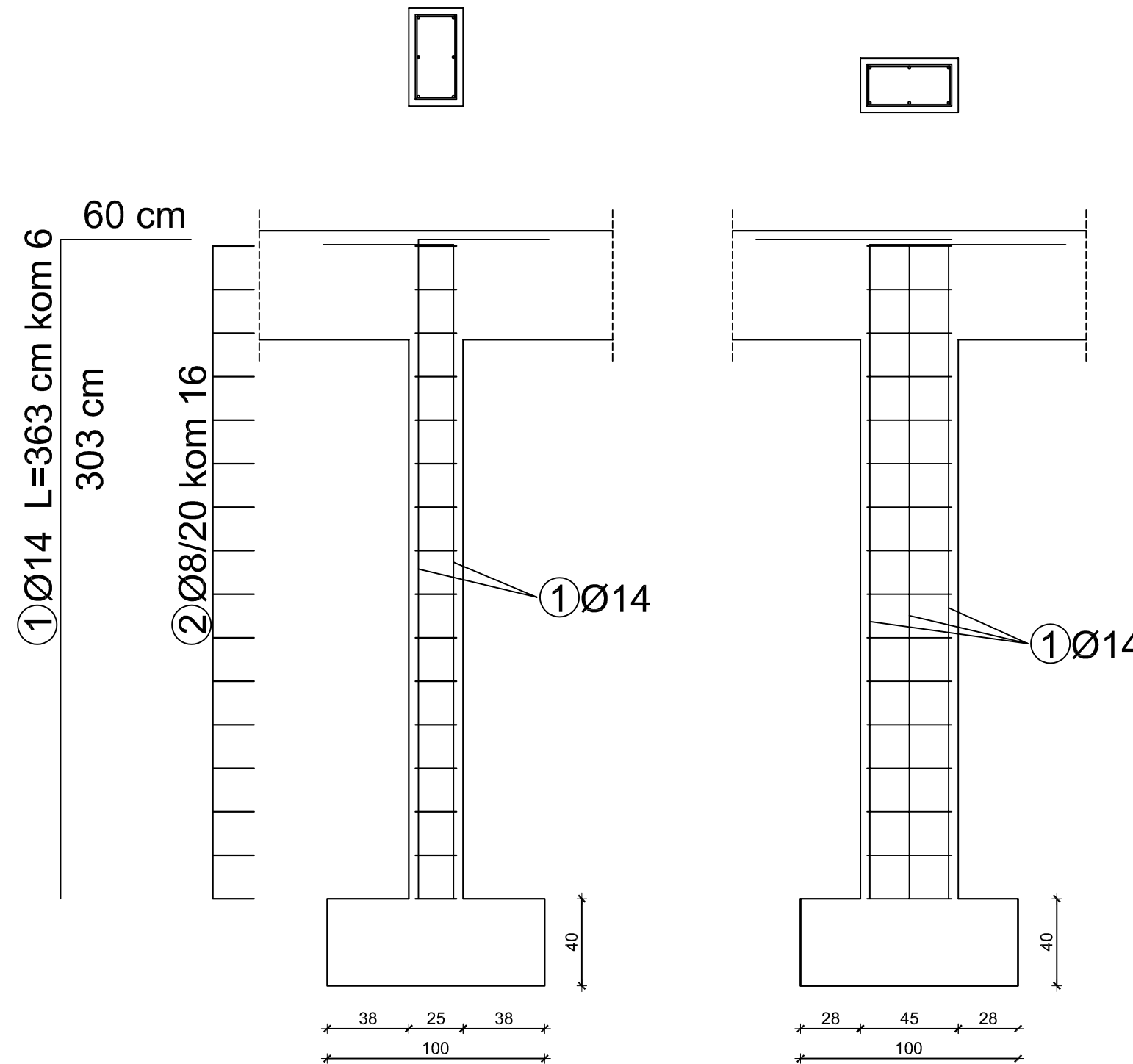


 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:25
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	SADRŽAJ: Armatura stubišta	BROJ PRILOGA: 19

# ARMATURA STUPA S1

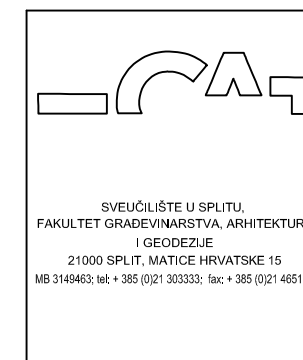
M=1:25

Beton C 30/37  
Čelik B500B



## ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK I DIMENZIJE	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	303	14	1,250	6	363	27,23
2	19 19 10 39 39 19	8	0,409	16	155	10,14
za jedan stup-UKUPNO: (KG)...						37,37

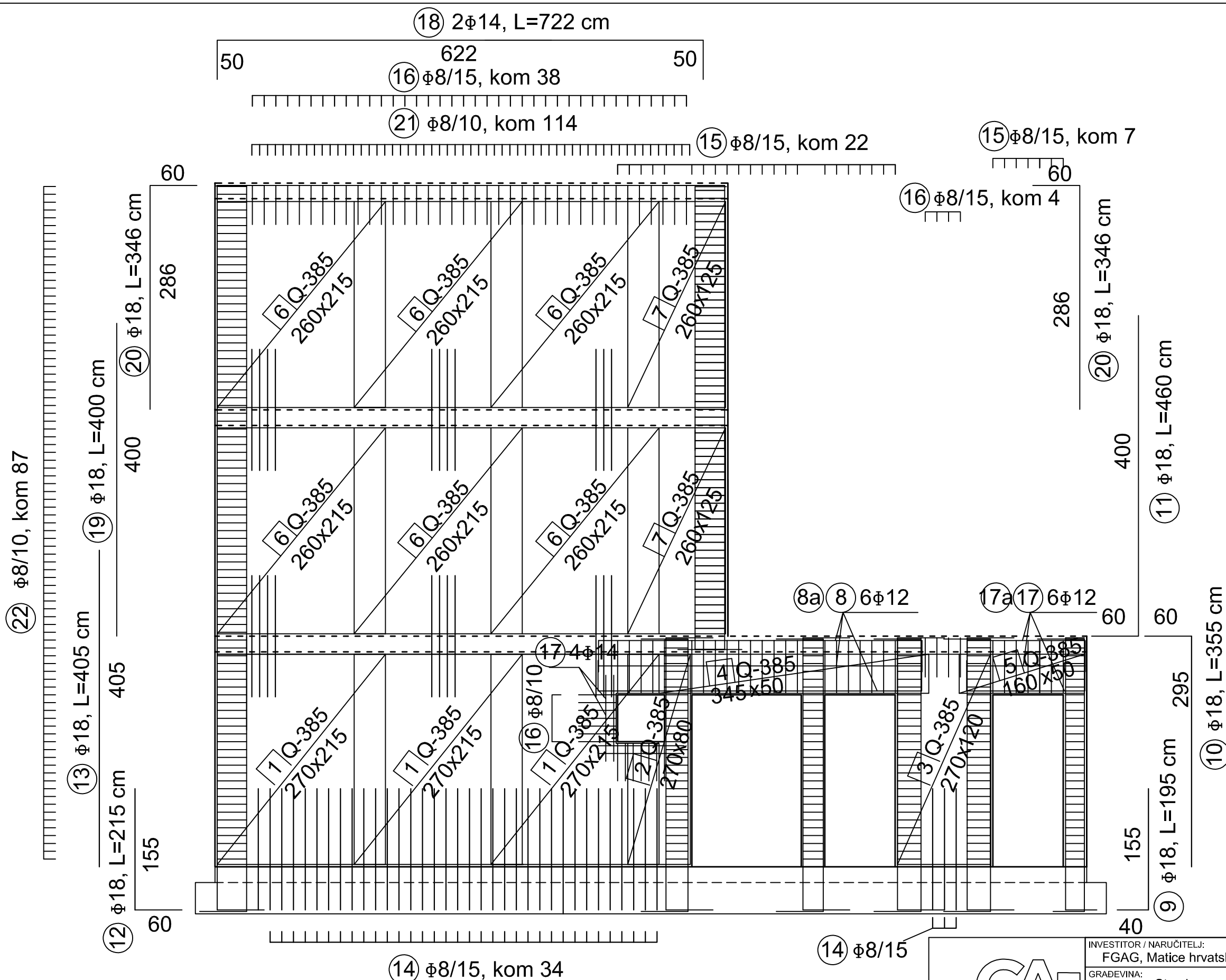


INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:25
GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
SADRŽAJ: Armatura stupa S1 25x45 cm	BROJ PRILOGA: <b>20</b>

# ARMATURA ZIDA

M=1:50

Beton C 30/37  
 Čelik B500B  
 b=25 cm, c=3 cm



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

INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	1:50
GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
SADRŽAJ: Armatura zida	BROJ PRILOGA: <b>21</b>

# ISKAZ ZA ARMATURU ZIDA

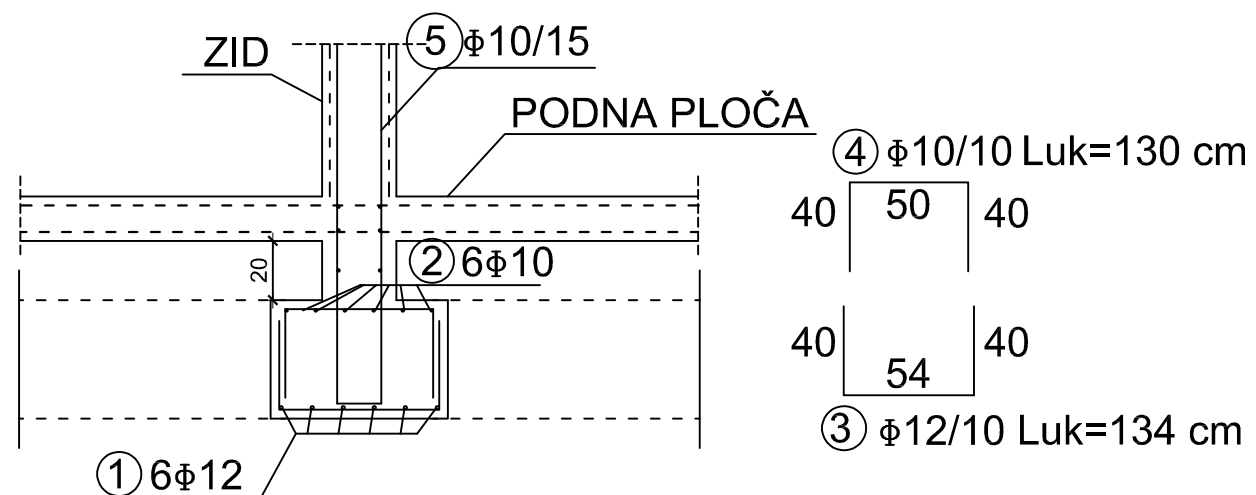
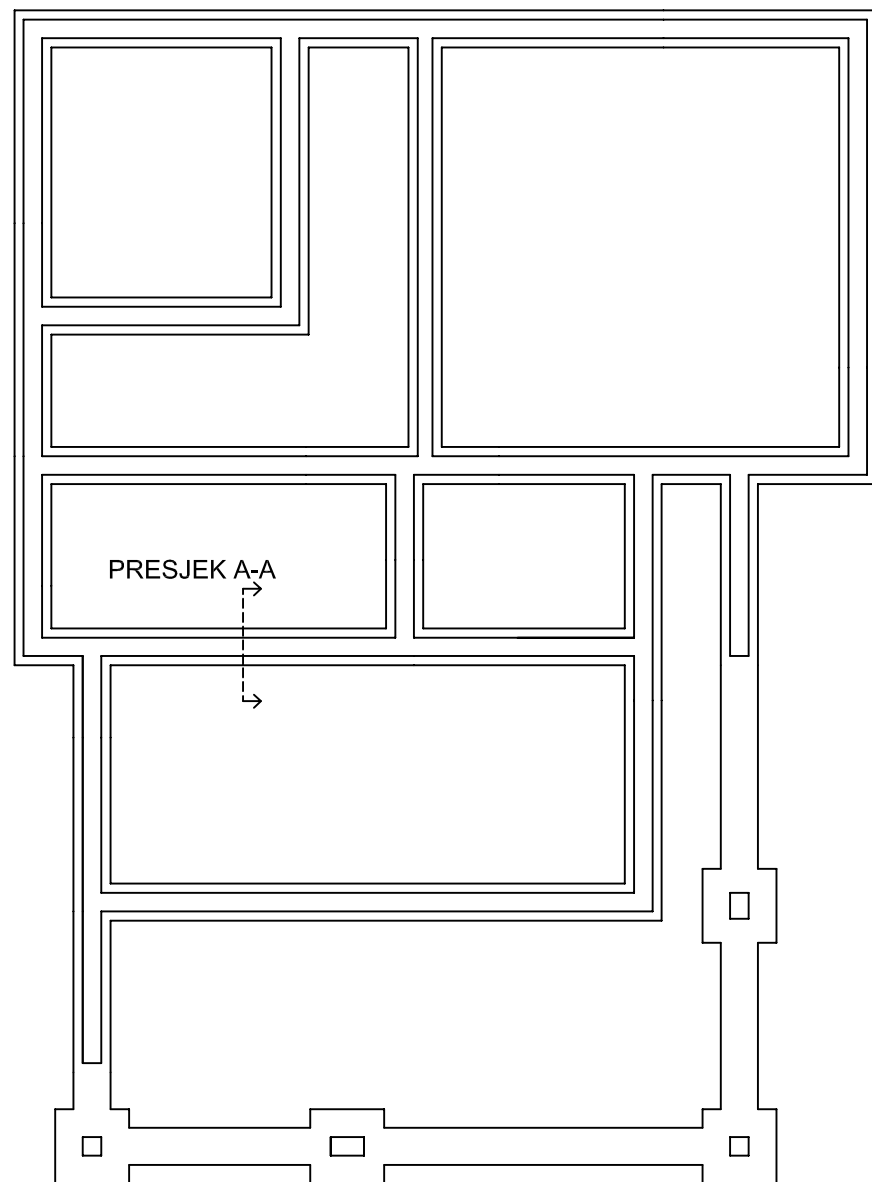
ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	OBLIK I DIMENZIJE	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
8a		12	0,920	4	514	18,92
8		12	0,920	2	414	7,62
9		18	1,998	4	195	15,58
10		18	1,998	20	355	141,86
11		18	1,998	4	460	36,76
12		18	1,998	18	215	77,32
13		18	1,998	4	405	32,37
14		8	0,409	37	330	49,94
15		8	0,409	45	213	39,20
16		8	0,409	56	120	27,48
17a		12	0,920	4	250	9,20
17		12	0,920	2	150	2,76
18		14	1,250	2	722	18,05
19		18	1,998	4	400	31,97
20		18	1,998	8	346	55,30
21		8	0,409	114	155	72,27
22		8	0,409	114	153	71,34
23		8	0,409	58	137	32,50
24		8	0,409	30	125	15,34
25		8	0,409	30	129	15,83
26		8	0,409	30	133	16,32
27		8	0,409	15	27	1,66
UKUPNO: (KG)... 789,59						

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-385		270x215	9	6,10	318,69
2	Q-385		270x80	2	6,10	26,35
3	Q-385		270x120	2	6,10	39,53
4	Q-385		345x50	2	6,10	21,05
5	Q-385		160x50	2	6,10	9,76
6	Q-385		260x215	12	6,10	409,19
7	Q-385		260x125	4	6,10	79,3
UKUPNO: (KG)...						903,87

 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	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	DATUM: rujan, 2020.
	GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	BROJ PRILOGA: 22
	SADRŽAJ: Iskaz za armaturu zida	

# ARMATURA TRAKASTIH TEMELJA M=1:25

ČELIK B500B  
C 25/30  
c= 3 cm



①  $6\phi 12$

①  $6\phi 12$  Luk=875 cm

②  $6\phi 10$  Luk=875 cm

155

155

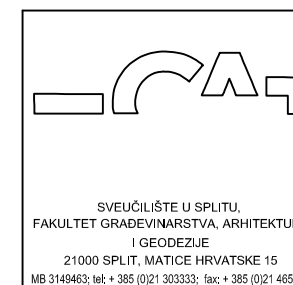
20

⑤ 496  $\phi 10/15$

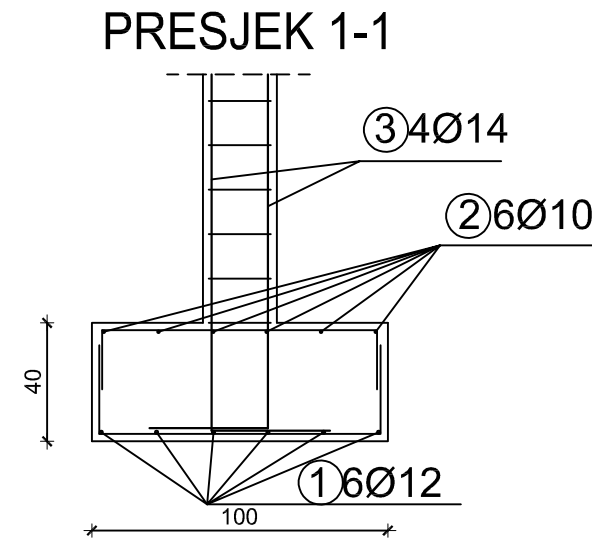
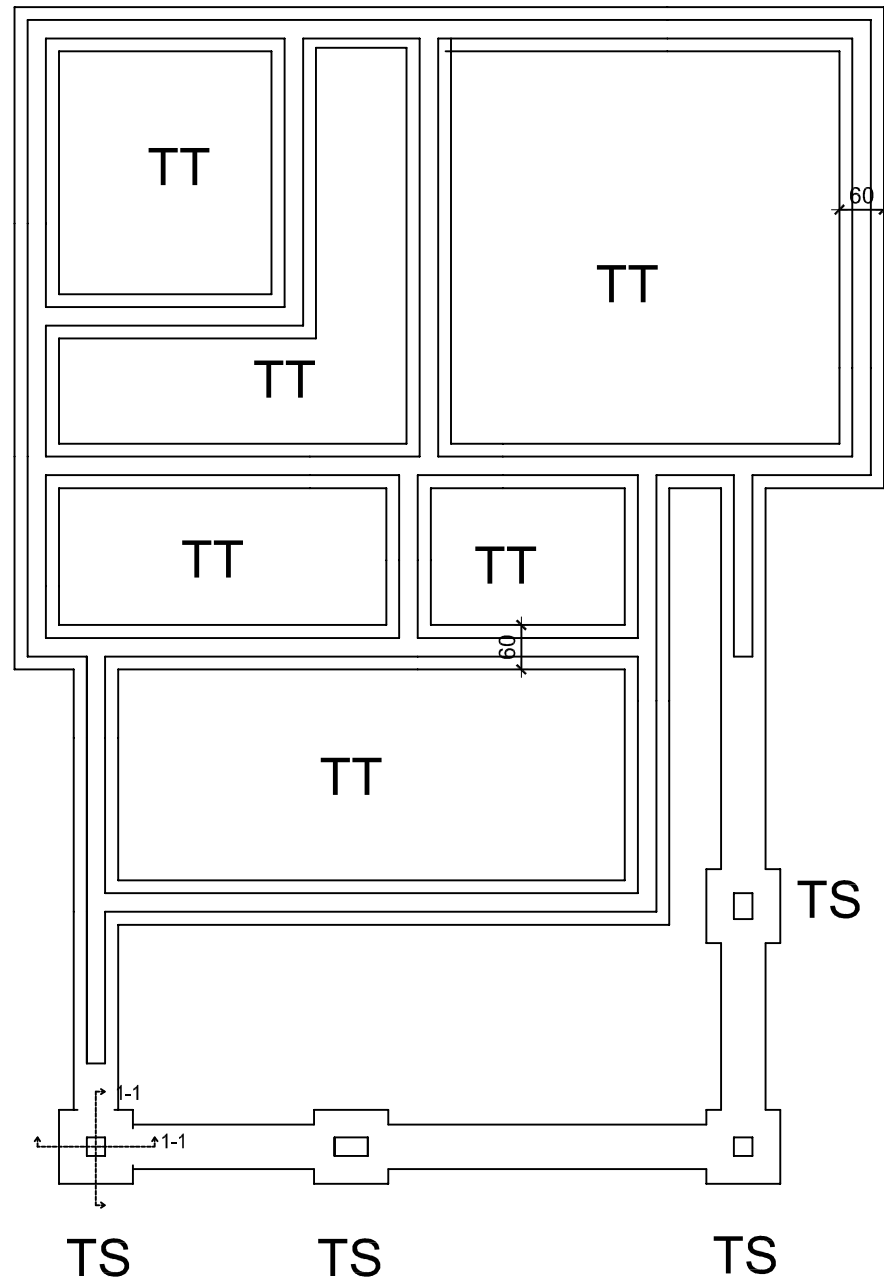
## Čelik B500B

POZ.	OBLIK I DIMENZIJE	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	— 875 —	12	0,920	6	875	48,3
2	— 875 —	10	0,649	6	875	34,07
3		12	0,920	820	134	1010,90
4		10	0,649	820	130	691,83
5		10	0,649	496	330	1062,28
6		18	1,998	80	175	279,72

UKUPNO: (KG)... 2562,88



INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:25
GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
SADRŽAJ: Armatura trakastih temelja	BROJ PRILOGA: 23



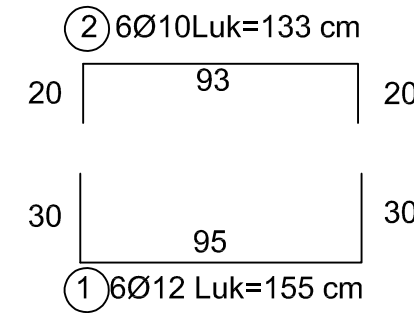
**ARMATURA TEMELJA**

M=1:25

ČELIK B500B

C 25/30

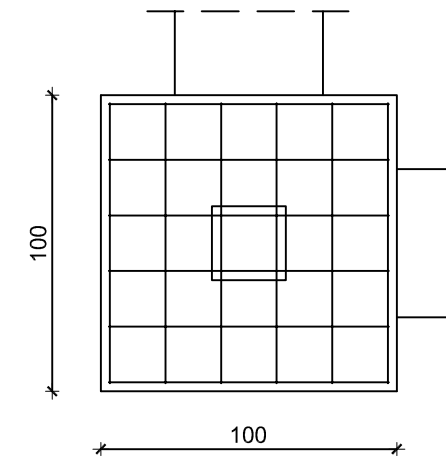
c= 3 cm



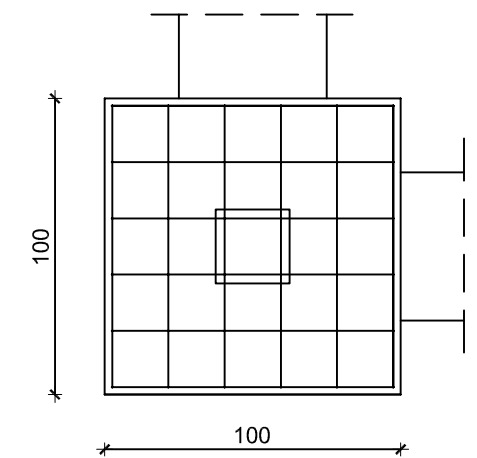
**Čelik B500B**

POZ.	OBLIK I DIMENZIJE	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		12	0,920	12	155	17,11
2		10	0,649	12	133	10,36
3		14	1,250	4	160	8,0
UKUPNO: (KG)...						35,47
za sve temelje UKUPNO: (KG)...						149,88

**TLOCRT GORNJA ZONA**



**TLOCRT DONJA ZONA**



INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:25
GRADEVINA: Stambena zgrada u Zadru	DATUM: rujan, 2020.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA: kk-09-2020.
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Mirna Kovačević
SADRŽAJ: Armatura temelja	BROJ PRILOGA: <b>24</b>