

# Glavni projekt stambene zgrade u ulici Frana Supila u Splitu

---

**Barišić, Katarina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:279195>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-11**



*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**

**Katarina Barišić**

**Split, 2021.**

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

**Katarina Barišić**

**Glavni projekt stambene zgrade u ulici Frana Supila  
u Splitu**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

# **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Frana Supila u Splitu**

## ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt stambene zgrade u ulici Frana Supila u Splitu.

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

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

## ***Ključne riječi:***

projekt, konstrukcija, monolitna izvedba, tehnički opis, numerički model, proračun, armatura

# **Main design of the residential building in Frana Supila street in Split**

## ***Abstract:***

Main design of the residential building, which is positioned in the Frana Supila street in Split, is presented in this work.

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

The project contains a technical description of the construction, general and particular conditions of civil engineering works, control plan and quality assurance plan, calculation of the main structural elements as well as characteristic structural plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

project, construction, monolithic construction, technical description, numerical model, calculation, reinforcement bar



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: **SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ**  
SMJER: **KONSTRUKCIJE**  
KANDIDAT: **Katarina Barišić**  
BROJ INDEKSA: **0083219062**  
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Glavni projekt stambene zgrade u ulici Frana Supila u Splitu**

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

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

U Splitu, ožujak 2021.

Voditelj diplomskog rada:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomske ispite

Doc. dr. sc. Marina Sunara

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

# Sadržaj

1.	TEHNIČKI OPIS .....	1
1.1.	Općenito (projektni zadatak) .....	1
1.2.	Građevinska čestica .....	2
1.3.	Namjena građevine .....	2
1.4.	Konstruktivni sustav .....	5
1.5.	Lokacija i opterećenja .....	6
1.6.	Izvedba .....	7
1.7.	Materijali .....	8
1.7.1.	Beton .....	8
1.7.2.	Armatura .....	8
2.	GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	10
2.1.	Podaci o istražnim radovima .....	10
2.2.	Geološka i inženjersko – geološka istraživanja .....	10
2.3.	Dubina podzemne vode .....	11
2.4.	Temeljenje .....	11
3.	PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	12
3.1.	Općenito .....	12
3.2.	Postizanje zahtjevane geometrije .....	13
3.3.	Zemljani radovi .....	14
3.3.1.	Iskopi .....	14
3.3.2.	Nasipi .....	14
3.4.	Betonski i armirano-betonski radovi .....	15
3.4.1.	Beton .....	15
3.4.2.	Betonski čelik .....	16
3.4.3.	Prekidi betoniranje .....	16
3.4.4.	Primijenjeni standardi .....	17
3.5.	Ostali radovi i materijali .....	23
3.6.	Kontrola ispitivanja .....	23
3.6.1.	Kontrola svježeg betona .....	24
3.6.2.	Kontrola očvrslog betona .....	25
3.7.	Dužnost izvođača .....	26
4.	OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI .....	27
4.1.	Oplate i skele .....	27
4.2.	Transport i ugradnja betona .....	28
4.3.	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama .....	30

4.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	31
4.5. Obveze izvođača.....	31
5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	32
6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	34
7. PLANOVI POZICIJA .....	36
8. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	37
8.1. Vlastita težina .....	38
8.2. Stalno opterećenje .....	38
8.2.1. Međukatna konstrukcija - POZ 200,POZ 300 i POZ 400 .....	38
8.2.2. Međukatna konstrukcija - POZ 100.....	38
8.2.3. Krovna konstrukcija .....	39
8.2.4. Stubište .....	40
8.3. Promjenjivo opterećenje.....	40
8.4. Opterećenje snijegom .....	41
8.5. Djelovanje vjetra .....	43
8.5.1. Proračun vjetra u x smjeru.....	49
8.5.2. Proračun vjetra u y smjeru.....	50
8.6. Izvanredno opterećenje.....	52
9. NUMERIČKI MODEL .....	58
9.1. Modeliranje .....	58
9.2. Kombinacije opterećenja.....	60
9.2.1. Granično stanje uporabljivosti.....	61
9.2.2. Granično stanje nosivosti .....	61
10. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....	63
10.1. Proračun ploče POZ 100 .....	63
10.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN.....	63
10.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU .....	66
10.2. Proračun ploče POZ 200 .....	74
10.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN.....	74
10.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU .....	77
10.3. Proračun ploče POZ 300 .....	85
10.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN.....	85
10.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU .....	88
10.4. Proračun ploče POZ 400 .....	96
10.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN.....	96
10.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU .....	99
10.5. Proračun ploče POZ 500 .....	107

10.5.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN.....	107
10.5.2.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU .....	110
11.	DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA .....	118
12.	DIMENZIONIRANJE GREDNIH NOSAČA .....	120
12.1.	Gredni nosač POZ 201,301,401 I 501 (30x47) .....	121
12.1.1.	Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN .....	121
12.1.2.	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN.....	123
12.1.3.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU .....	125
12.2.	Gredni nosač POZ 202,302,402 I 502 (30x47) .....	129
12.2.1.	Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN .....	129
12.2.2.	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN.....	131
12.2.3.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU .....	132
12.3.	Gredni nosač POZ 101 (30x55).....	136
12.3.1.	Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN .....	136
12.3.2.	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN.....	138
12.3.3.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU .....	140
12.4.	Gredni nosač POZ 102 (30x55).....	144
12.4.1.	Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN .....	144
12.4.2.	Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN.....	146
12.4.3.	Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU .....	150
13.	PRORAČUN ZIDOVA .....	154
13.1.	Proračun zida u y smjeru .....	154
13.1.1.	Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu.....	156
13.1.2.	Proračun zida na poprečnu silu.....	157
13.1.3.	Detaljiranje lokalne duktilnosti .....	158
13.1.4.	Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....	160
13.2.	Proračun zida u x smjeru (potresna kombinacija) .....	161
13.2.1.	Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu.....	162
13.2.2.	Proračun zida na poprečnu silu.....	165
13.2.3.	Detaljiranje lokalne duktilnosti .....	166
13.2.4.	Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....	168
13.3.	Proračun zida u x smjeru (uobičajena kombinacija) .....	169
13.3.1.	Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu.....	170
13.3.2.	Proračun zida na poprečnu silu.....	172
13.3.3.	Detaljiranje lokalne duktilnosti .....	173
13.3.4.	Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....	176
14.	PRORAČUN TEMELJNIH TRAKA .....	178



14.1. Dimenzioniranje temelja (izvanredna kombinacija).....	179
14.2. Dimenzioniranje temelja (uobičajena kombinacija).....	182
15. GRAFIČKI PRILOZI.....	185
16. LITERATURA.....	186

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito (projektni zadatak)

Katastarska čestica 9380/7 uz ulicu „Frane Supila“ građevinska je čestica na kojoj se gradi zgrada. Objekt je stambene namjene. Uzimajući u obzir lokaciju na kojoj se nalazi parcela, objekt će biti namijenjen vođenju mirnog obiteljskog života.

Katastarska čestica je približne površine 1510 cm<sup>2</sup>. Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, postojeće visinske razlike 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 građevinskoj čestici, uređenje čestice, priključenje na javno – prometnu površinu i komunalnu infrastrukturu, parkirališna mjesta).



Slika 1.1. Situacija-položaj katastarske čestice 9380/7

## 1.2. Građevinska čestica

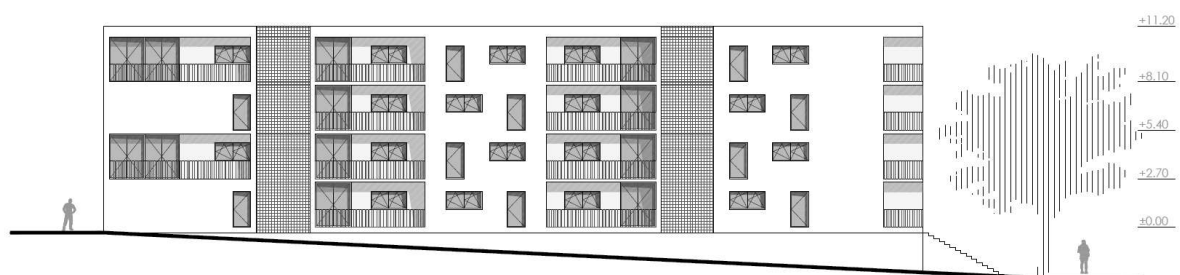
Katastarska čestica je približne površine 1510 m<sup>2</sup>. Tlocrtna površina dijela objekta iznad zemlje je 588.30 m<sup>2</sup>, dok je površina djelomično ukopane garaže 954.33 m<sup>2</sup>. Zgrada je orijentirana istok-zapad. Kolni pristup je na istočnom dijelu parcele sa garažom u sastavu zgrade. Pješački pristup je sa sjevera i juga. Zbog smještaja objekta blizu kolnog pristupa, pristup vatrogasnog vozila je omogućen sa kolne trake. Ulaz u garažu smješten je sa istočne strane objekta preko rampe.

## 1.3. Namjena građevine

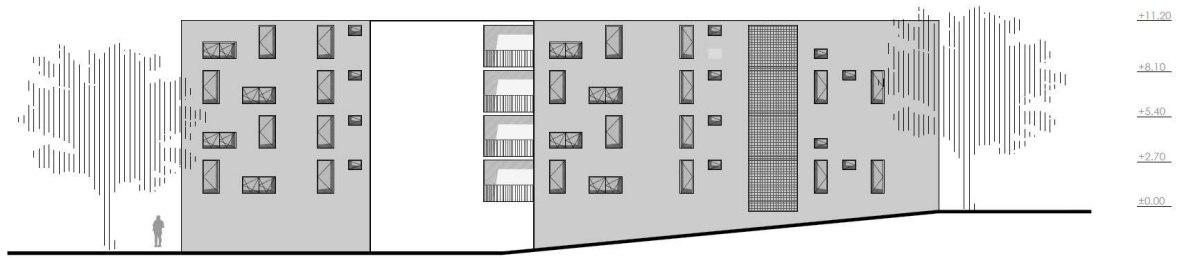
Namjena objekta je isključivo stambena. Građevina se sastoji od jedne podzemne etaže i 4 nadzemne etaže. Osamnaest stanova (2x5s, 4x4s, 8x3s, 4x2s) raspoređeni su na 4 etaže P+3. Na svakoj etaži nalaze se i spremišta za stanove. Komunikacija je linijski izvedena. Granica između unutrašnjosti i vanjštine objekta se gubi vertikalnom komunikacijom između etaža. Komunikacija među etažama je u potpunosti otvorena i spaja se sa vanjskim prostorom, dajući dojam korisniku zgrade da se nalazi van gradskog okruženja. Mediteranska vegetacija maksimalno je očuvana i postavljena na strateški bitna mjesta oko zgrade.

U podrumu se nalazi garaža sa 27 parkirnih mjesta. Ulaz u garažu smješten je sa istočne strane objekta preko rampe.

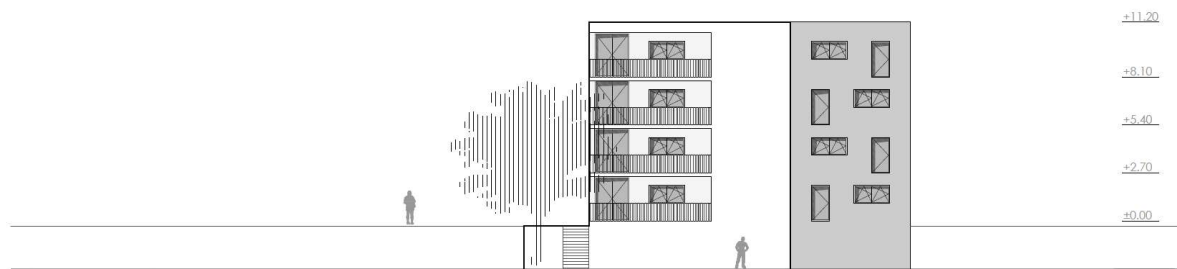
Ukupna visina zgrade od nulte točke terena je 11.20 m, dok je ukupna visina zgrade s podzemnom etažom 13.90 m. Svaki pojedini kat je visok 2.70 m mjereno od vrha ploče jednog kata do vrha ploče drugog kata. Svi infrastrukturni priključci izvest će se prema posebnim zahtjevima komunalnih i javnih poduzeća ili stručnih službi grada i županije.



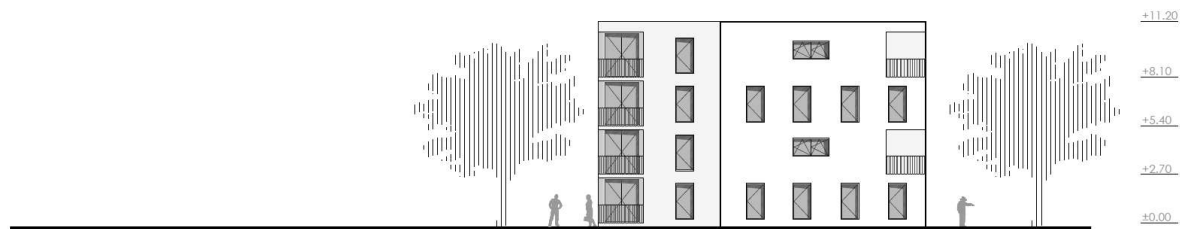
Slika 1.2. Zapadno pročelje



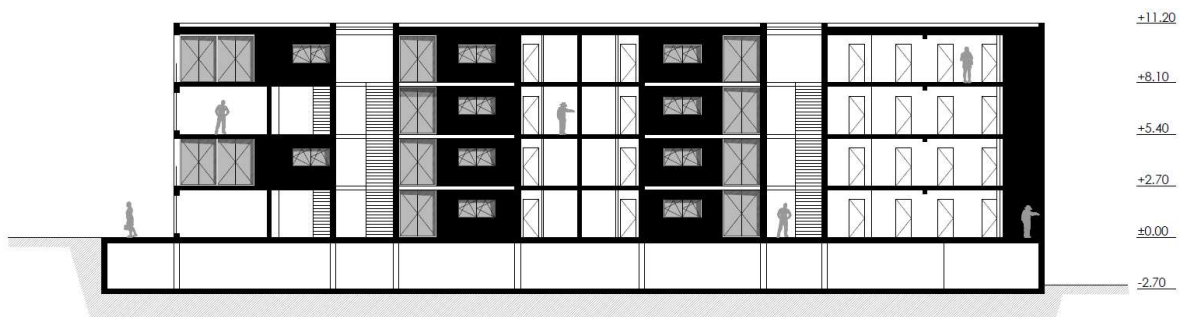
*Slika 1.3. Istočno pročelje*



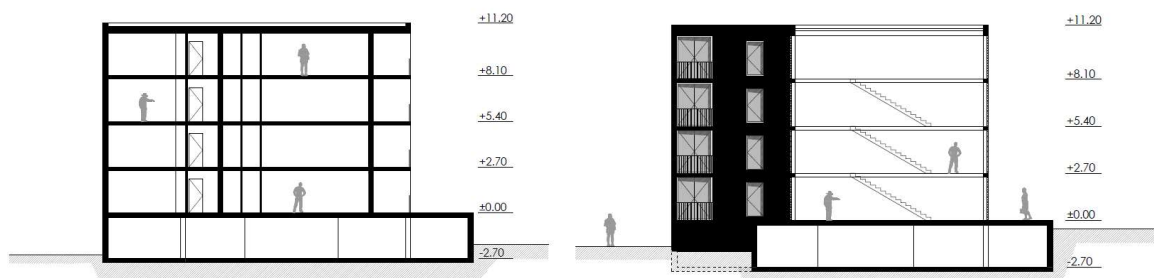
*Slika 1.4. Južno pročelje*



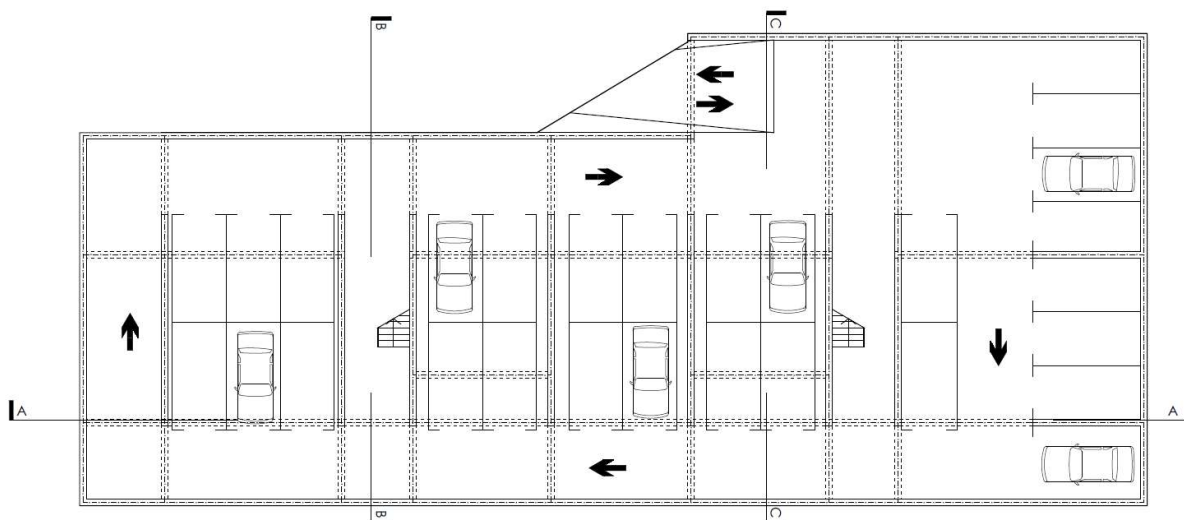
*Slika 1.5. Sjeverno pročelje*



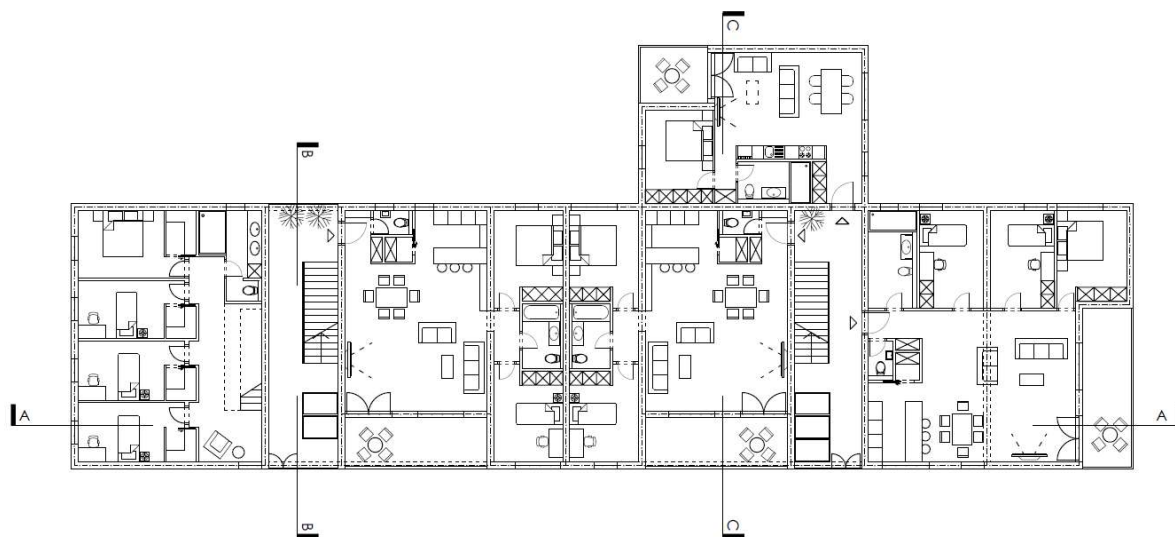
*Slika 1.6. Presjek A-A*



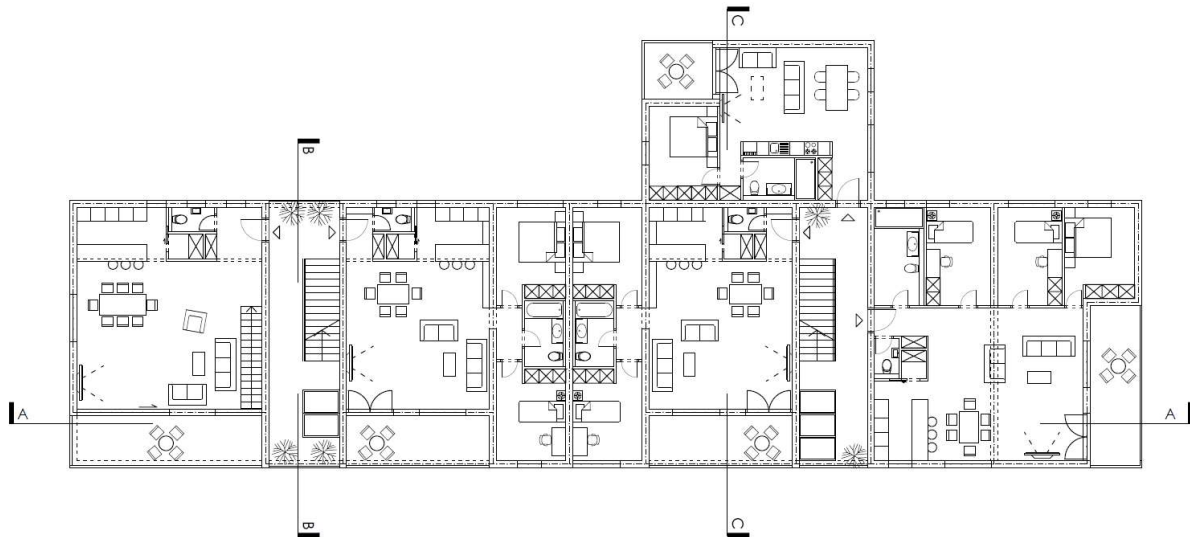
Slika 1.7. Presjeci B-B i C-C



Slika 1.8. Tlocrt garaže



Slika 1.9. Tlocrt prizemlja i 2. kata



Slika 1.10. Tlocrt 1. i 3. kata

#### 1.4. Konstruktivni sustav

Nosiva konstrukcija građevine je armirano-betonska, a sastoji se od horizontalnih elemenata (ploča i grednih nosača) preko kojih se opterećenje prenosi na vertikalne elemente odnosno zidove. Objekt ne sadrži stupove u svom konstrukcijskom skeletu. Predviđeno je da se na objektu izvede ravni krov. Svi konstruktivni elementi izvedeni su od betona klase C30/37.

Međukatne konstrukcije su armirano-betonske ploče. Debljina ploče na svim katovima je 17 cm, dok debljina ploče iznad garaže iznosi 25 cm, sa svim potrebnim termičkim slojevima. 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).

Grede su različitih dimenzija, ovisno o arhitektonskim zahtjevima. Na etaži prizemlja dimenzija su  $b/h=30/55$  cm, dok su na ostalim etažama dimenzija  $b/h=30/47$  cm.

Nosivi zidovi su također armirano-betonski, debljine 30 cm, s potrebnim termičkim slojevima. Točan položaj betonskih zidova dan je u prilogima. 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.

Temelji objekta se izvode kao trakasti temelji. Trakasti temelji su također izrađeni od betona klase C30/37. Izvedeni su monolitno, lijevani na licu mjesta u oplatu. Dimenzije temelja i količina armature određene su proračunom. Širina temeljne trake iznosi  $b=0.7$  m, a visina  $h=0.4$  m.

## 1.5. Lokacija i opterećenja

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u zonu za koju je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g=0.22g$  za povratni period od 475 godina. Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom armirano-betonskih zidova, što je u skladu s Eurokodom 2 i Eurokodom 8. Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u II. zonu opterećenja vjetrom, odnosno karakteristična brzina djelovanja iznosi  $v_{b,0}=30$  (m/s). Opterećenja vjetrom na građevinu korištena su u skladu s Eurocodom 1991-1-4. Što se tiče opterećenja snijegom, objekt se nalazi u III. zoni, karakteristično opterećenje snijegom je vrlo malo u odnosu na ostatak zemlje, te zbog nadmorske visine do 100 m.n.m koristit ćemo iznos od  $0.45$  kN/m<sup>2</sup>, opterećenja snijegom korištena su prema Eurocodu 1991-1-3.

Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije i sav stalni teret proračunati su prema važećim propisima kao jednoliko raspodijeljeno opterećenje u kN/m<sup>2</sup>. Vlastita težina svih konstruktivnih nosivih elemenata automatski je uključena u računalnom programu pomoću kojeg smo modelirali stambenu zgradu. Dodatno stalno opterećenje ovisi o slojevima poda i razlikuje se na krovnoj ploči u odnosu na ostale međukatne ploče. Ono na krovnoj ploči iznosi  $3.80$  kN/m<sup>2</sup>, dok na međukatnim pločama iznosi  $2.80$  kN/m<sup>2</sup>. Uporabno (korisno) opterećenje odabrano je prema preporuci EN 1991-1-1 i podijeljeno je na stropove, stubišta i balkone. Uporabno opterećenje svih stropova (osim krovne ploče) iznosi  $2.0$  kN/m<sup>2</sup>, stubišta  $3.0$  kN/m<sup>2</sup>, a balkona  $4.0$  kN/m<sup>2</sup>. Korisno opterećenje za ravni krov iznosi  $q=1.0$  kN/m<sup>2</sup> u što je uključeno djelovanje snijega i vjetra.

## 1.6. Izvedba

Iskop građevinske jame za izvedbu podzemne etaže vršit će se do nivoa  $-3.10$  m u odnosu na etažu prizemlja koja se nalazi na koti  $\pm 0.00$ . Široki iskop izvršit će se s vertikalnim zasjekom (10:1). Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

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

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

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

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o prostornom uređenju i gradnji NN 153/13, NN 65/17 i Zakonu o gradnji NN 153/13, NN 20/17. Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor, konstruktorski projektantski nadzor, te nadzor od strane geomehaničara prilikom radova iskopa, i temeljenja građevine. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija i odobrenje projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke.



## 1.7. Materijali

### 1.7.1. Beton

Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37, a sve prema "Tehničkim propisima za betonske konstrukcije" ("TPBK" N.N. 139/09, 14/10, 125/10, 136/12).

Tablica 1.1. Zahtjevi za projektirani beton

Zahtjevi za projektirani beton	
Element konstrukcije	Ploča and garažom, temeljne trake, ploče međukatnih konstrukcija, zidovi, grede i stubišta
Razred čvrstoće betona	C30/37
Razred izloženosti	XC3 (umjerena vlažnost)
Razred konzistencije	S3 ili S4
Minimalna količina cementa (kg/m <sup>2</sup> )	280
Max. vodocementni factor (v/c)	0.55
Maksimalno zrno agregata (mm)	32
Minimalna količina zraka (%)	-
Razred sadržaja klorida	Cl,02
Najmanji zaštitni sloj C <sub>min</sub> (mm)	35
Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja ΔC (mm)	15

### 1.7.2. Armatura

Predviđena armatura je B 500B (prema "TPBK") za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3 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 zidove i ploče može se izvršiti nakon što beton postigne min. 70% čvrstoće (cca 7 dana uz normalnu njegu betona).

## 2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

### 2.1. Podaci o istražnim radovima

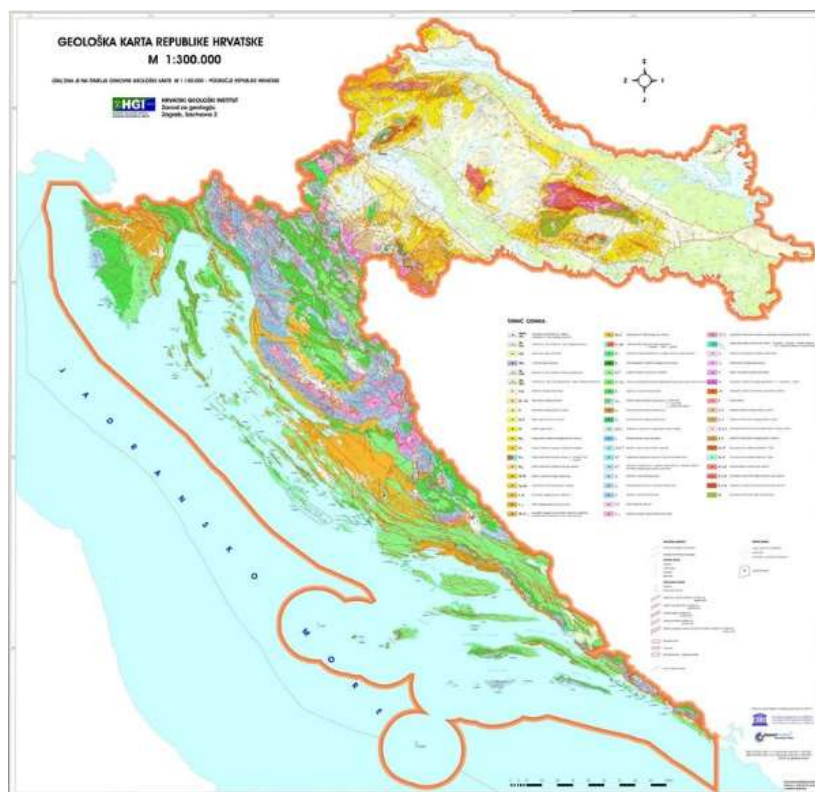
Geotehnički istražni radovi su se sastojali od obilaska terena s prospekcijskim pregledom i detaljnim geološkim kartiranjem, izrade fotodokumentacije, georadarskog snimanja, seizmičkog snimanja i iskopa i pregleda istražne jame. Istražne jame su iskopane do dubine pojave matične stijene, na dijagonalnim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

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

### 2.2. Geološka i inženjersko – geološka istraživanja

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

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



Slika 2.1. Geološka karta Hrvatske

### 2.3. Dubina podzemne vode

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

### 2.4. Temeljenje

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

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

Iskop građevinske jame do nivoa -3.10 m ispod nivoa prizemlja buduće građevine izvršit će se u širokom iskopu s vertikalnim zasjekom (10:1). Pri zasijecanju potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasijek treba zaštititi prskanim betonom debljine  $d = 5-10$  cm uz armiranje armaturnom mrežom Q-196 i geotehničkim sidrima duljine  $l=2.5$  m po potrebi prema posebnom projektu. Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

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

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

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0.50 MPa. Za predviđeni način temeljenja ne očekuju se slijeganja niti diferencijalna slijeganja. Naročitu pažnju treba posvetiti na eventualne proširene pukotine bez ispune koje mogu biti dio većeg podzemnog sustava. Na tim mjestima je potrebno izvršiti provjeru bušenjem svrdlom  $\varnothing 32$  mm ("štamptom") do dubine 2.0 do 3.0 m od kote temeljenja.

### 3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

#### 3.1. Općenito

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina („Narodne novine“ broj 118/19) propisuje sadržaj Tekstualnog dijela glavnog projekta što uključuje i Program kontrole i osiguranja kvalitete s uvjetima ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom građenja i održavanja građevine (procedure osiguranja kvalitete, program ispitivanja i dr.). Program kontrole i osiguranja kvalitete mora sadržavati pregled i specificirana svojstva svih građevnih i drugih proizvoda te predgotovljenih elemenata koji se ugrađuju u građevinu, kao i opis potrebnih ispitivanja i zahtijevanih rezultata kojima se dokazuje sukladnost s propisima odnosno projektom, ispunjavanje temeljnih zahtjeva i tražena kvaliteta. Ovaj Program kontrole i osiguranja kvalitete je koncipiran prema stavcima članka 29 „Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina“ na način da će se svi stavci pravilnika koristiti kao podnaslovi odjeljaka u kojima će se zadovoljiti traženi uvjeti „Pravilnika“.

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.

Građevni i drugi proizvodi koji se ugrađuju moraju zadovoljavati svojstva propisana

Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije („Narodne novine“ broj 17/17.) te uvjete proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti, a sve u cilju ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu. 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. Za svaki ugrađeni materijal i građevinski proizvod potrebno je dokazati njegovu uporabljivost, odnosno njegova tehnička svojstva moraju biti sukladna svojstvima određenim odgovarajućom normom. Primjenjivati odgovarajuće HRN, a u nedostatku istih moguća je primjena EN. Ne dopušta se ugradnja materijala i proizvoda koji nemaju valjanu dokumentaciju. Da bi se osigurala stalna kvaliteta sastavnih materijala, te da bi se imao odgovarajući uvid u kvalitetu sastavnih materijala potrebno je:

- Kontrolirati kvalitetu materijala,
- Osigurati odgovarajuću dokumentaciju o kvaliteti materijala,
- Za ispitivanje materijala primjenjivati metode ispitivanja, standarde i propise dane u Općim tehničkim uvjetima.

Kontrola kvalitete obveza je dobavljača materijala. Izvođač je kao rezultat kontrole kvalitete dužan pribaviti ateste i uvjerenja o kvaliteti. Za proizvode koji podliježu Naredbi o obaveznom atestiranju Državnog Zavoda za normizaciju, izdaje se atestna dokumentacija propisana Naredbom. (Naredba o obaveznom atestiranju frakcioniranog

kamenog agregata za beton i asfalt - Narodne novine br. 53/91).

Uvjerenje o kvaliteti proizvoda izdaje se poslije najmanje tri uzastopna kontrolna ispitivanja proizvoda kojima je ustanovljena propisana kvaliteta. Uvjet za izdavanje uvjerenja o kvaliteti je redovita evidencija rezultata tekuće kontrole. Rok važenja uvjerenja o kvaliteti proizvoda može biti najviše jedna godina.

### **3.2. Postizanje zahtjevane geometrije**

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

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

### 3.3. Zemljani radovi

#### 3.3.1. Iskopi

Tijekom radova na iskopima kontrolirati sljedeće:

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

#### 3.3.2. Nasipi

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

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak ( $S_z$ ) ili određivanje modula stišljivosti ( $M_s$ )
- 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 i armirano-betonski 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. Izvođač 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 propisima za građevinske konstrukcije (NN 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 betonske 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 očvrnulog 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  
dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
- **nHRN EN 10080-5** Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik  
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 rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodatka 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 betonske 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. Nijedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

### 3.4.3. Prekidi betoniranje

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### 3.4.4. Primijenjeni standardi

Standardi za beton – osnovne norme:

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

Norme za beton - ostale norme:

- HRN EN 12350-1** Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
- HRN EN 12350-2** Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
- HRN EN 12350-3** Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
- HRN EN 12350-4** Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
- HRN EN 12350-5** Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
- HRN EN 12350-6** Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
- HRN EN 12350-7** Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
- HRN EN 12390-1** Ispitivanje 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

<b>HRN EN 12390-6</b>	Ispitivanje očvrslulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća Cijepanjem uzoraka
<b>HRN EN 12390-7</b>	Ispitivanje očvrslulog betona – 7. dio: Gustoća očvrslulog betona
<b>HRN EN 12390-8</b>	Ispitivanje očvrslulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
<b>prCEN/TS 12390-9</b>	Ispitivanje očvrslulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
<b>ISO 2859-1</b>	Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine
<b>ISO 3951</b>	Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
<b>HRN U.M1.057</b>	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
<b>HRN U.M1.016</b>	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
<b>HRN EN 480-11</b>	Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrslulom betonu
<b>HRN EN12504-1</b>	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci- Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
<b>HRN EN 12504-2</b>	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka

<b>HRN EN 12504-3</b>	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
<b>HRN EN 12504-4</b>	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
<b>prEN 13791:2003</b>	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

Norme za čelik za armiranje – osnovne norme:

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

## Norme za čelik za armiranje – Ostale norme

<b>HRN EN 10020</b>	Definicije i razredba vrsta čelika
<b>HRN EN 10025</b>	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
<b>HRN EN 10027-1</b>	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
<b>HRN EN 10027-2</b>	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
<b>EN 10079</b>	Definicije čeličnih proizvoda
<b>HRN EN 10204</b>	Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
<b>prEN ISO 17660</b>	Zavarivanje čelika za armiranje
<b>HRN EN 287-1</b>	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
<b>HRN EN 719</b>	Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
<b>HRN EN 729-3</b>	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
<b>HRN EN ISO 4063</b>	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
<b>HRN EN ISO 377</b>	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
<b>HRN EN 10002-1</b>	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
<b>HRN EN ISO 15630-1</b>	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturne šipke i žice

**HRN EN ISO 15630-2** Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio:  
Zavarene mreže

Ostale norme:

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

**ENV 1992-1-2** Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila  
- Projektiranje konstrukcije na požar

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

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta (članak 20. Zakona o prostornom uređenju i gradnji NN. 76/07), te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz glavnog projekta.

Ispitivanje određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu te predhodna istraživanja bitna za projektiranje, građenje ili održavanje građevine obavljaju ovlaštene osobe. Ovlaštenje za obavljanje ovih poslova daje i oduzima ministar. Uvjete za obavljanje poslova ispitivanja i istraživanja u odnosu na osobe, tehničke opremljenosti, način i složenost obavljanja tih poslova, odgovornosti za rezultate ispitivanja, odnosno prethodnih istraživanja, neovisnost u odnosu na osobe koje sudjeluju u projektiranju, građenju ili održavanju građevine i način dokumentiranja rezultata ispitivanja, odnosno predhodnih istraživanja, sredstva kojima pravna osoba dokazuje ispunjavanje tih uvijeta u postupku davanja ovlaštenja te uvjete za produženje i oduzimanje tog ovlaštenja, propisuje ministar pravilnikom. Uvjete za obavljanje ovih poslova koji se odnose na ispitivanje i istraživanje vezano uz zaštitu požara, uz suglasnost ministra unutarnjih poslova, propisuje ministar pravilnikom.

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 (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji). Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji).

U provedni stručnog nadzora građenja nadzorni inženjer dužan je:

- nadzirati građenje tako da bude u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, potvrđenim glavnim projektom, odnosno građevinskom dozvolom, ovim Zakonom i posebnim propisima,
- utvrditi je li glavni projekt u pogledu horizontalnih i vertikalnih gabarita i namjene građevine izrađen u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, odnosno lokacijskom dozvolom u slučaju građenja građevina iz članka 209. stavka 2. i 4. ovoga Zakona,
- utvrditi je li iskolčenje građevine obavila osoba ovlaštena za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina prema posebnom zakonu,
- utvrditi ispunjava li izvođač uvjete za obavljanje djelatnosti građenja propisane posebnim zakonom,
- odrediti provedbu kontrolnih postupaka u pogledu ocjenjivanja sukladnosti, odnosno dokazivanja kvalitete određenih dijelova građevine putem ovlaštene osobe koja nije sudjelovala u provedbi postupka izdavanja isprava i dokaza iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku u slučajevima kada je ovim Zakonom, propisom donesenim na temelju ovoga Zakona, posebnim propisom ili projektom određena takva obveza,
- bez odlaganja upoznati investitora sa svim nedostacima odnosno nepravilnostima koje uoči tijekom građenja, a investitora i građevinsku inspekciju i druge inspekcije o poduzetim mjerama,
- sastaviti završno izvješće o izvedbi građevine.

U provedbi stručnog nadzora građenja, kada za to postoji potreba, nadzorni inženjer dužan je odrediti način na koji će se otkloniti nedostaci odnosno nepravilnosti građenja građevine u slučaju ako:

- izvođač ne osigura dokumentaciju iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona na propisani način,
- dokumentacijom iz članka 182. stavka 1. podstavka 3. ovoga Zakona nije dokazana sukladnost, odnosno kvaliteta sukladno zahtjevima ovoga Zakona, propisa donesenih na temelju ovoga Zakona, posebnih propisa ili glavnog projekta,

- izvođač, odnosno odgovorna osoba koja vodi građenje ili pojedine radove ovoga Zakona ne ispunjavaju uvjete propisane posebnim zakonom,
- iskolčenje građevine nije obavila osoba ovlaštena za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina prema posebnom zakonu.

Način otklanjanja nedostataka, odnosno nepravilnosti iz stavka 2. ovoga članka upisuje se u građevinski dnevnik.

### **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 radova potreban je stalni tehnički nadzor.

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

### **3.6. Kontrola 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 upotrebljenih materijala i izvedenih radova ne odgovara zahtijevanim uvjetima, nadzorni organ je dužan izdati nalog izvođaču da nekvalitetan materijal zamjeni kvalitetnim i radove dovede u ispravno stanje.

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



### 3.6.1. Kontrola svježeg betona

Izvođač je Planom dužan odrediti ovlaštenu stručnu osobu koja će vršiti kontrolu dopremljenog i ugrađenog betona, o tome voditi evidenciju i osigurati potrebnu dokumentaciju na gradilištu. Nadalje Planom se moraju definirati postupci kontrole svježeg betona koji osiguravaju postizanje tražene kvalitete. Prema količinama danim za pojedine grupe radova Planom se mora definirati minimalan broj kontrolnih uzoraka kako bi se sa dovoljnom sigurnošću moglo tvrditi da će se dokazati tražena kvaliteta betona. Za ispitivanje tlačne čvrstoće minimalan broj uzoraka je:

- jedan uzorak za svaki dan, za svaku vrstu betona i svaki mikser
- minimalno jedan uzorak na svakih 100m<sup>3</sup> betona
- za konstruktivne elemente koji su značajni za sigurnost minimalno jedan uzorak bez obzira na količinu

Kontrolni uzorci moraju biti sukladni HRN EN 12390-1, izrađeni i njegovani sukladno HRN EN 12350-1 I HRN EN 12390-2. Uzorci se moraju označavati na jasan i nedvosmislen način. Podaci se moraju unositi u tiskanice za kontrolu kvalitete betona koje trebaju supotpisati predstavnik izvođača radova i predstavnik ovlaštenog ispitivača uzoraka. Izvođač je dužan pribaviti od proizvođača Izjavu o sukladnosti za isporučeni projektirani beton, Potvrdu o tvorničkoj kontroli proizvodnje i kontroliranoj dopremi betona. Ovisno o složenosti konstrukcije i razredu nadzora, izvođač imenuje odgovornu osobu koja provodi unutarnji nadzor. Osoba mora imati imenovanje te zadovoljavati zahtjeve stručnosti, iskustva i nepristranosti. Zaduženja imenovane osobe je prikupiti dokumentaciju kvalitete i kontrole izvedbe betonske konstrukcije:

- izvore materijala, potvrde o sukladnosti i dobavljačeve izjave o sukladnosti
- način provedbe promjena u izvedbi pojedinih radova
- pisane postupke svih aktivnosti izvođenja betonske konstrukcije
- plan kvalitete i nadzora izvođenja betonske konstrukcije
- opis i način otkaljanja nesukladnosti i poduzete popravne radnje
- zapise o promjenama u projektnoj specifikaciji
- zapise o kontroli geometrijskih odstupanja.

### 3.6.2. Kontrola očvrslog betona

Dokazna tlačna čvrstoća očvrslog betona i to najmanja karakteristična čvrstoća za kocku iz zidova je  $f_{ck,koc}=30 \text{ N/mm}^2$ , a iz podzemnih konstrukcija (temelji, temeljna ploča I nadozid) je  $f_{ck,koc}=40 \text{ N/mm}^2$ . Ostala specificirana svojstva očvrslog betona (vodonepropusnost, vlačna čvrstoća, posebni tip cementa ili agregata i sl... nije potrebno dokazivati). Obzirom da se radi o tipu proizvodnje betona nazvanog Projektirani beton te da je proizvođač odgovoran za isporuku betona zadanih svojstava on preuzima i odgovornost za zadovoljavanje normi proizvodnje i kontrole proizvedenog betona, te zahtjeva za izbor sastavnih materijala za proizvodnju betona. Iz tog razloga se u ovom projektu ne navode norme za sastav, specifikacije i kriterije sukladnosti cementa, agregata i vode.

### 3.7. Dužnost 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 provjeriti tu kontrolu stručnim organizacijama koju su za to upisane u sudski registar. Ugrađivati 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 redosljedju 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 proizvoda 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 armature 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 ispućenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

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

Žičane spojnice za pridržavanje oplate ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive. Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet.

Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prianjanja za beton premazom vapnom. Skidanje oplate se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema

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

Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski. Ako to traži nadzorni inženjer, vanjska skela, s vanjske strane, treba biti prekrivena tršćanim ili lanenim pletivom kako bi se uz općenitu zaštitu osigurala i kvalitetnija izvedba i zaštita fasadnog lica.

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

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplate vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, 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. Prilikom isporuke betona na gradilište dostavljač betona je dužan isporučiti dostavnicu koja mora sadržavati sljedeće podatke:

- ime tvornice betona
- serijski broj otpremnice
- datum i vrijeme utovara, tj vrijeme prvog miješanja cementa i vode
- broj ili identifikaciju vozila
- ime kupca i lokaciju gradilišta
- količinu dostavljenog betona u m<sup>3</sup>
- deklaracije sukladnosti s referencama prema uvjetima kvalitete i prema EN 206-1
- ime i znak certifikacijskog tijela ako je relevantno
- vrijeme u koje je beton stigao na gradilište
- vrijeme početka istovara
- vrijeme kraja istovara

U dodatku otpremnice trebaju biti sadržani podaci o razredu čvrstoće, izloženosti, sadržaju klorida, konzistenciji, specijalna svojstva, maksimalno zrno agregata.

### 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. Redosljed 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. Obveze izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku. Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se otkloniti sa gradilišta.

Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koji se u toku garantnog roka pojave.

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



## 5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propis iz tog područja je: Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike: Pravilnik o vrstama otpada, Pravilnik o postupanju s otpadom, itd. Prema navedenom zakonu građevni otpad spada u inertni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

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

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

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

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

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

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

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

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

Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad:

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

Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad:

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

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

Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, 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 Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17) i pripadajućim normama.

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.

Norme za ispitivanje i održavanje građevina:

<b>HRN ENV 13269</b>	Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju
<b>HRN EN 13306</b>	Nazivlje u održavanju
<b>HRN ENV 13670-1:2002</b>	Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)
<b>HRN U.M1.047:1987</b>	Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma
<b>HRN EN 4866:1999</b>	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)
<b>prEN 13791:2003</b>	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima
<b>HRN ISO 15686-1:2002</b>	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)
<b>HRN ISO 15686-2:2002</b>	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)
<b>HRN ISO 15686-3:2004</b>	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)
<b>HRN 12504-1:2000</b>	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)
<b>HRN 12504-2:2001</b>	Svojstva betona u konstrukcijama – 2.dio: Nerozorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)
<b>nHRN EN 12504-3</b>	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)
<b>HRN EN 12504-4:2004</b>	Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog

Očekivani vijek trajanja građevina 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 priložima.

Ploče su označavane velikim slovom P (P000, P100, ...)i pripadajućim brojem, grede su označavane velikim slovom G (G101, G102, ...) i pripadajućim brojem.

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

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom “ Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021”. 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.

## 8. ANALIZA OPTEREĆENJA

Sva opterećenja uzeta prema:

**HRN ENV 1991-1** Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1.dio: Osnove projektiranja (ENV 1991-1:1994)

**HRN ENV 1991-2-1** 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** 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)

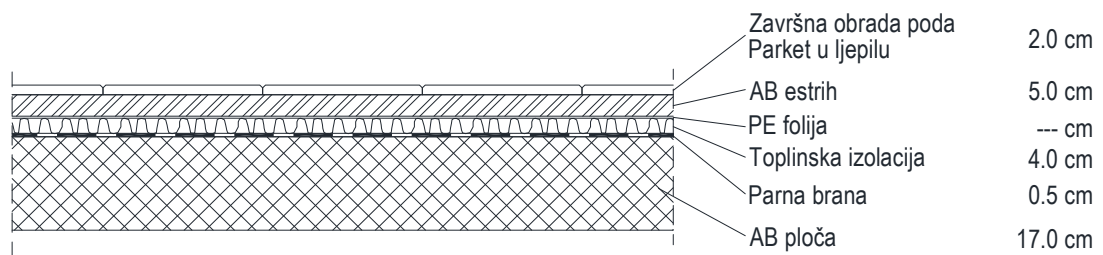
**HRN ENV 1998-1-1:2005** Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-1. dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije (ENV 1998-1-1:1994)

## 8.1. Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021.

## 8.2. Stalno opterećenje

### 8.2.1. Međukatna konstrukcija - POZ 200, POZ 300 i POZ 400

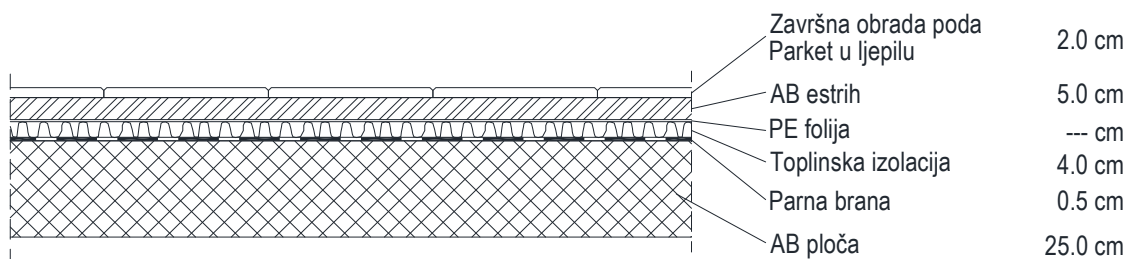


Slika 8.1. Slojevi poda međukatne konstrukcije

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$
Pregrade			1.00
Završna obrada poda – parket	0.02	12.0	0.24
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Toplinska izolacija	0.04	5.0	0.20
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $g = 2.8$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 8.2.2. Međukatna konstrukcija - POZ 100

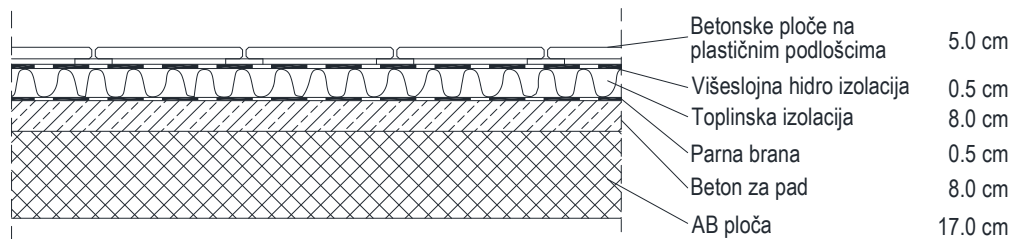


Slika 8.2. Slojevi poda međukatne konstrukcije

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$
Pregrade			1.00
Završna obrada poda – parket	0.02	12.0	0.24
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Toplinska izolacija	0.04	5.0	0.20
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $g = 2.8$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 8.2.3. Krovna konstrukcija



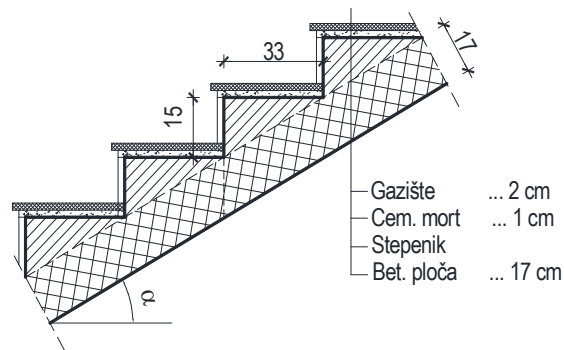
Slika 8.3. Slojevi ravnog krova

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$
Betonske ploče na plastičnim podloščima	0.05	25.0	1.25
Hidroizolacija + parna brana	0.01	20.0	0.20
Toplinska izolacija	0.08	5.0	0.40
Beton za pad	0.08	24.0	1.92

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $g = 3.8$  (kN/m<sup>2</sup>)



### 8.2.4. Stubište



Slika 8.4. Slojevi stubišta

	$d$ (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$
Završna obrada gazišta – kamena ploča	0.02	28.0	0.56
Cementni namaz (max. 1.0 cm)	0.01	20.0	0.20
Stuba	0.085	24.0	2.04

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{st} = 2.8$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 8.3. Promjenjivo 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:  $q=1.0$  kN/ m<sup>2</sup>
- Stambeni prostor (A):  $q=2.0$  kN/ m<sup>2</sup>
- Stubišta (A) i poslovni prostor (B):  $q=3.0$  kN/ m<sup>2</sup>
- Balkoni:  $q = 4.0$  kN/m<sup>2</sup>

## 8.4. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom na krovove (gravitacijsko opterećenje) definira se izrazom:

$$s = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k [\text{kN/m}^2]$$

gdje je:

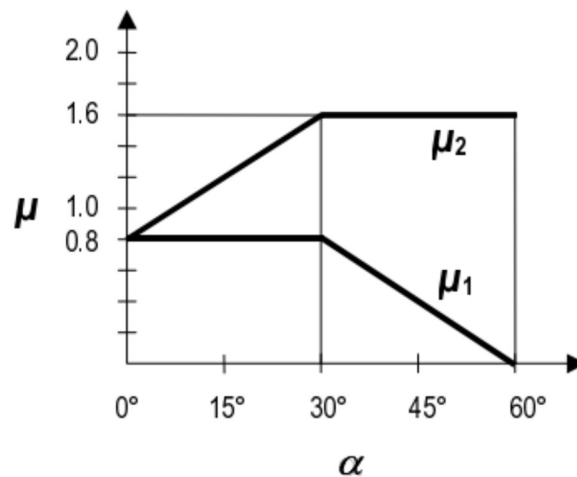
$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom prema tipu i nagibu krova

$c_e$  - koeficijent izloženosti, uzima u obzir uvjete puhanja vjetra (obično se uzima 1.0)

$c_t$  - toplinski koeficijent, uzima u obzir utjecaj snijega uslijed topljenja (obično se uzima 1.0)

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja snijegom prema geografskoj lokaciji i nadmorskoj visini

Utjecaj geometrije krova uzet je u obzir s koeficijentom oblika opterećenja snijegom,  $\mu$ , u ovisnosti o nagibu krova.



Slika 8.5. Dijagram za određivanje koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu u ovisnosti o kutu  $\alpha$

Za ravni krov očitano:  $\mu_i = 0.8$



Tablica 6. Karakteristična opterećenja snijegom ( $s_k$ ) u zonama na različitim nadmorskim visinama

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	
700	2,63	3,68	3,30	
800	2,94	4,26	3,95	
900	3,26	4,88	4,65	
1000	3,60	5,55	5,40	
1100	3,94	6,26	6,20	
1200	4,31	7,01	7,05	
1300		7,80	7,95	
1400		8,63	8,90	
1500		9,50	9,90	
1600		10,42	10,94	
1700		11,38	12,04	

Slika 8.6. Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom  $s_k$  (kN/m<sup>2</sup>)

Za grad Split, zona III, nadmorske visine do 100 m, za potrebe proračuna očitano:

$$s_k = 0.45 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Opterećenje snijegom:

$$s = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.45 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

Napomena: Opterećenje krova snijegom uzeto je u obzir u sklopu pokretnog opterećenja na krovu (snijeg+vjetar) u iznosu od 1.0 kN/m<sup>2</sup>.

## 8.5. Djelovanje vjetra

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  je karakteristična 10-minutna srednja brzina vjetra, neovisno

o smjeru vjetra i dobu godine, 10 m iznad tla na otvorenom terenu u prirodi s niskim raslinjem, primjerice travom, i osamljenim preprekama na razmaku najmanje 20 visina prepreke.

Osnovna brzina vjetra mora se proračunati iz izraza:

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

gdje je:

$v_b$  - osnovna brzina vjetra, određena kao funkcija smjera vjetra i doba godine, 10 m iznad tla koje pripada kategoriji terena II

$v_{b,0}$  - temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra (očitava se iz karte)

$c_{dir}$  - faktor smjera vjetra (Preporučena vrijednost je 1.0)

$c_{season}$  - faktor godišnjeg doba (Preporučena vrijednost je 1.0)



Slika 8.7. Karta osnovnih brzina vjetra  $v_{b,0}$

Očitano iz karte:

$$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 30.00 = 30.00 \text{ m/s}$$

Srednja brzina vjetra  $v_m(z)$  na visini  $z$  iznad terena ovisi o hrapavosti terena i vertikalnoj razvedenosti i osnovnoj brzini vjetra,  $v_b$  i treba je odrediti upotrebljavajući izraz:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

Gdje je:

$c_r(z)$  - faktor hrapavosti

$c_o(z)$  – factor vertikalne razvedenosti (vrijednost mu je 1,0 ako nije drugačije definirano)

Prema nacionalnom dodatku  $c_{r(z)}$  određujemo na sljedeći način:

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Gdje je:

$z_0$  - duljina hrapavosti

$k_r$  - faktor terena ovisan o duljini hrapavosti  $z_0$  koja je preporučena izrazom

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

Kategorija terena		$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

NAPOMENA: Kategorije terena prikazane su na slikama u točki A.1.

Slika 8.8. Parametri vjetrovnog opterećenja ovisno o kategoriji terena

Za promatrano područje slijedi:

$$k_r = 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0.19 \cdot \left( \frac{1.00}{0.05} \right)^{0,07} = 0.234$$

Intenzitet turbulencije  $I_{v(z)}$  na visini  $z$  određen je kao standardna devijacija turbulencije podijeljena sa srednjom brzinom vjetra.

Preporučena pravila za izračunavanje dana su izrazom:

$$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

gdje je:

$k_I$  - faktor turbulencije (preporučena vrijednost je 1.0)

$c_0(z)$  - faktor vertikalne razvedenosti terena

$$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{11.20}{1.0}\right)} = 0.414$$

- **Tlak pri vršnoj brzini**

Treba odrediti tlak pri vršnoj brzini  $q_{p(z)}$  na visini  $z$ , koji obuhvaća srednje i kratkotrajne promjene brzine, prema izrazu:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

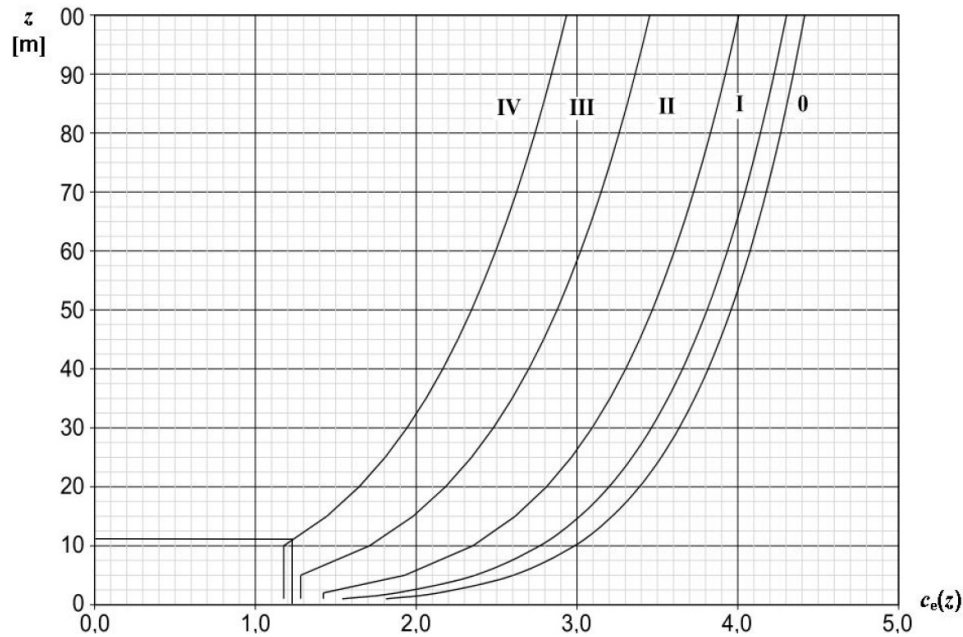
gdje je:

$\rho$  – gustoća zraka koja ovisi o nadmorskoj visini, temperature i atmosferskom tlaku koji se očekuju u području tijekom oluja (preporučena vrijednost je  $1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

$c_e(z)$  – factor izloženosti

$q_b$  – tlak pri osnovnoj brzini, dan izrazom:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$



8.9. Grafički prikaz faktora izloženosti

Očitano:

$$c_e(z) = 1.22$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 30^2 = 562.5 \text{ N/m}^2 = 0.56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{p(z)} = c_e(z) \cdot q_b = 1.22 \cdot 0.56 = 0.68 \text{ kN/m}^2$$

- **Djelovanje vjetra**

Djelovanja vjetra na konstrukcije i konstrukcijske elemente moraju se odrediti uzimajući u obzir i vanjski i unutarnji tlak vjetra.

Tlak vjetra koji djeluje na vanjske površine,  $w_e$ , treba odrediti iz izraza

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

gdje je:

$q_p(z_e)$  - tlak pri vršnoj brzini

$z_e$  - referentna visina za vanjski tlak

$c_{pe}$  - koeficijent tlaka za vanjski tlak

Tlak vjetra koji djeluje na unutarnje površine,  $w_i$ , treba odrediti iz izraza

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

gdje je:

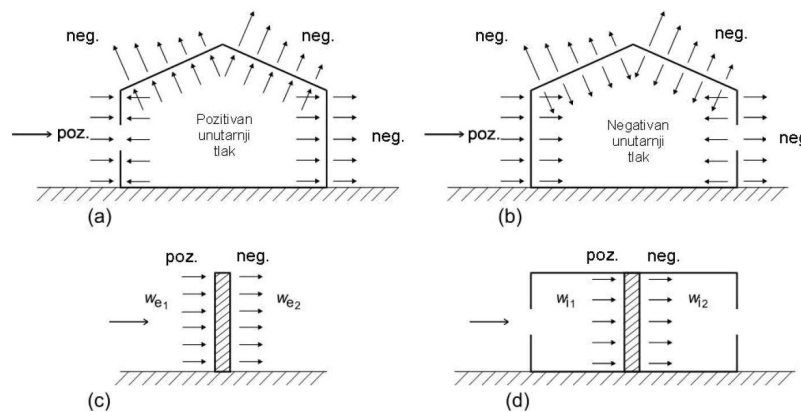
$q_p(z_e)$  - tlak pri vršnoj brzini

$z_e$  - referentna visina za unutarnji tlak

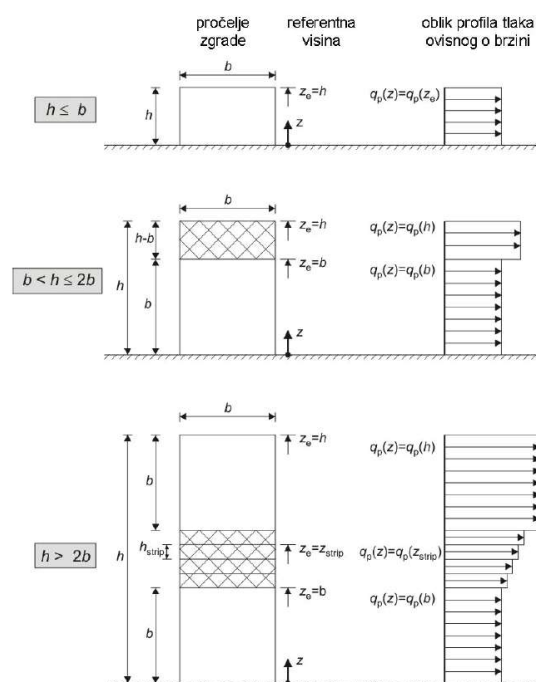
$c_{pe}$  - koeficijent tlaka za unutarnji tlak

Neto tlak na zid, krov ili element razlika je tlakova na suprotnim površinama uzimajući u obzir njihove

predznake. Tlak usmjeren prema površini uzima se kao pozitivan, a usisavanje, usmjereno od površine, kao negativno.



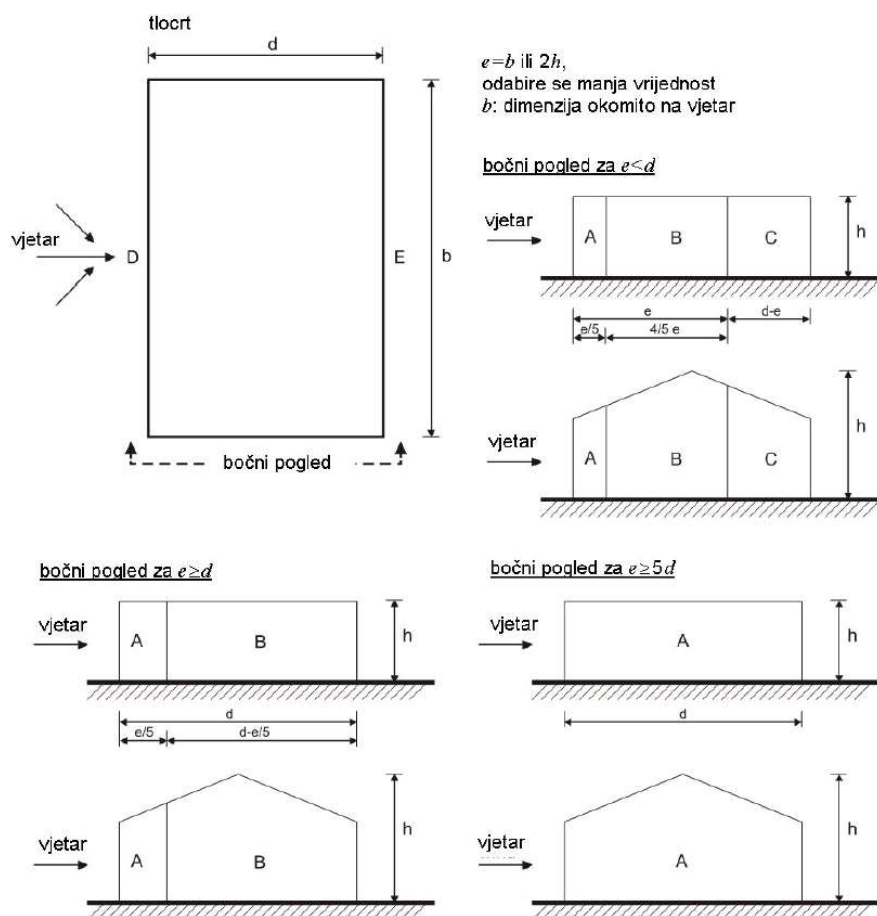
Slika 8.20. Tlak na površine



Slika 8.11. Referentna visina



Za promatrani slučaj mjerodavan je odnos  $h \leq b$ .



Slika 8.12. Prikaz vjetrovnih polja

Tablica 8.1. Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

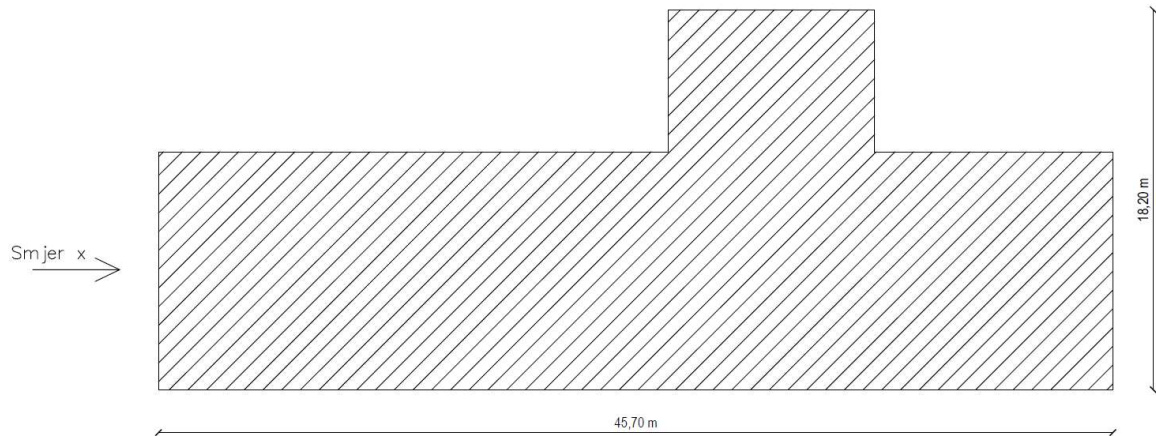
Područje	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

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

$$c_{pi,max} = +0.8$$

$$c_{pi,min} = -0.5$$

### 8.5.1. Proračun vjetra u x smjeru



Slika 8.13. Dimenzije zgrade okomito i u smjeru djelovanja vjetra

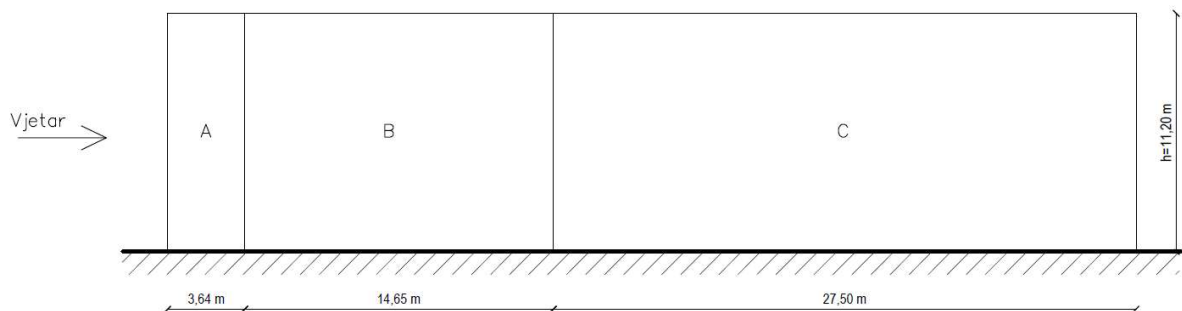
$h = 11.20 \text{ m} \rightarrow$  mjerodavna visina zgrade

$b = 18.20 \text{ m} \rightarrow$  dimenzija zgrade okomito na smjer vjetra

$d = 45.70 \text{ m} \rightarrow$  dimenzija zgrade u smjeru djelovanja vjetra

Za  $e$  odabire se manja vrijednost između  $b$  ili  $2h$ .

Za vjetar iz smjera  $x$ :  $e = b = 18.20 \text{ m} \rightarrow$  vjetrovne zone **A, B, C, D, E**



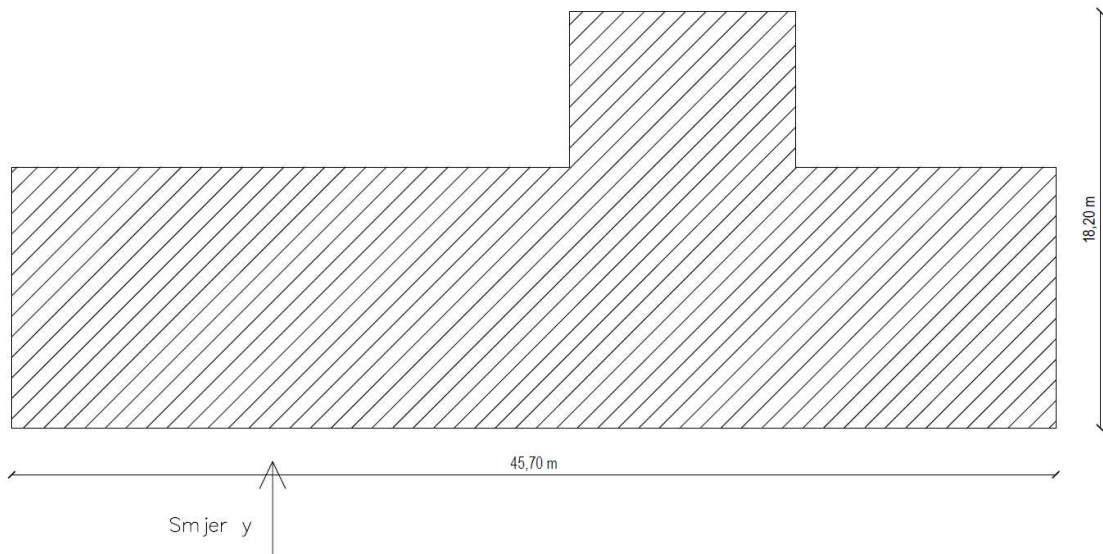
Slika 8.14. Vjetrovne zone za smjer  $x$

Za odnos  $\frac{h}{d} = \frac{11.20}{4.70} = 0.25$  vrijedi:

Tablica 8.2. Mjerodavno djelovanje vjetra za smjer x

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$c_{p,10}$	-1.20	-0.80	-0.50	+0.70	-0.30
$c_{pi,max}$	+0.80	+0.80	+0.80	+0.80	+0.80
$c_{pi,min}$	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
$w_e$ (kN/m <sup>2</sup> )	-0.82	-0.54	-0.34	+0.48	-0.20
$w_{i,max}$ (kN/m <sup>2</sup> )	+0.54	+0.54	+0.54	+0.54	+0.54
$w_{i,min}$ (kN/m <sup>2</sup> )	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34
<b><math>w_{ekv}</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>-1.36</b>	<b>-1.08</b>	<b>-0.88</b>	<b>0.82</b>	<b>-0.74</b>

### 8.5.2. Proračun vjetra u y smjeru



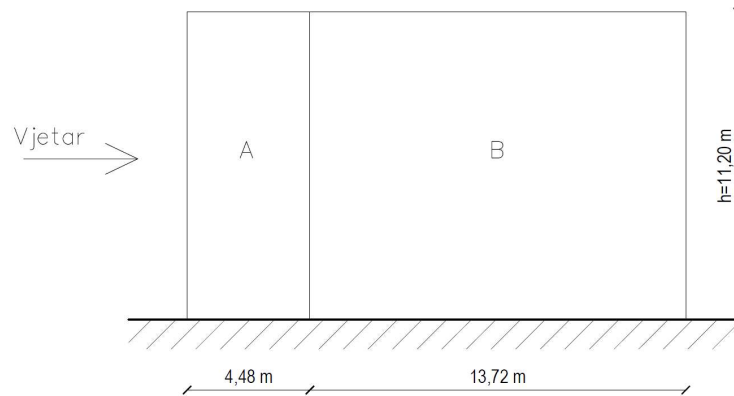
Slika 8.15. Dimenzije zgrade okomito i u smjeru djelovanja vjetra

$h = 11.20$  m → mjerodavna visina zgrade

$b = 45.70$  m → dimenzija zgrade okomito na smjer vjetra

$d = 18.20$  m → dimenzija zgrade u smjeru djelovanja vjetra

Za vjetar iz smjera y:  $e = h \cdot 2 = 22.40 \text{ m} \rightarrow$  vjetrovne zone **A, B, D, E**



Slika 8.16. Vjetrovne zone za smjer y

Za odnos  $\frac{h}{d} = \frac{11,20}{18,20} = 0.62$  vrijedi (vrijednosti su linearno interpolirane):

Tablica 8.3. Mjerodavno djelovanje vjetra za smjer y

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
$c_{p,10}$	-1.20	-0.80	+0.75	-0.40
$c_{pi,max}$	+0.80	+0.80	+0.80	+0.80
$c_{pi,min}$	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
$w_e \text{ (kN/m}^2\text{)}$	-0.82	-0.54	+0.51	-0.27
$w_{i,max} \text{ (kN/m}^2\text{)}$	+0.54	+0.54	+0.54	+0.54
$w_{i,min} \text{ (kN/m}^2\text{)}$	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34
<b><math>w_{ekv} \text{ (kN/m}^2\text{)}</math></b>	<b>-1.36</b>	<b>-1.08</b>	<b>+0.85</b>	<b>-0.61</b>

## 8.6. Izvanredno opterećenje

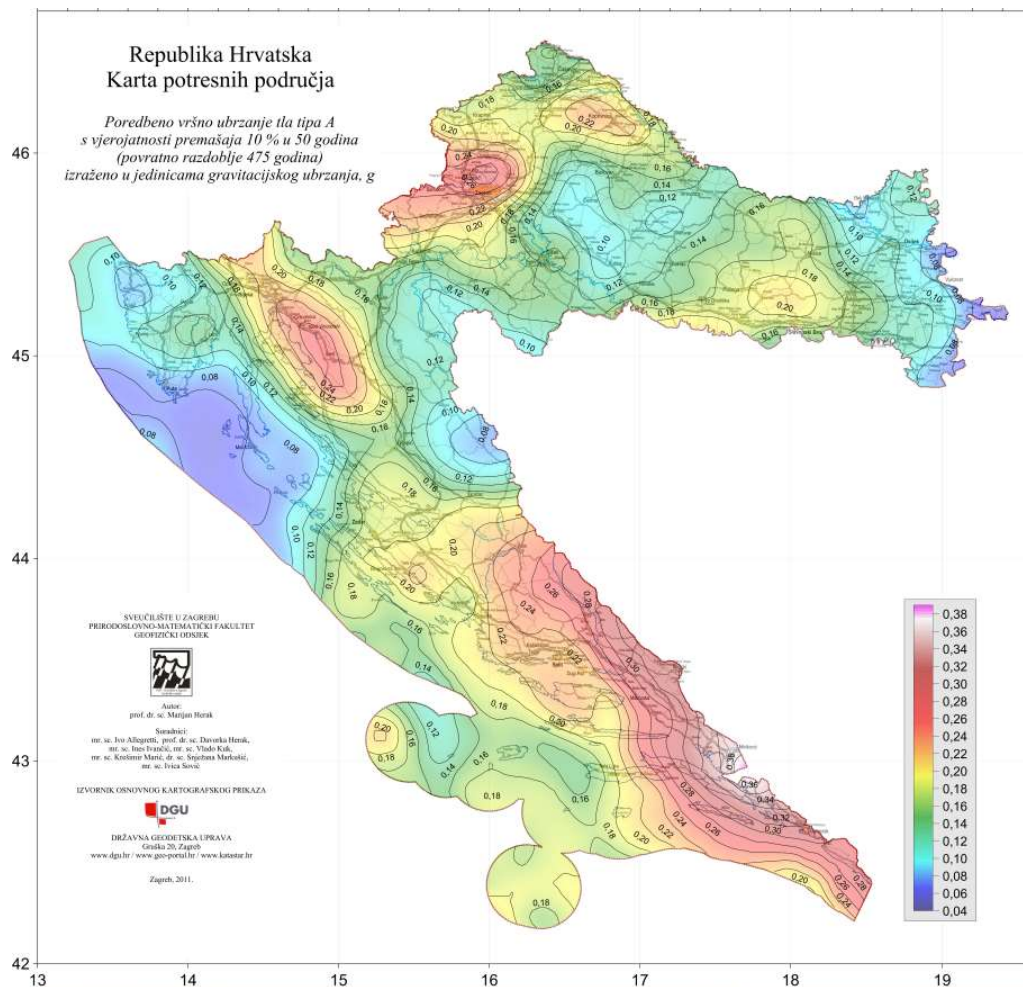
Proračun potresnog opterećenja napravljen je koristeći prostorni model konstrukcije u računalnom programu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021. Potresne sile određene su koristeći višemodalnu (spektralnu) analizu prema EC-8. Potresne sile uvelike ovise o unesenim parametrima kao što su 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 trošenja energije. Taj kapacitet ovisi o duktilnosti konstrukcije tj njenih elemenata. Duktilnije konstrukcije imaju veći kapacitet trošenja energije i smanjenja potresnog utjecaja. To smanjenje potresnih sila radi se na način da se elastični spektar odziva umanju odgovarajućim koeficijentom koji se naziva faktor ponašanja. Faktor ponašanja predstavlja omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njen odziv u cijelosti bio elastičan u odnosu na potresne sile koje se bi se pojavile na promatranoj konstrukciji. U nastavku su razrađene vrijednosti svih parametara mjerodavnih za potresni proračun koji su korišteni u analizi pomoću računalnog programa.

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

Za područje grada Splita  $a_{gR} = 0.22g \approx 2.2 \text{ m/s}^2$



Slika 8.17. Seizmička karta Republike Hrvatske



Slika 8.18. Prikaz parametara za predmetnu lokaciju

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

Tablica 8.4. Faktor tla u ovisnosti o klasi tla

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

Proračun faktora ponašanja ovisi o vrsti i tipu konstrukcije. Pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja konstrukcije te sustav povezanih zidova.

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \text{ za klasu DCM}$$

gdje je:

$q_0$  –osnovni faktor ponašanja

$k_w$  –faktor prevladavajućeg sloma

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_0}{\alpha_1}$$

$$k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3}, \quad k_w = 1.0$$

Tablica 8.5. Osnovna vrijednost faktora ponašanja  $q_0$

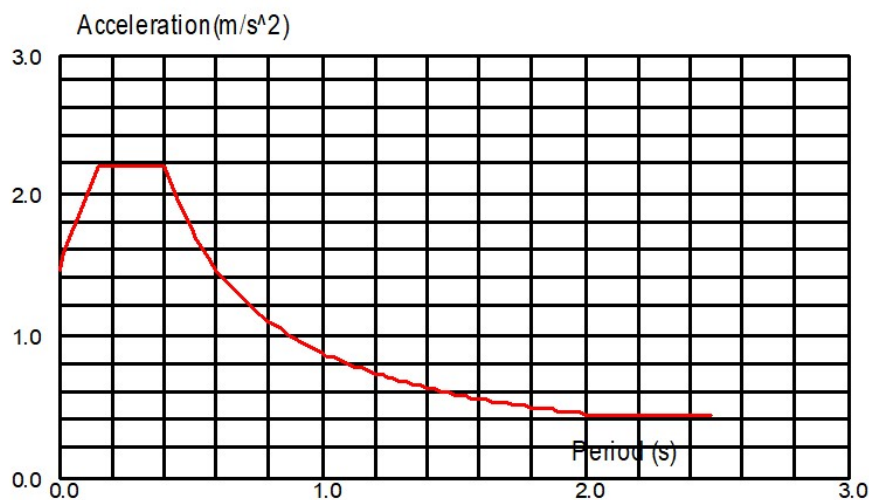
Structural type	DCM	DCH
Frame system, dual system, coupled wall system	$3.0\alpha_u/\alpha_1$	$4.5\alpha_u/\alpha_1$
Uncoupled wall system	3.0	$4.0\alpha_u/\alpha_1$
Torsionally flexible system	2.0	3.0
Inverted pendulum system	1.5	2.0

$$q = q_0 \cdot k_w = 2.5$$

The screenshot shows a software interface for defining seismic analysis parameters. The main parameters are:

- ag:** 2,200000 (m/s<sup>2</sup>)
- Ground type:** A (selected), B, C, D, E, Envelope
- Spectrum:** Design (selected), Elastic
- Direction:** Horizontal (selected), Vertical
- Spectrum type:** type 1 (selected), type 2
- Behavior factor:** 2,50000
- Buttons:** Parameters, Eccentricity definition, Direction definition, Filters, Residual mode

Slika 8.19. Ulazni podaci za proračun na potres



Slika 8.20. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke

Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja). Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 20 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru.

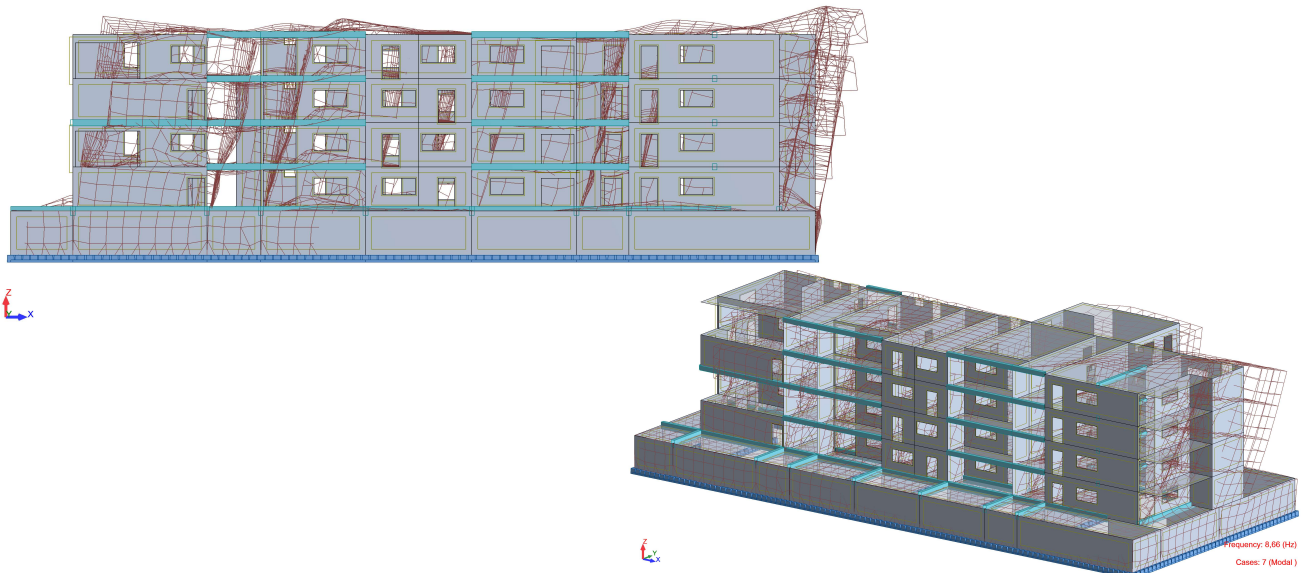
Po dovršenoj modalnoj analizi napravljen je i linearni proračun za potresne kombinacije djelovanja na temelju čijih su rezultata dobivene mjerodavne sile za dimenzioniranje vertikalnih elemenata konstrukcije (zidova i stupova).



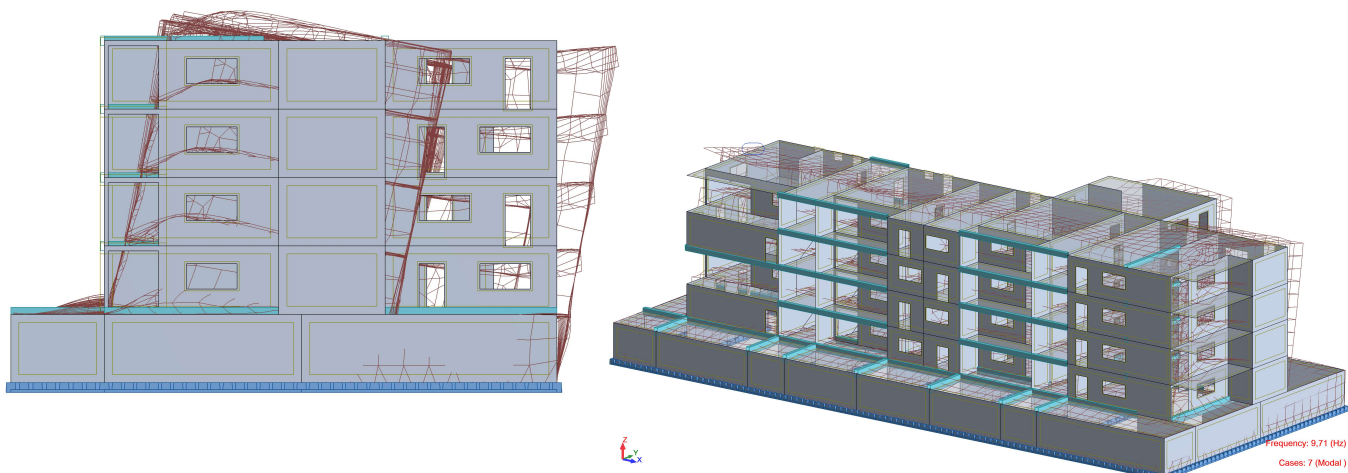
Tablica 8.6. Prikaz aktivacije mase pri potresnom djelovanju

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
7/ 1	8.74	0.11	43.99	2.25	0.0	43.99	2.25	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 2	9.79	0.10	45.95	67.07	0.0	1.96	64.82	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 3	11.44	0.09	69.31	67.14	0.0	23.36	0.07	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 4	15.76	0.06	69.31	67.64	0.0	0.00	0.49	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 5	23.30	0.04	69.49	67.78	0.0	0.19	0.14	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 6	25.86	0.04	77.34	68.02	0.0	7.85	0.24	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 7	26.62	0.04	83.78	68.35	0.0	6.44	0.33	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 8	29.70	0.03	83.85	69.96	0.0	0.07	1.61	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 9	32.32	0.03	83.94	81.85	0.0	0.10	11.89	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 10	33.75	0.03	86.88	84.24	0.0	2.94	2.39	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 11	34.91	0.03	87.63	85.24	0.0	0.75	1.00	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 12	35.76	0.03	88.49	89.61	0.0	0.86	4.37	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 13	38.33	0.03	88.58	89.72	0.0	0.09	0.12	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 14	39.40	0.03	88.59	89.76	0.0	0.01	0.04	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 15	40.85	0.02	88.75	89.82	0.0	0.16	0.06	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 16	43.44	0.02	88.99	89.83	0.0	0.24	0.02	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 17	44.48	0.02	90.72	89.89	0.0	1.73	0.06	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 18	45.59	0.02	90.76	90.01	0.0	0.04	0.12	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 19	46.54	0.02	91.16	90.01	0.0	0.41	0.00	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0
7/ 20	48.46	0.02	91.48	90.02	0.0	0.32	0.01	0.0	4862888.18	4862888.18	0.0

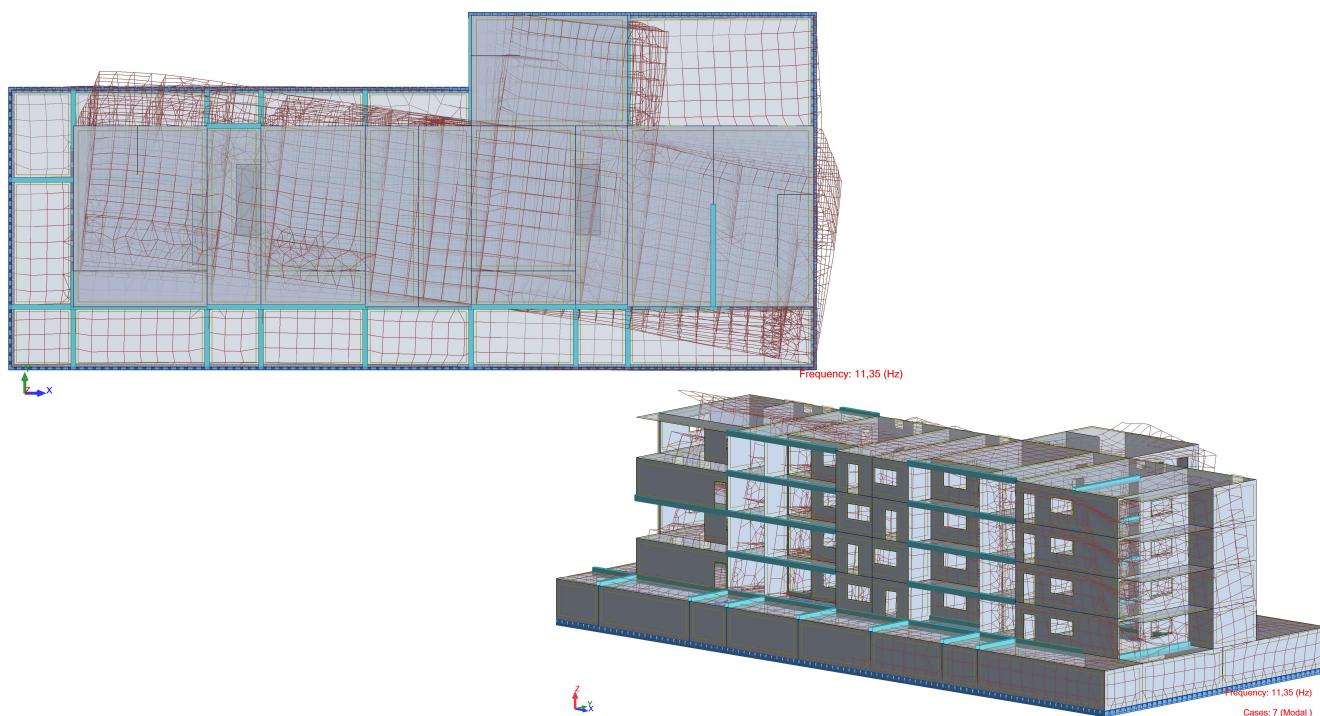
Na sljedećim grafičkim priložima prikazano je nekoliko karakterističnih vlastitih oblika (modova), nastalih uslijed djelovanja potresa.



Slika 8.21. Prvi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju



Slika 8.22. Drugi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju



Slika 8.23. Treći vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju

## 9. NUMERIČKI MODEL

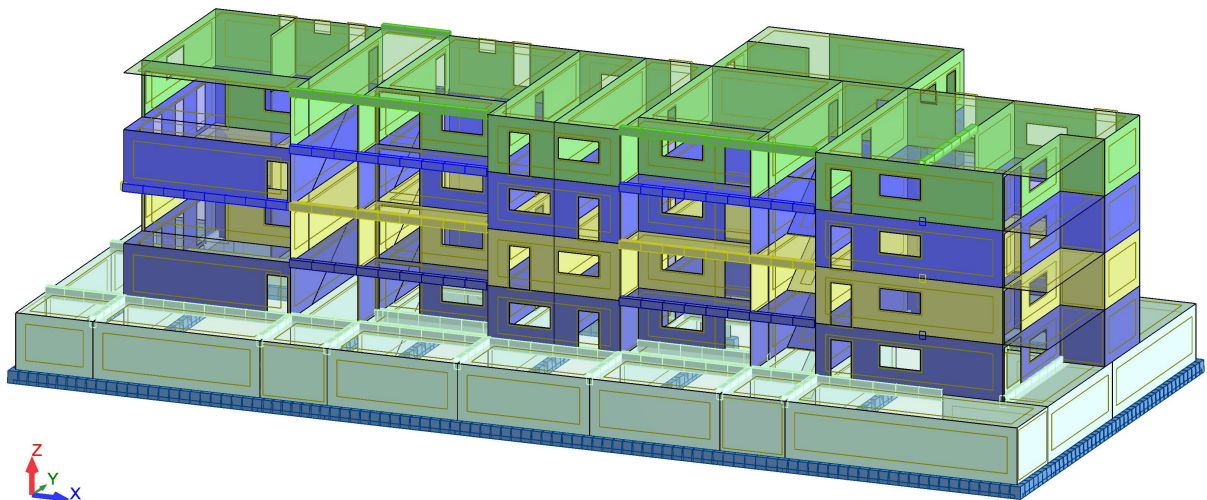
### 9.1. Modeliranje

Za proračun ovog objekta napravljen je 3D model konstrukcije koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploča i zidova) te štapnih 1D elemenata (greda). Numerički model izrađen je u računalnom programu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021.

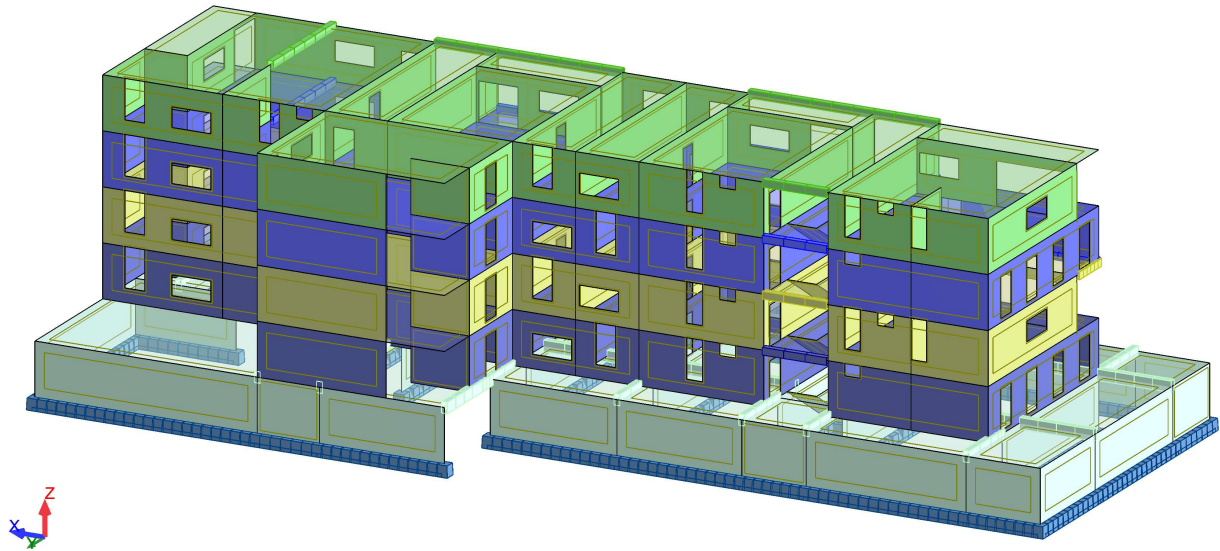
Za vertikalna opterećenja izrađeni su 2D modeli koji služe za dimenzioniranje ploča i greda. Za horizontalna opterećenja izrađen je 3D model koji služi za dimenzioniranje zidova, stubišta i temelja.

Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije), dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije i nadozidi), korisnim opterećenjem, snijegom, vjetrom u dva glavna smjera te seizmičkim opterećenjem u dva glavna smjera. Sva opterećenja, osim seizmičkog koje je generirano kroz računalni program, zadana su kao raspodijeljena opterećenja po pločama.

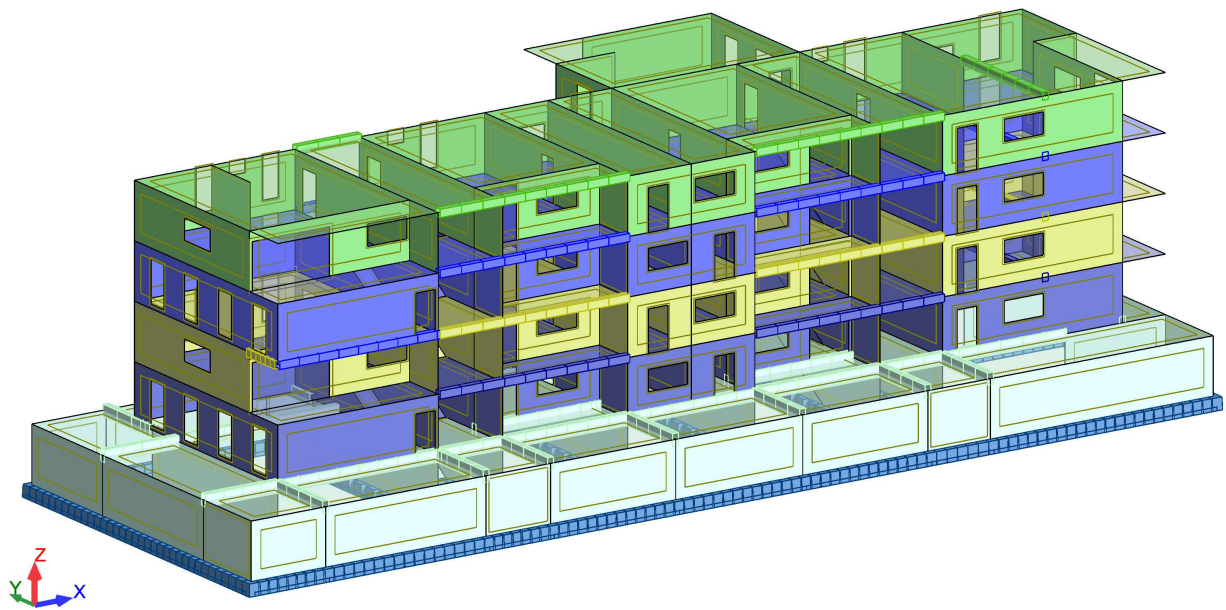
Za potrebe analize na potres izvršena je višemodalna spektralna analiza. Rezultati numeričkog proračuna prikazani su za pojedinačne slučajeve opterećenja, kao i za računsko (granično, ultimativno) opterećenje.



Slika 9.1. 3D model promatranog objekta (1)

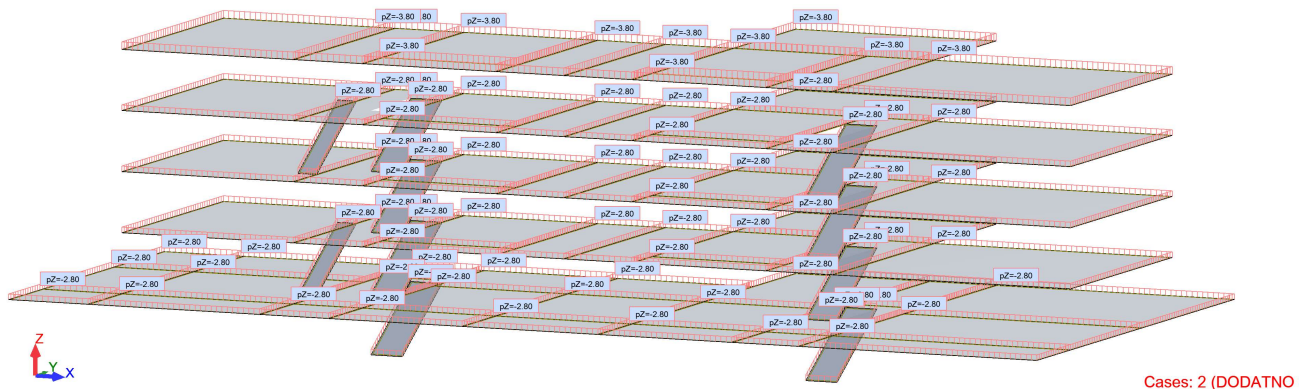


*Slika 9.2. 3D model promatranog objekta (2)*

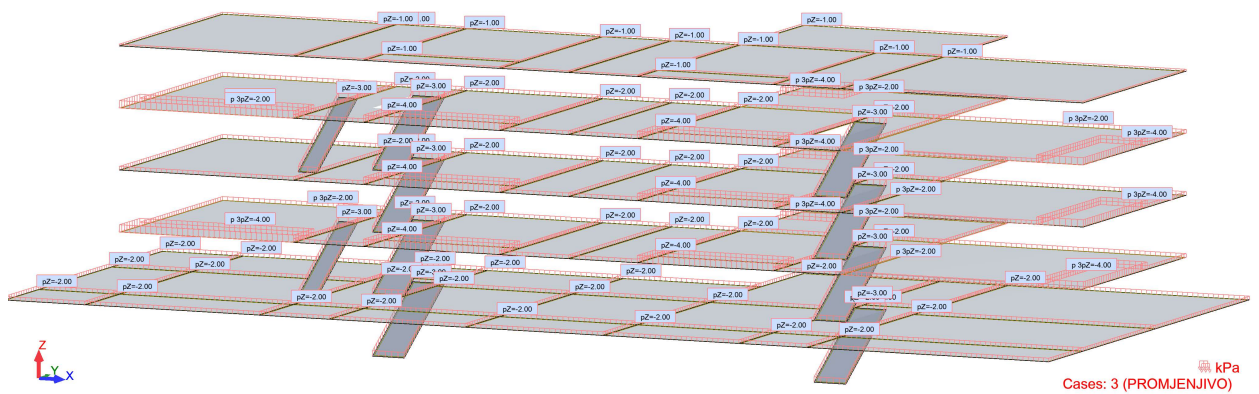


*Slika 9.3. 3D model promatranog objekta (3)*

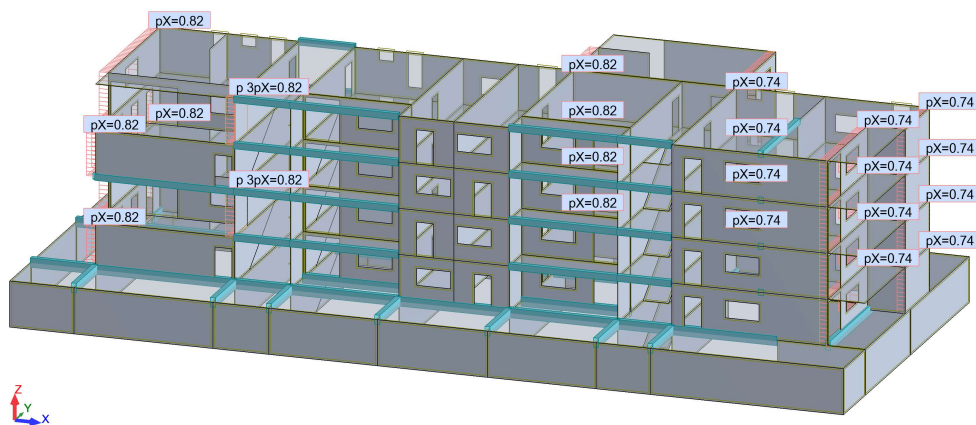
## 9.2. Kombinacije opterećenja



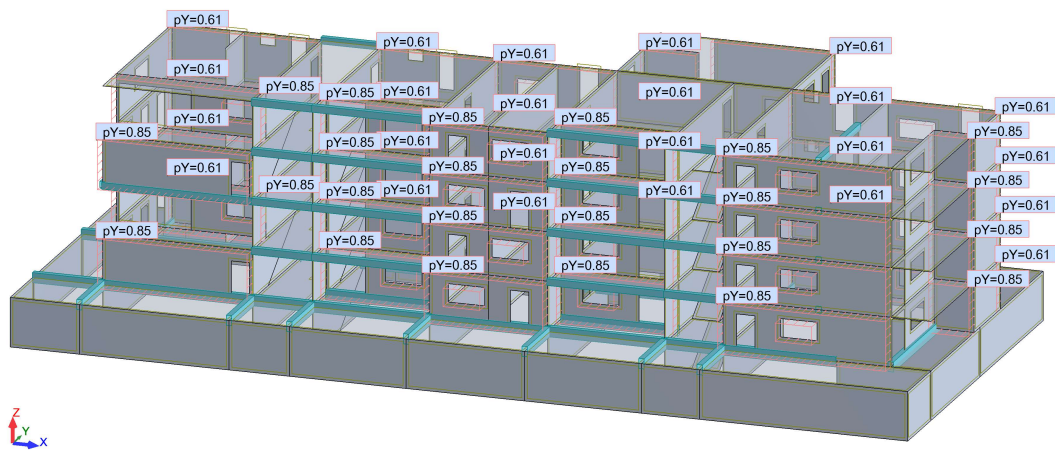
Slika 9.4. Dodatno stalno opterećenje konstrukcije



Slika 9.5. Korisno (promjenjivo) opterećenje konstrukcije



Slika 9.6. Opterećenje vjetrom  $W_x$

Slika 9.7. Opterećenje vjetrom  $W_y$ 

### 9.2.1. Granično stanje uporabljivosti

$$\text{GSU 1: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k$$

$$\text{GSU 2: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k + 1.0 \cdot W_x + 1.0 \cdot S$$

$$\text{GSU 3: } 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.0 \cdot Q_k + 1.0 \cdot W_y + 1.0 \cdot S$$

### 9.2.2. Granično stanje nosivosti

Uobičajene kombinacije djelovanja:

$$\text{GSN 1: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k$$

$$\text{GSN 2: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k$$

$$\text{GSN 3: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (1.2 \cdot Q_k + W_x + S)$$

$$\text{GSN 4: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (Q_k + W_x + S)$$

$$\text{GSN 5: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (1.2 \cdot Q_k + W_y + S)$$

$$\text{GSN 6: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.35 \cdot (Q_k + W_y + S)$$

$$\text{GSN 7: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 8: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 9: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 10: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot Q_k + 0.6 \cdot (1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot S)$$

$$\text{GSN 11: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 12: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 13: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot 1.2 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 14: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 1.5 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + 0.6 \cdot S)$$

$$\text{GSN 15: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot 1.2 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 16: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_x + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 17: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot 1.2 \cdot Q_k + S)$$

$$\text{GSN 18: } 1.35 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.6 \cdot W_y + 1.5 \cdot (0.7 \cdot Q_k + S)$$

Seizmičke kombinacije djelovanja:

$$\text{Potresno djelovanje } S_x: 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.5 \cdot Q_k + 1.0 \cdot S_x + 0.3 \cdot S_y$$

$$\text{Potresno djelovanje } S_y: 1.0 \cdot (G_k + \Delta G) + 0.5 \cdot Q_k + 1.0 \cdot S_y + 0.3 \cdot S_x$$

U potresnom opterećenju  $S_x$  je uključeno 30 % potresnog opterećenja iz suprotnog smjera, tj.  $y$  smjera. Isto vrijedi i za potresno opterećenje  $S_y$ .

Zidovi su armirano-betonski debljine 30 cm i modelirani su kao 2D plošni elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano - betonske ploče debljine 17 cm i 25 cm, modelirane kao 2D plošni elementi opterećeni okomito na svoju ravninu raspodijeljenim opterećenjem po  $m^2$  tj. dodatnim stalnim opterećenjem te korisnim opterećenjem. Svi konstruktivni elementi su klase betona C30/37.

## 10.DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

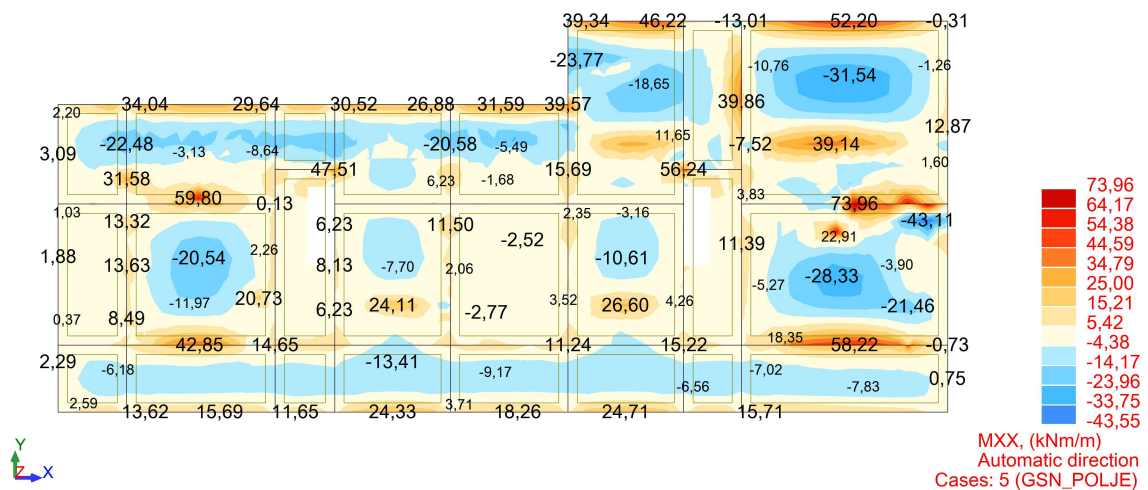
### 10.1. Proračun ploče POZ 100

#### 10.1.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN

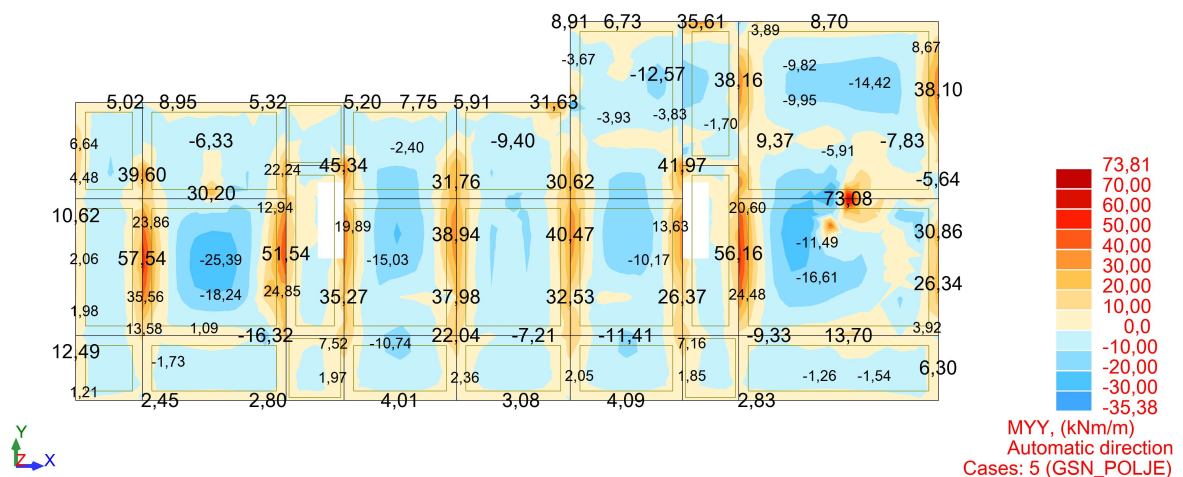
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

- Proračun u polju



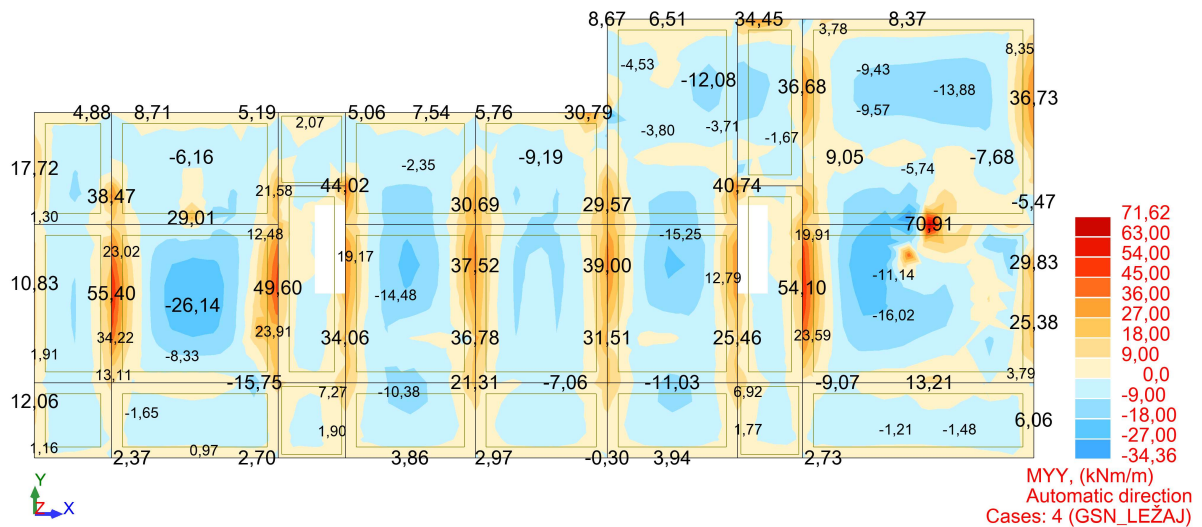
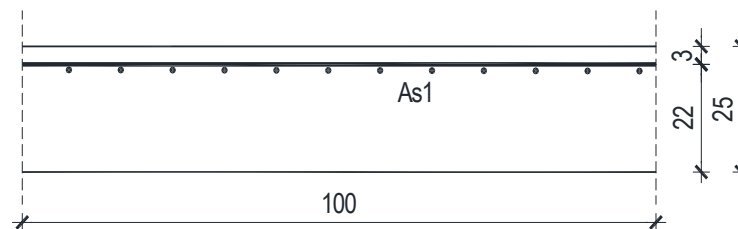
Slika 10.1. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.2. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']





Slika 10.5. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

Slika 10.6. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 72.41 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7241}{100 \cdot 22^2 \cdot 2.00} = 0.074$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.8\% \quad \zeta = 0.944$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7241}{0.959 \cdot 22 \cdot 43.48} = 7.81 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura:

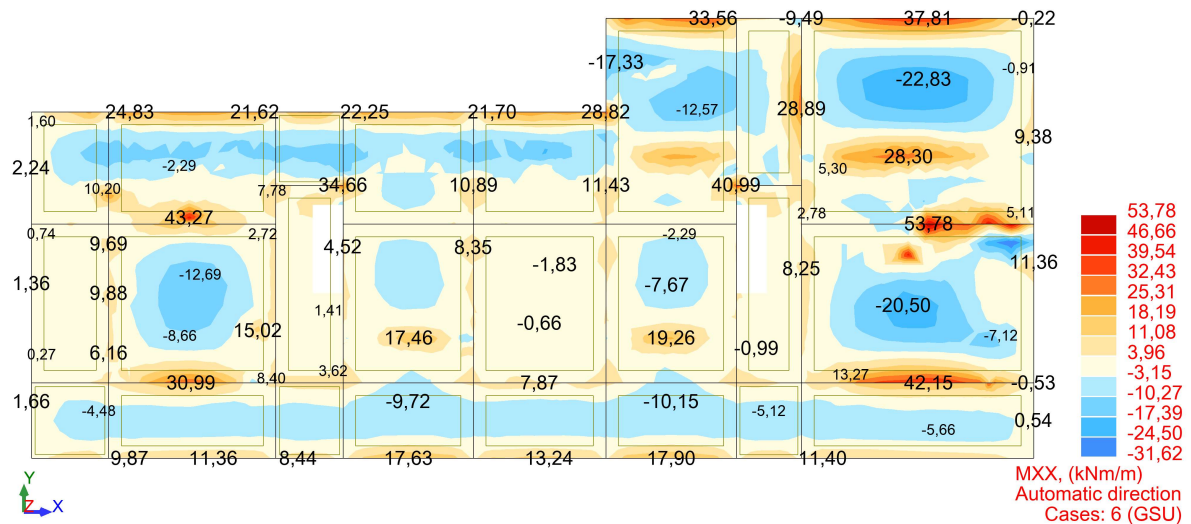
$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

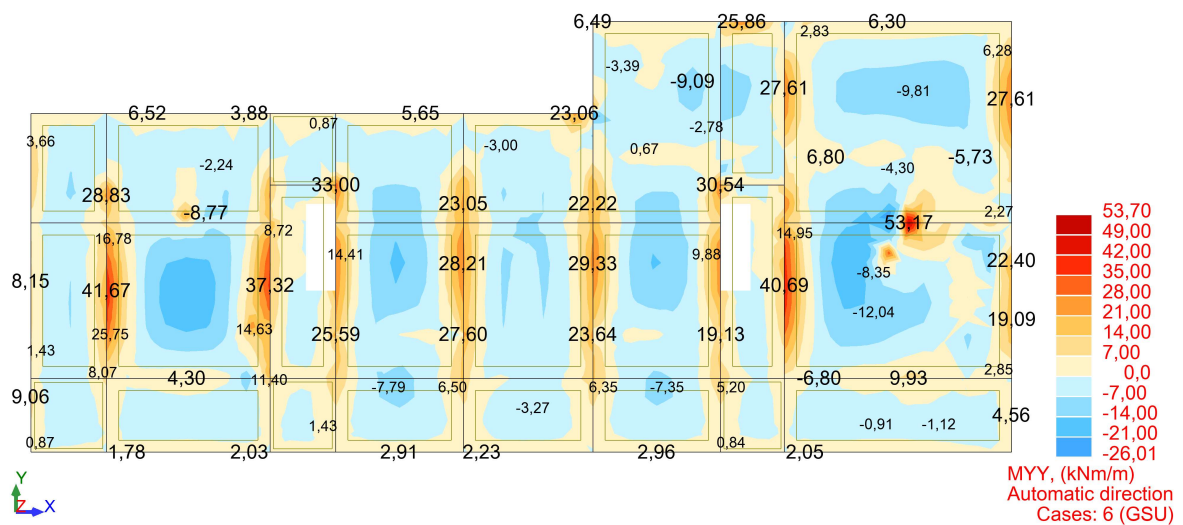
### 10.1.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

- **Kontrola pukotina**

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



Slika 10.7. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.8. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

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

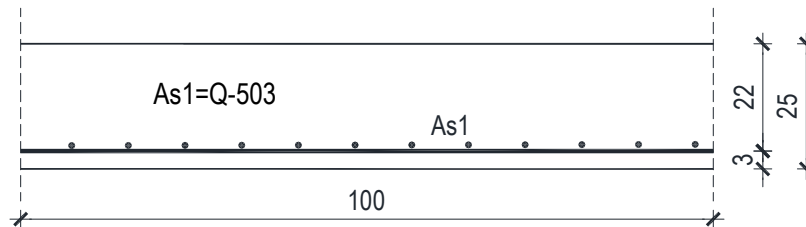
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

**Kontrola pukotina u polju:**

$$M_{Ed} = 31.62 \text{ kNm/m}$$

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



Slika 10.9. Skica armature u presjeku

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

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

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  -Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5.03}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0067$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 8 \text{ mm} - (\text{Q-503} \Rightarrow \text{Ø8/10})$$

$c = 26 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

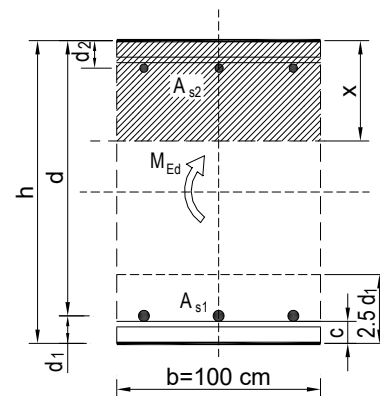
$k_1 = 0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  – Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	22,0 cm	$h =$	25,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	5,03 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	31,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	301,16 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,38 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0067		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000607 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000903		
$\text{Ø} =$	8,0 mm	$c =$	2,60 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	291,18 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,263 mm	<	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

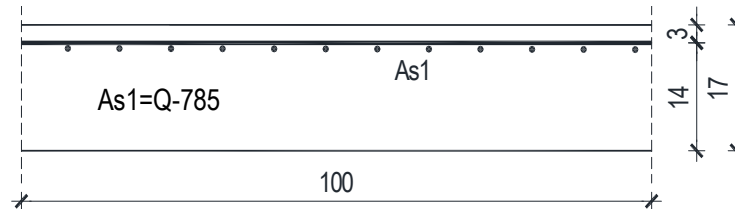
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.263 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

**Kontrola pukotina na ležaju:**

$$M_{Ed} = 53.78 \text{ kNm/m}$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).



Slika 10.10. Skica armature u presjeku

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_s = \text{Q-785} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

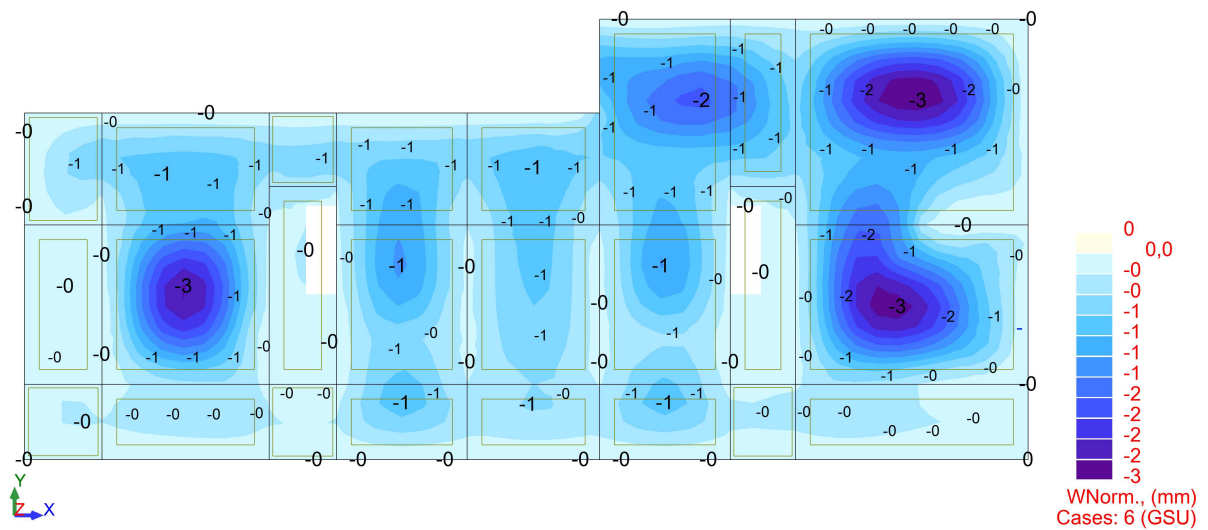
$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06 \quad - \text{ Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.010$$



- **Progibi**

Slika 10.11. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{10100}{250} = 40.4 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{\text{ct,m}} = 0.3 \cdot (f_{\text{ck}})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

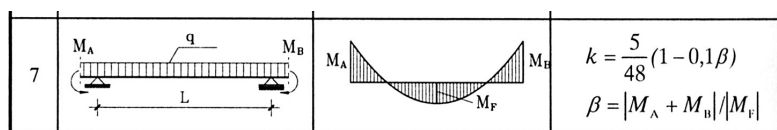
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|37.58 + 35.00|}{22.42} = 3.24$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.24) = 0.07$$





$$A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2$$

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 25^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 5.03 \cdot \left( \frac{25}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = 132959.32 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{2242}{3300 \cdot 132959.32} = 0.0000051 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 3.37 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 3.37^3}{12} + (100 \cdot 3.37) \cdot \left( \frac{3.37}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [5.03 \cdot (22 - 3.37)^2 + 0] \\ &= 11855.29 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{2242}{3300 \cdot 11855.29} = 0.000057 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 213.50 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{100 \cdot 25^2}{6} = 30208.33$$

$$\sigma_{sr} = \frac{30208.33}{\left( 22 - \frac{3.37}{3} \right) \cdot 5.03} = 287.67 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 287.67 \text{ MPa}$$

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

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

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{287.67}{213.50} \right)^2 = 0.09$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000051 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000057 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.09) \cdot 0.0000051 + 0.09 \cdot 0.000057 = 0.0000098 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.07$$

$$L = 1010 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.07 \cdot 1010^2 \cdot 0.0000098 = 0.70 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 4.04 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

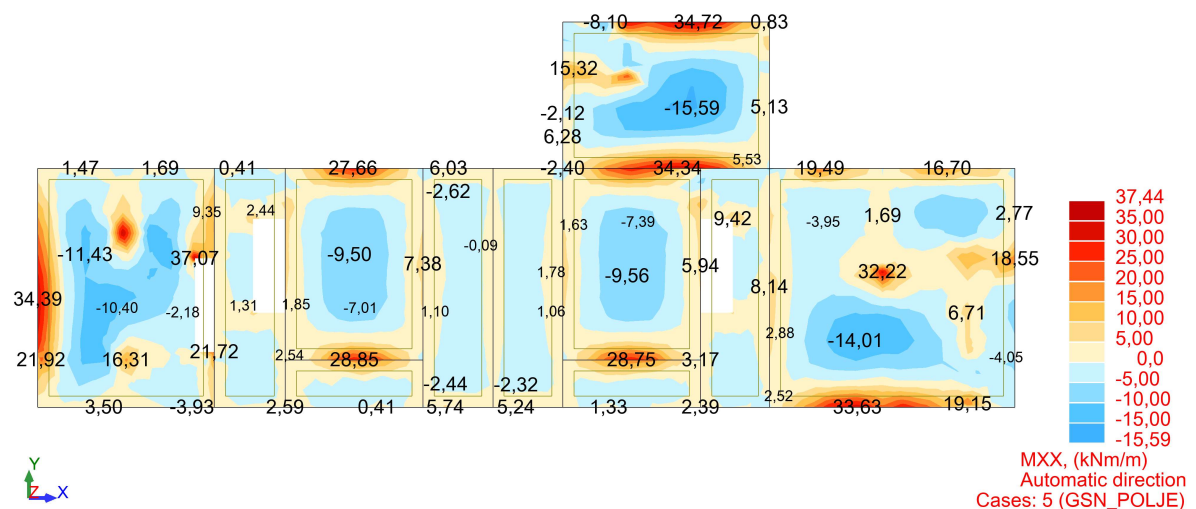
## 10.2. Proračun ploče POZ 200

### 10.2.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN

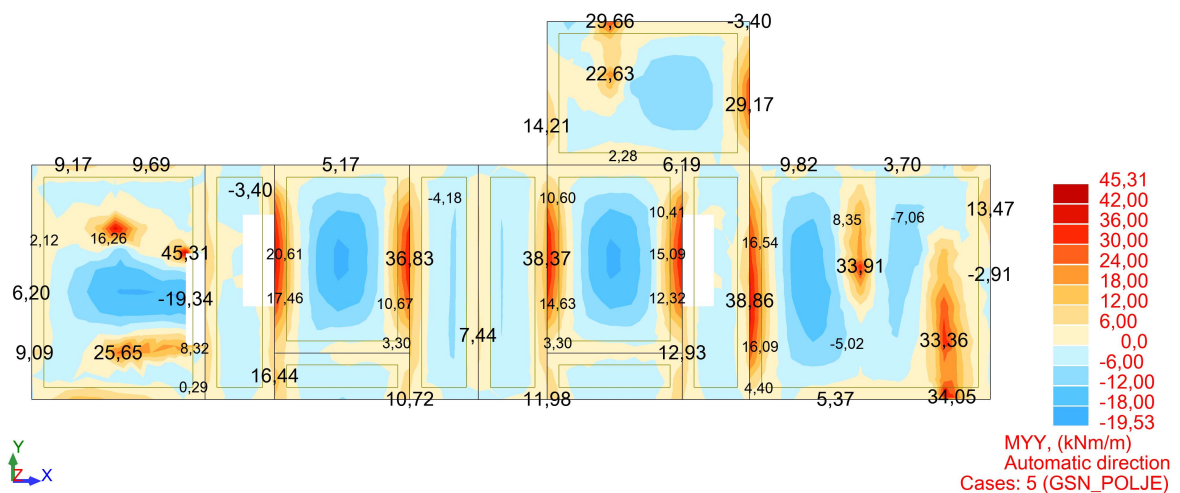
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

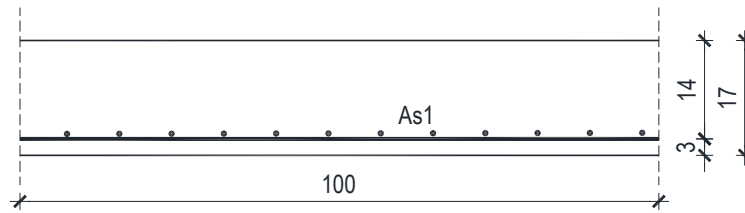
- **Proračun u polju**



Slika 10.12. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.13. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



Slika 10.14. Presjek u polju

$$M_{Ed} = -19.53 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1953}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.050$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.6\% \quad \zeta = 0.956$$

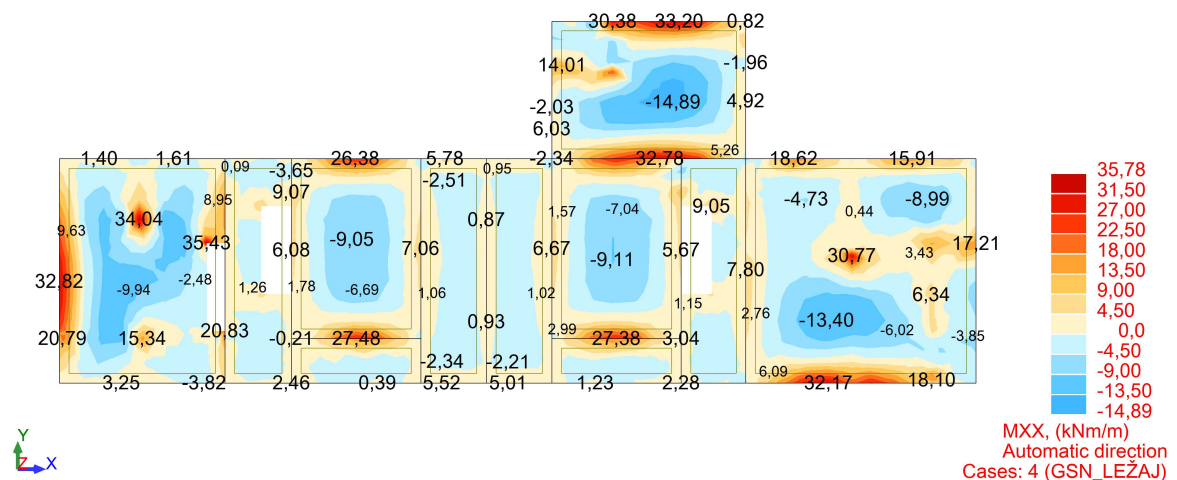
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1953}{0.956 \cdot 14 \cdot 43.48} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

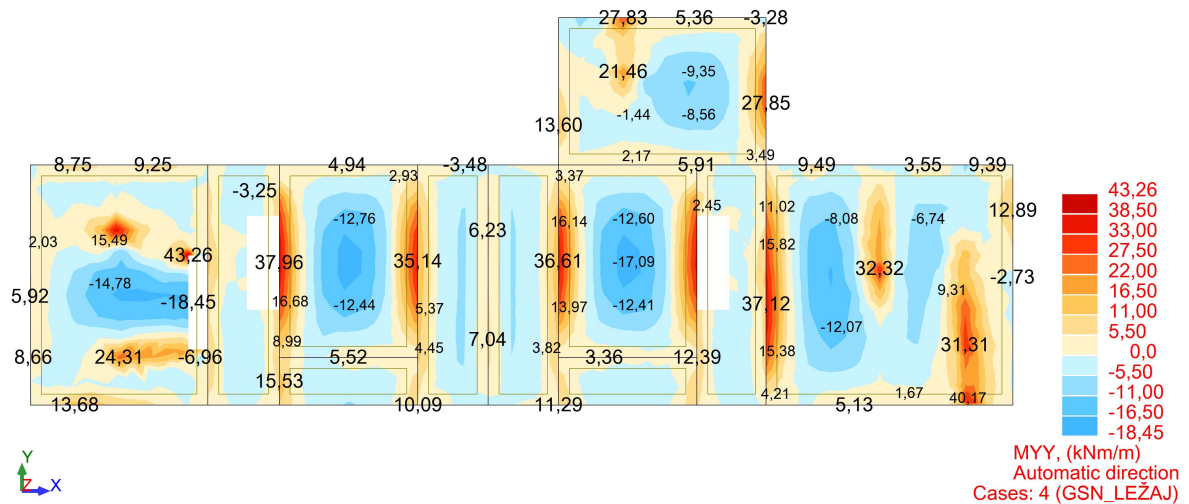
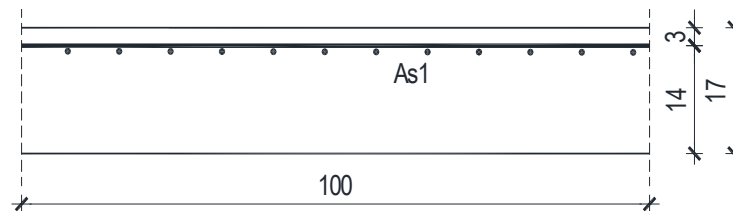
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### ▪ Proračun na ležaju

Slika 10.15. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']

Slika 10.16. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

Slika 10.17. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 43.26 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4326}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.111$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.5\% \quad \zeta = 0.922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4326}{0.922 \cdot 14 \cdot 43.48} = 7.78 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

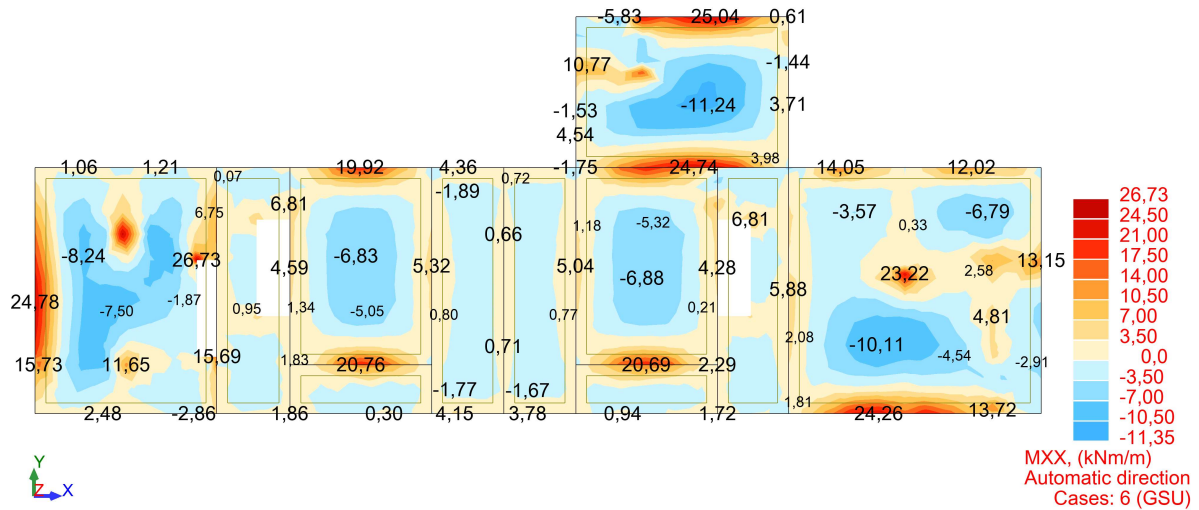
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

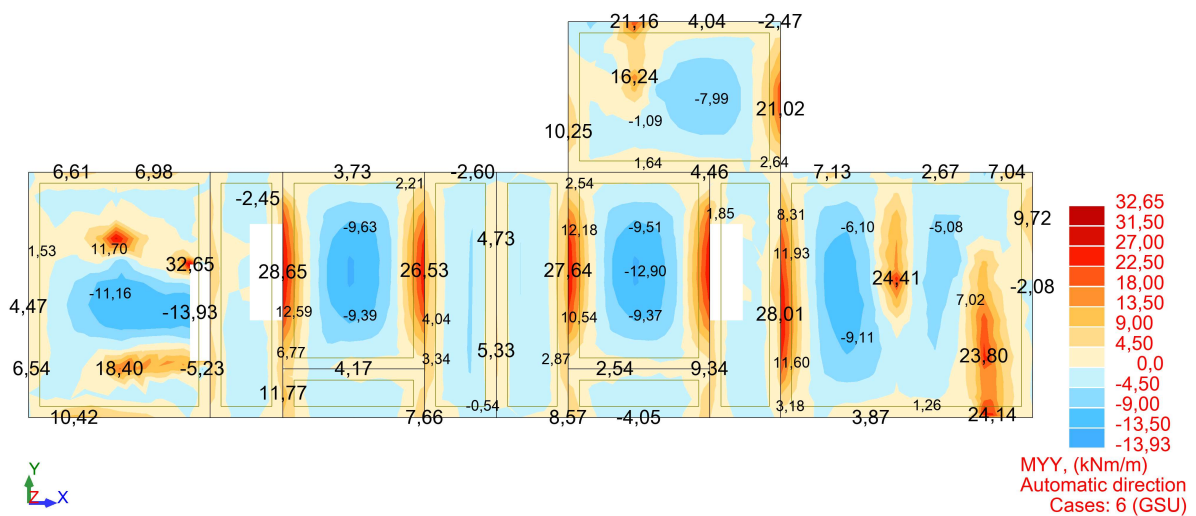
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

## 10.2.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

- Kontrola pukotina



Slika 10.18. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.19. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

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

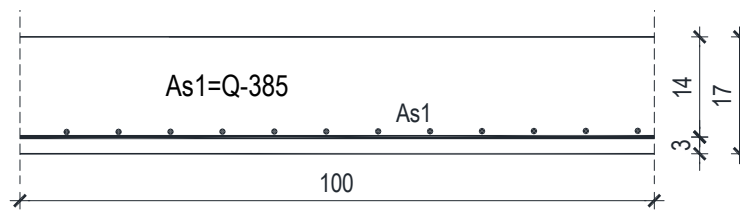
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

**Kontrola pukotina u polju:**

$$M_{Ed} = 13.93 \text{ kNm/m}$$

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



Slika 10.20. Skica armature u polju

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

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

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0051$$

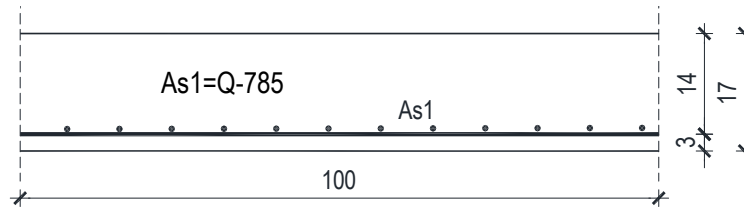




**Kontrola pukotina na ležaju:**

$$M_{Ed} = 32.65 \text{ kNm/m}$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).



Slika 10.21. Skica armature nad ležajem

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_s = \text{Q-785} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti armature}$$

$$k_t = 0.4 \quad \text{- Dugotrajno opterećenje}$$

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.010$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

$c=25 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

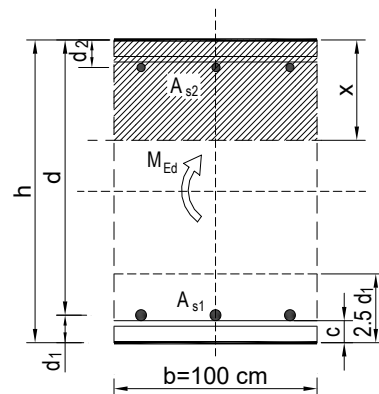
$k_1=0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  – Savijanje

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	32,7 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	321,70 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,21 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,001020 >	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000965		
$\text{Ø} =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	247,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,252 mm	$<$	$w_g$		

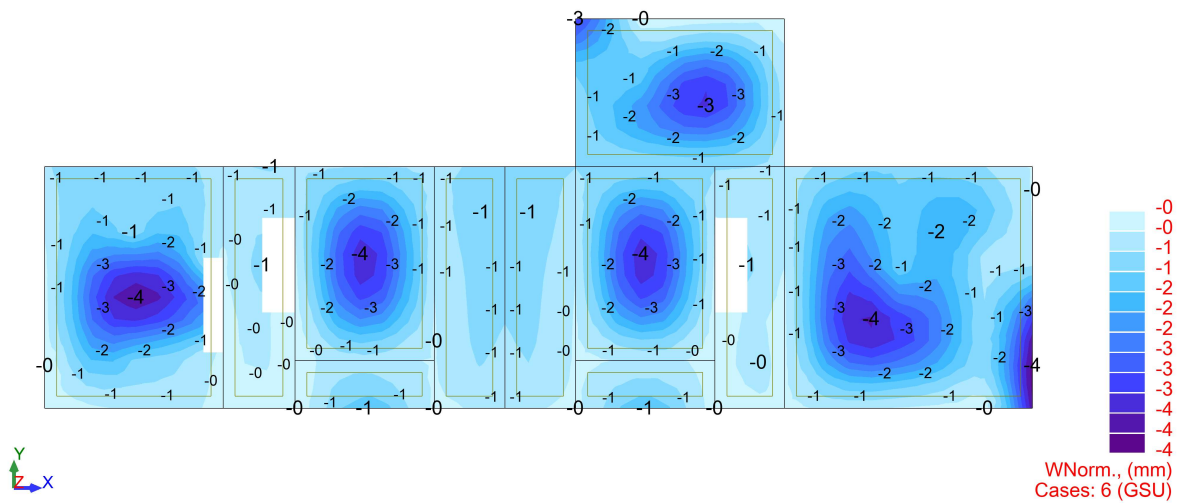


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.252 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Progibi**

Slika 10.22. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5250}{250} = 21.0 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

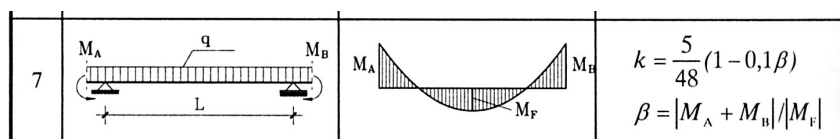
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|27.00 + 1.11|}{7.93} = 3.54$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.54) = 0.067$$



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

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 17^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{17}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = 41647.43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{793}{3300 \cdot 41647.43} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 2.33^3}{12} + (100 \cdot 2.33) \cdot \left( \frac{2.33}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (14 - 2.33)^2 + 0] = \\ &= 3599.07 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{793}{3300 \cdot 3599.07} = 0.000068 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 155.76 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{13968.33}{\left( 14 - \frac{2.33}{3} \right) \cdot 3.85} = 274.37 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 274.37 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{274.37}{155.76} \right)^2 = 0.55$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000068 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.55) \cdot 0.0000058 + 0.55 \cdot 0.000068 = 0.00004 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.067$$

$$L = 525 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.067 \cdot 525^2 \cdot 0.00004 = 0.74 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.1 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

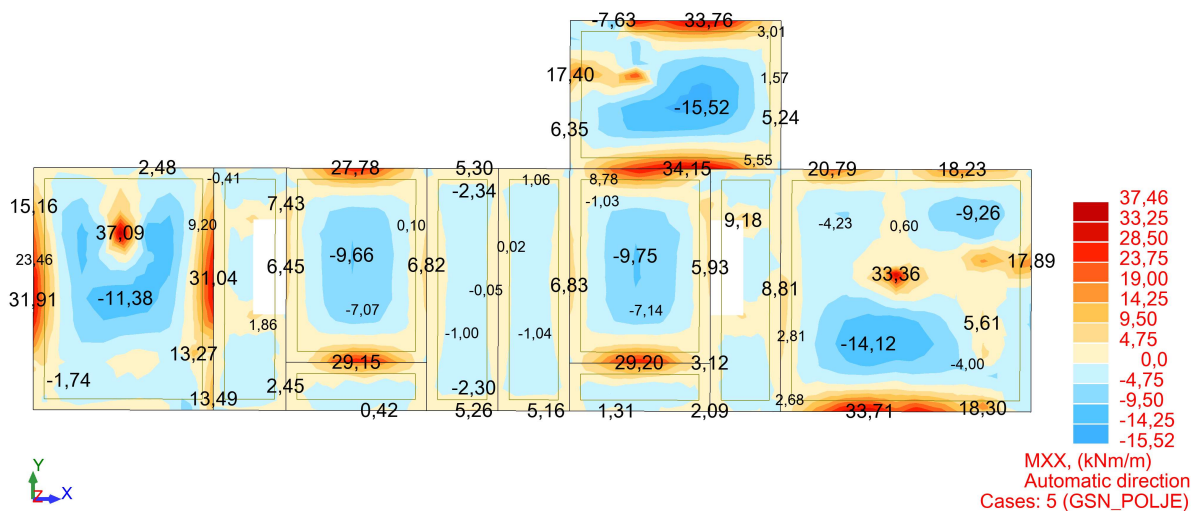
### 10.3. Proračun ploče POZ 300

#### 10.3.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN

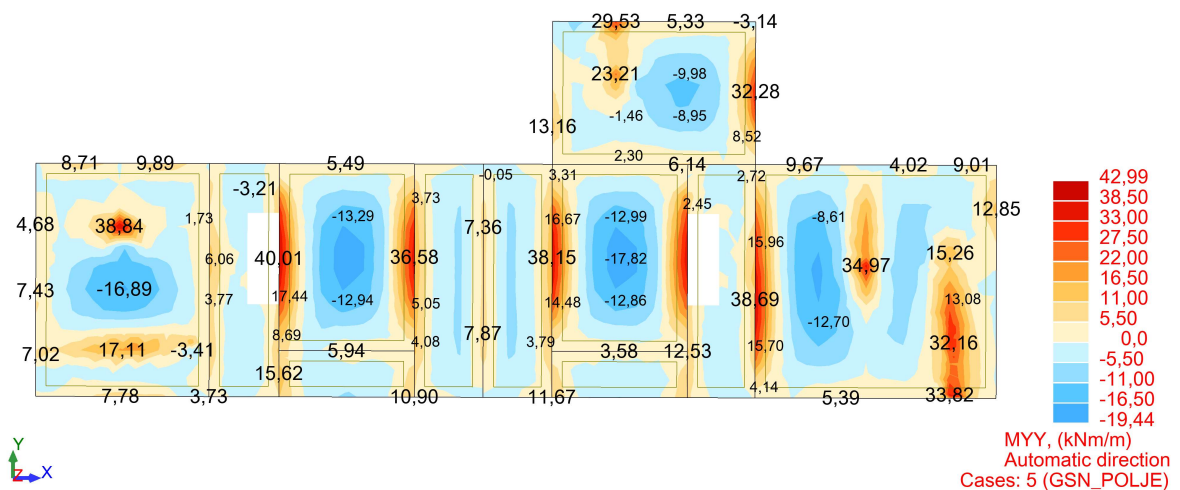
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

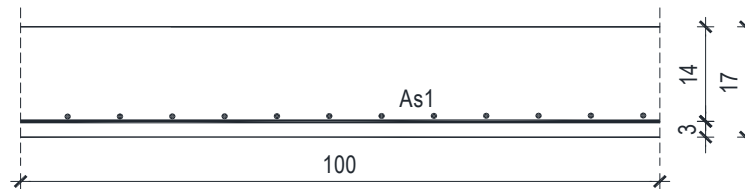
- **Proračun u polju**



Slika 10.23. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.24. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



Slika 10.25. Presjek u polju

$$M_{Ed} = -19.44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1944}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.050$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.3\% \quad \zeta = 0.956$$

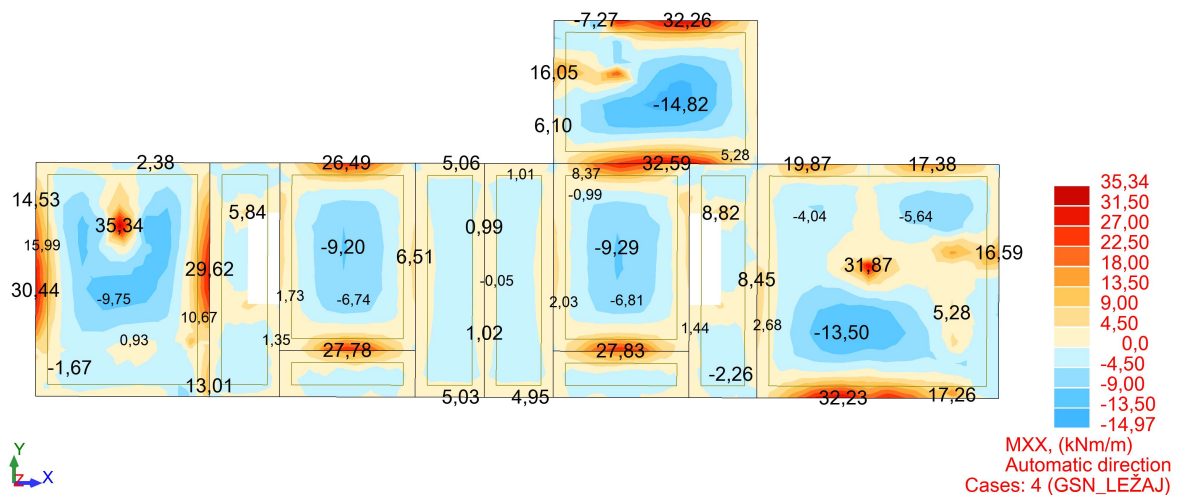
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1944}{0.956 \cdot 14 \cdot 43.48} = 3.34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

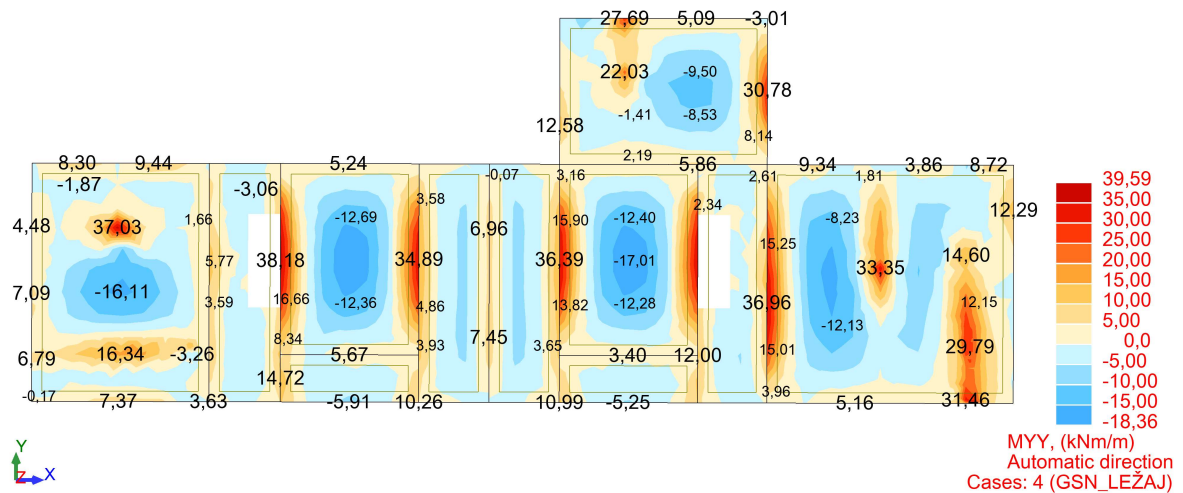
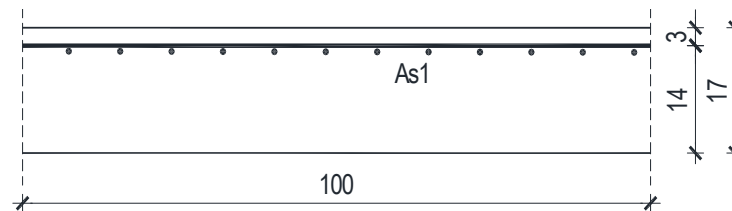
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

#### ▪ Proračun na ležaju

Slika 10.26. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']

Slika 10.27. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

Slika 10.28. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 39.59 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3959}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.102$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.3\% \quad \zeta = 0.928$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3959}{0.928 \cdot 14 \cdot 43.48} = 7.08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura:

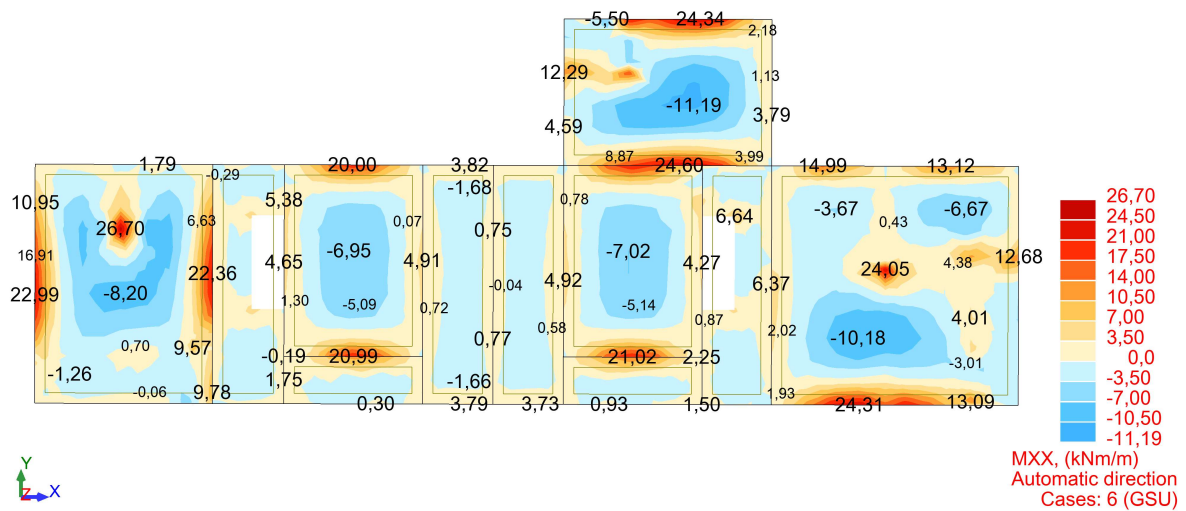
$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

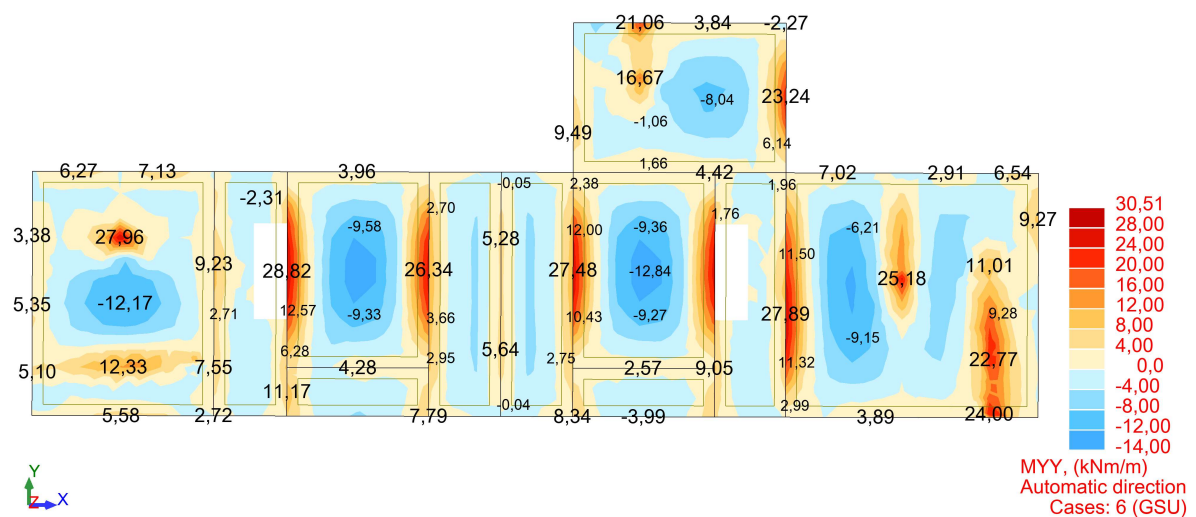


### 10.3.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

- **Kontrola pukotina**



Slika 10.29. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.30. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

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

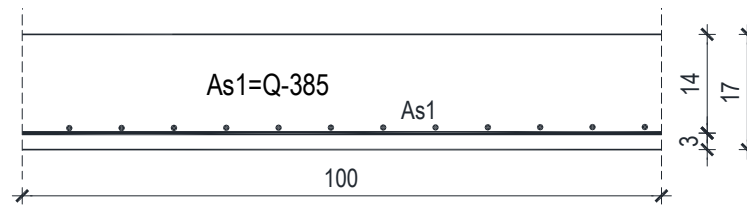
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

**Kontrola pukotina u polju:**

$$M_{Ed} = 14.00 \text{ kNm/m}$$

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



Slika 10.31. 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:

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

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

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0051$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 7 \text{ mm} - (\text{Q-385} \Rightarrow \text{Ø7/10})$$

$c=26.5 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

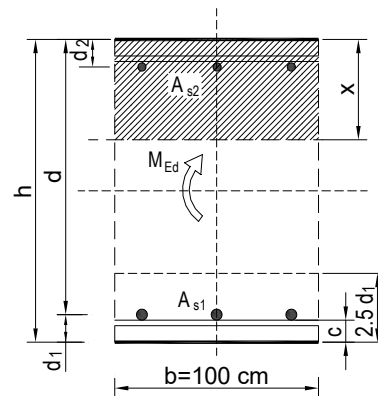
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	14,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	275,06 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,34 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000212 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000825		
$\phi =$	7,0 mm	$c =$	2,65 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	321,92 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,266 mm	<	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

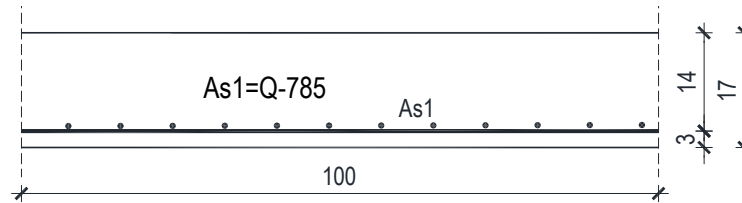
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.266 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

**Kontrola pukotina na ležaju:**

$$M_{Ed} = 30.51 \text{ kNm/m}$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).



Slika 10.32. Skica armature nad ležajem

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_s = \text{Q-785} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti armature}$$

$$k_t = 0.4 \quad - \text{ Dugotrajno opterećenje}$$

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.010$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

$c=25 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

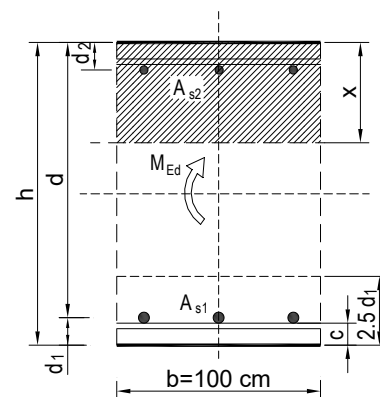
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	30,5 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	300,62 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,21 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000914 >	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000902		
$\text{Ø} =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	247,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,226 mm				

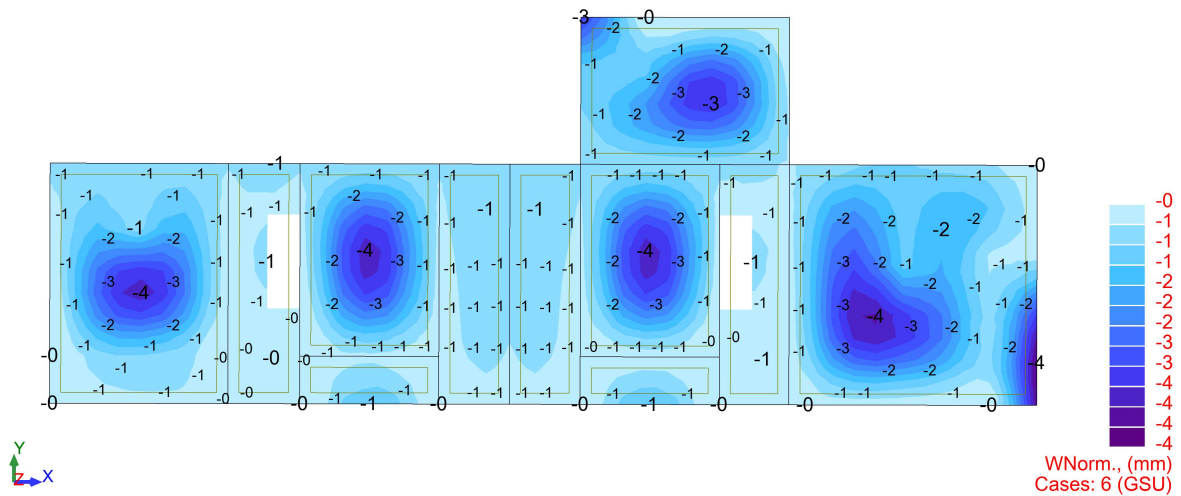


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.226 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Progibi**

Slika 10.33. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5250}{250} = 21.0 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

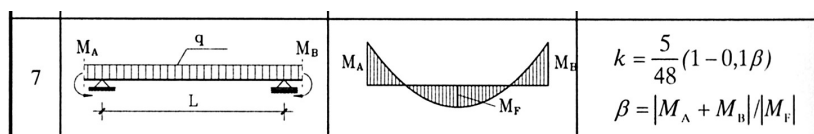
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|26.62 + 1.44|}{7.93} = 3.54$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.54) = 0.067$$



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

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 17^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{17}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = 41647.43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{793}{3300 \cdot 41647.43} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 2.33^3}{12} + (100 \cdot 2.33) \cdot \left( \frac{2.33}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (14 - 2.33)^2 + 0] = \\ &= 3599.07 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{793}{3300 \cdot 3599.07} = 0.000068 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 155.76 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{13968.33}{\left( 14 - \frac{2.33}{3} \right) \cdot 3.85} = 274.37 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 274.37 \text{ MPa}$$

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

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{274.37}{155.76} \right)^2 = 0.55$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000068 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.55) \cdot 0.0000058 + 0.55 \cdot 0.000068 = 0.00004 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.067$$

$$L = 525 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.067 \cdot 525^2 \cdot 0.00004 = 0.74 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.1 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**



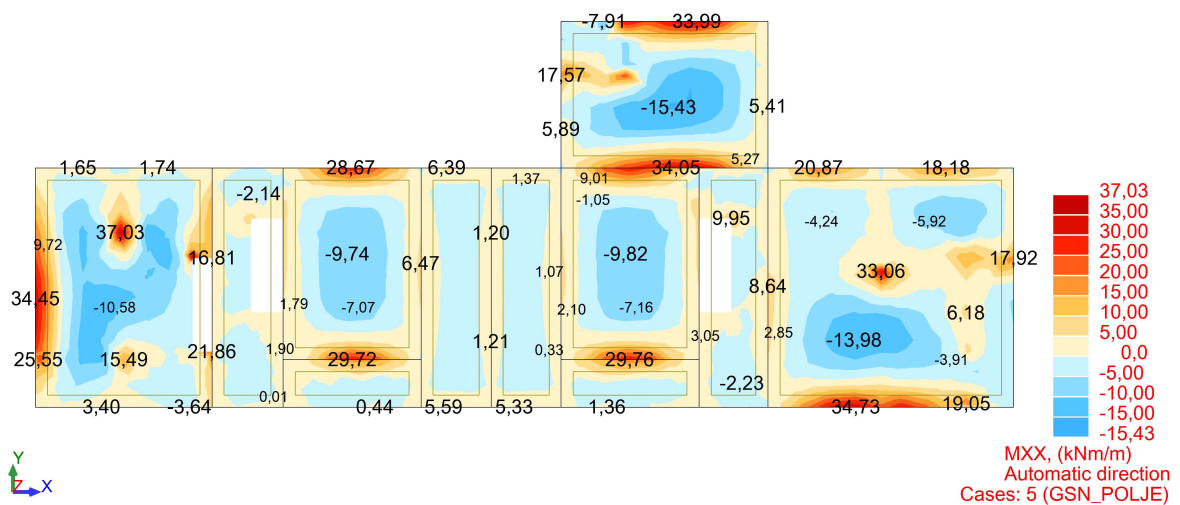
## 10.4. Proračun ploče POZ 400

### 10.4.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN

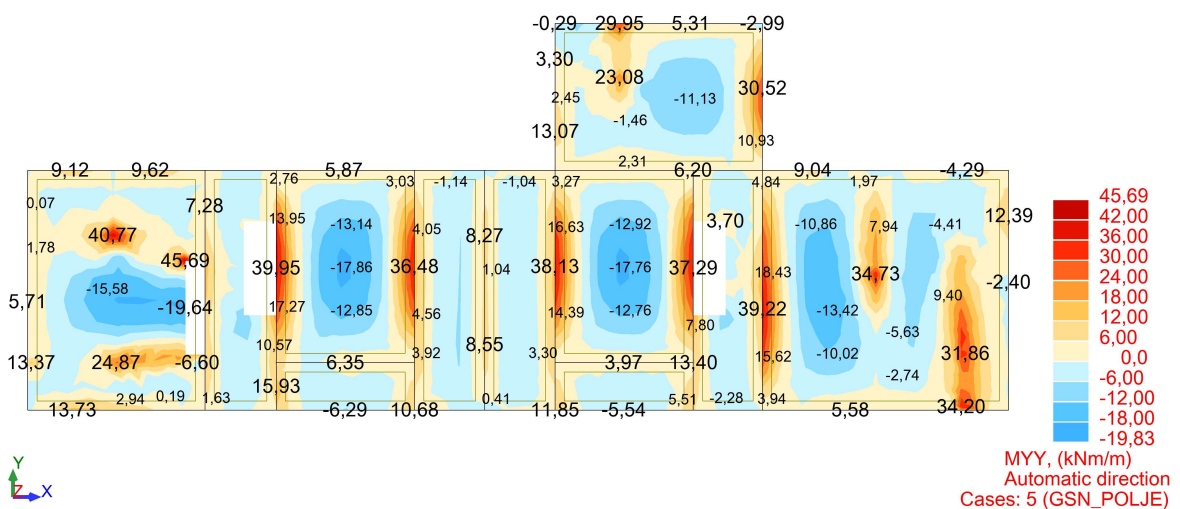
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

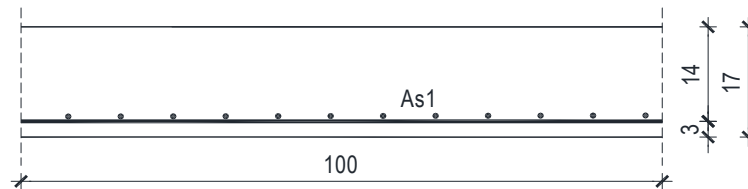
- Proračun u polju



Slika 10.34. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.35. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



Slika 10.36. Presjek u polju

$$M_{Ed} = -19.83 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1983}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.051$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.956$$

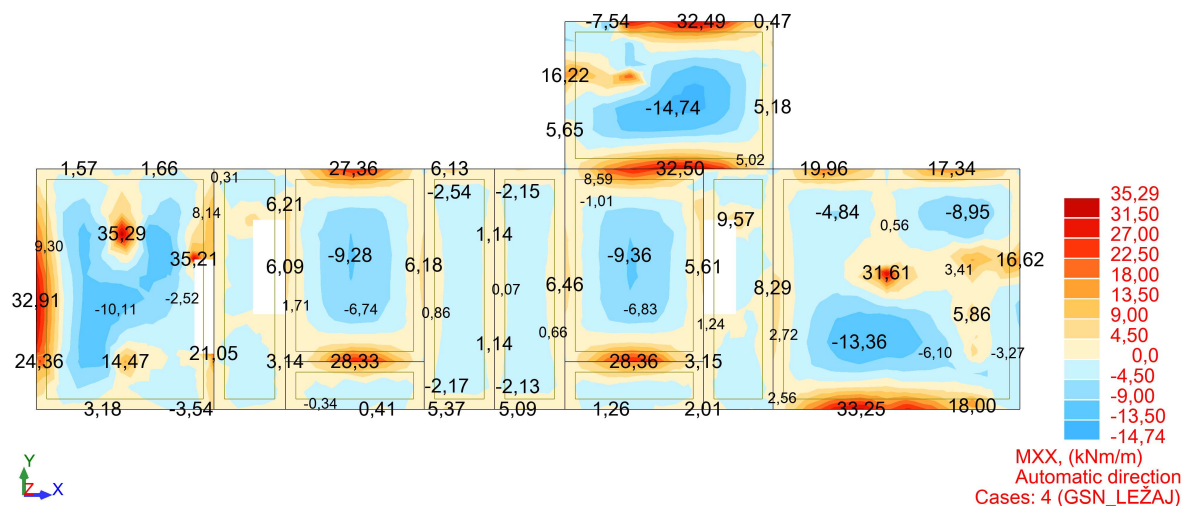
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1983}{0.956 \cdot 14 \cdot 43.48} = 3.41 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

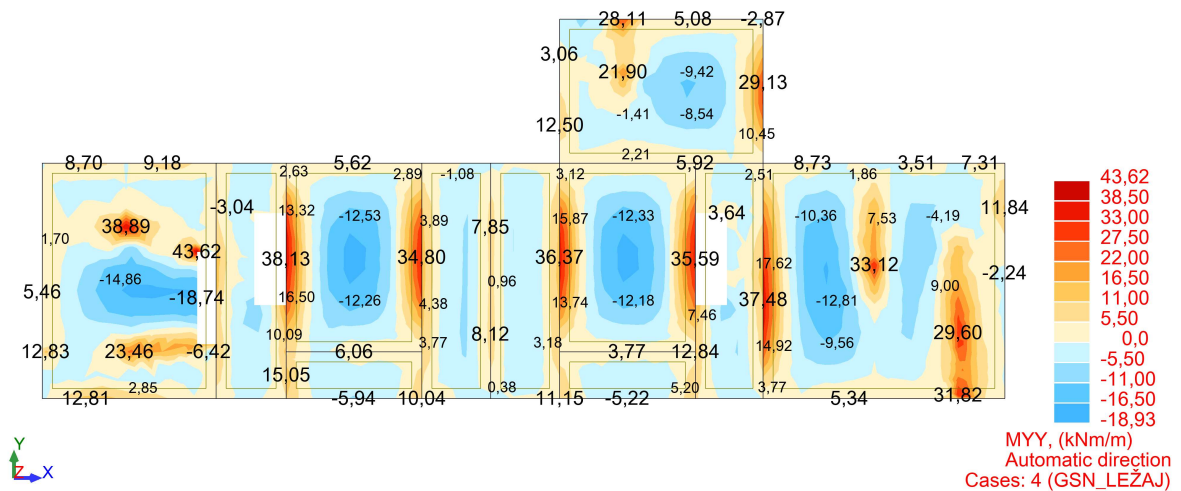
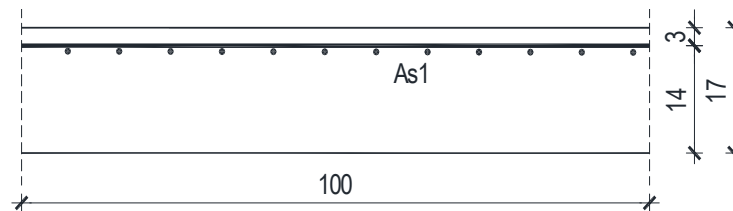
Minimalna armature:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 385 ( $A_s = 3.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

#### ▪ Proračun na ležaju

Slika 10.37. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']

Slika 10.38. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

Slika 10.39. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 43.62 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4362}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.111$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.5\% \quad \zeta = 0.922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4362}{0.922 \cdot 14 \cdot 43.48} = 7.78 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

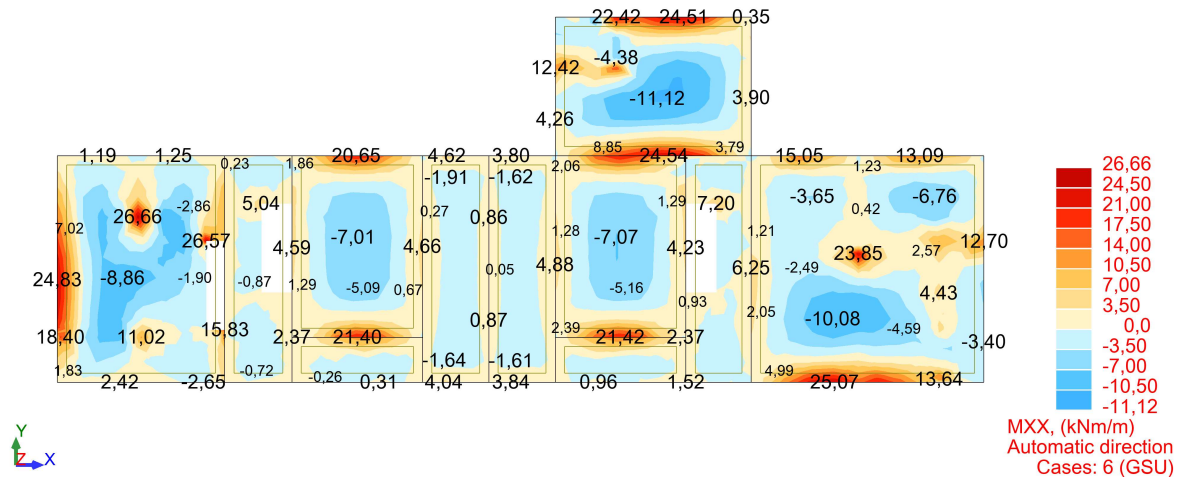
Minimalna armature:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

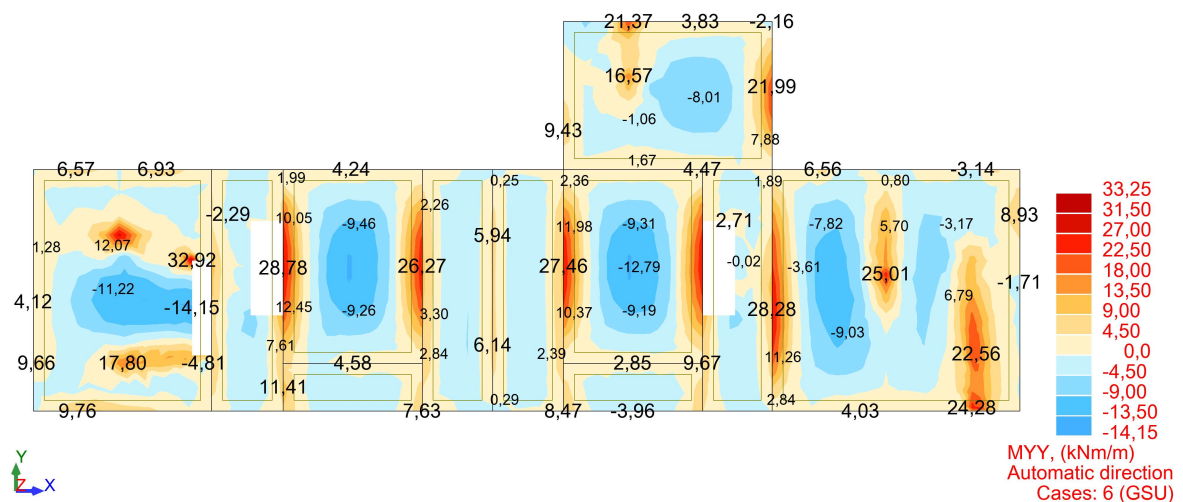
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

### 10.4.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

- **Kontrola pukotina**



Slika 10.40. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.41. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

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

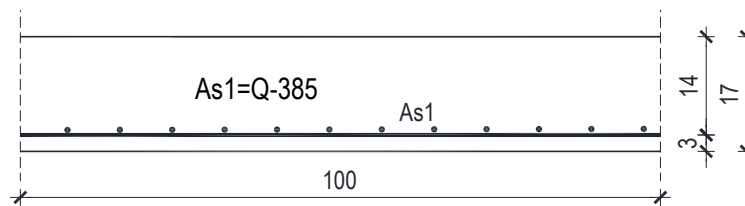
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

**Kontrola pukotina u polju:**

$$M_{Ed} = 14.15 \text{ kNm/m}$$

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



Slika 10.42. Skica armature nad ležajem

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

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

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad - \text{ modul elastičnosti armature}$$

$$k_t = 0.4 \quad - \text{ Dugotrajno opterećenje}$$

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0051$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 7 \text{ mm} - (\text{Q-385} \Rightarrow \text{Ø7/10})$$

$c=26.5 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

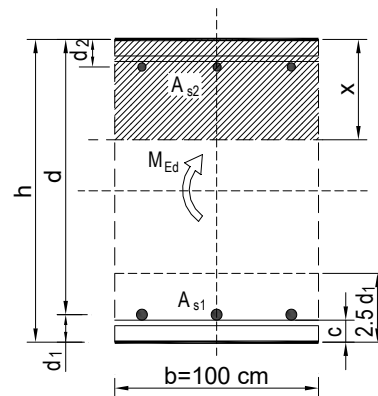
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	14,2 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	278,01 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,34 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000226 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000834		
$\phi =$	7,0 mm	$c =$	2,65 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	321,92 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,268 mm	<	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

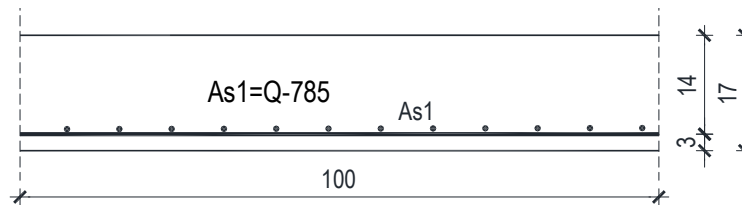
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.268 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

**Kontrola pukotina na ležaju:**

$$M_{Ed} = 33.25 \text{ kNm/m}$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).



Slika 10.43. Skica armature nad ležajem

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} \quad \text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_s = \text{Q-785} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.010$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

$c=25 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

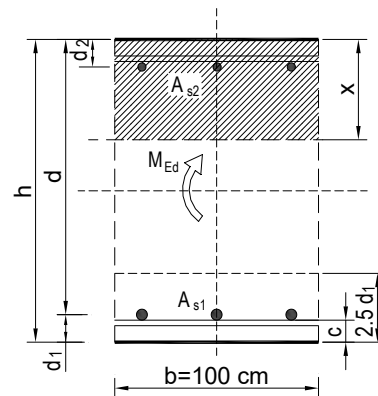
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	33,3 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	327,61 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,21 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,001049 >	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000983		
$\text{Ø} =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	247,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,260 mm				



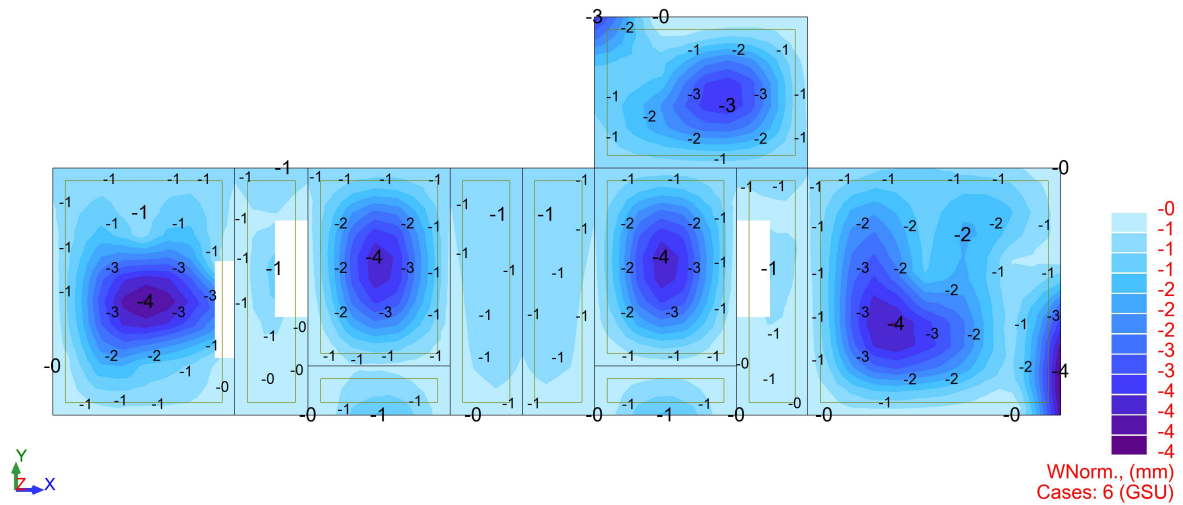
Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.260 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**



- **Progibi**



Slika 10.44. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5250}{250} = 21.0 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{\text{ct,m}} = 0.3 \cdot (f_{\text{ck}})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

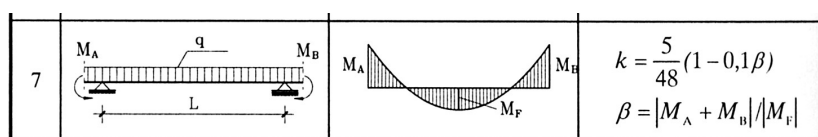
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|27.41 + 1.36|}{7.50} = 3.84$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.84) = 0.064$$



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

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 17^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{17}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = 41647.43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{750}{3300 \cdot 41647.43} = 0.0000055 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 2.33^3}{12} + (100 \cdot 2.33) \cdot \left( \frac{2.33}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (14 - 2.33)^2 + 0] = \\ &= 3599.07 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{750}{3300 \cdot 3599.07} = 0.000063 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 147.73 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{13968.33}{\left( 14 - \frac{2.33}{3} \right) \cdot 3.85} = 274.37 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 274.37 \text{ MPa}$$

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

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{274.37}{147.73} \right)^2 = 0.72$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000055 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000063 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.72) \cdot 0.0000055 + 0.72 \cdot 0.000063 = 0.000047 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.064$$

$$L = 525 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.064 \cdot 525^2 \cdot 0.000047 = 0.83 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.1 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

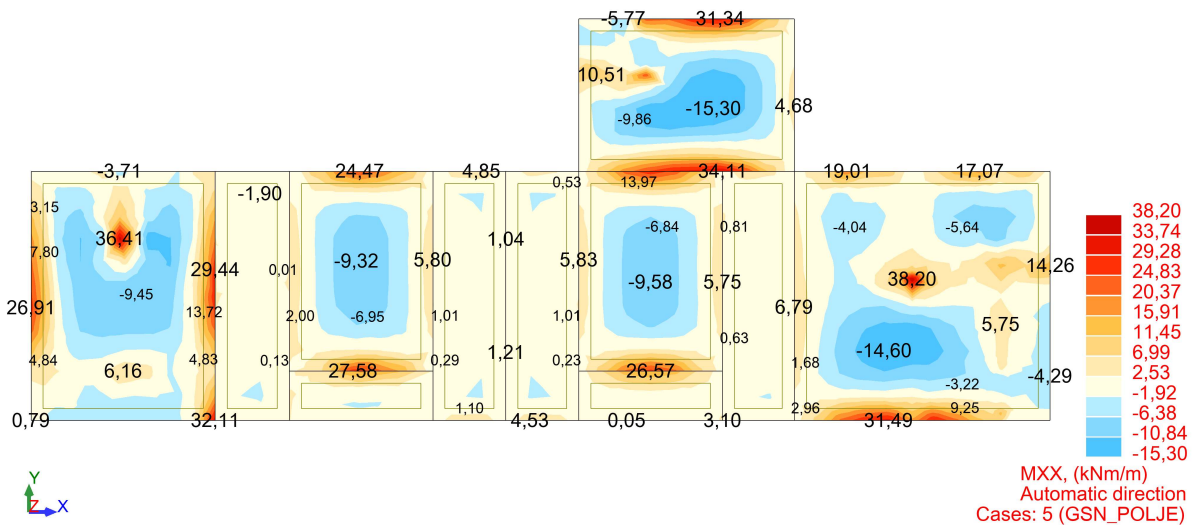
## 10.5. Proračun ploče POZ 500

### 10.5.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje – GSN

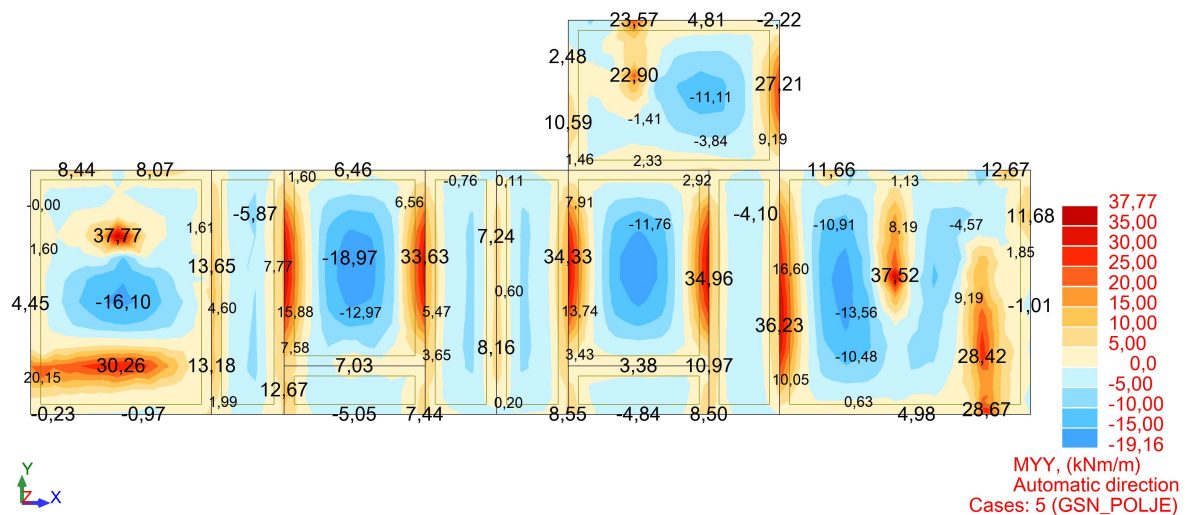
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

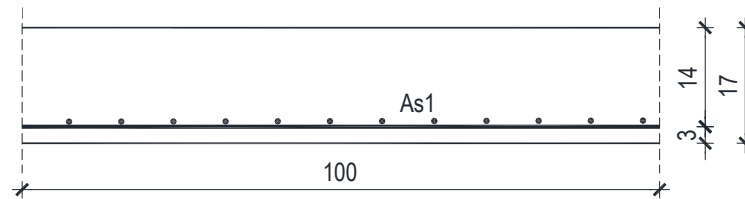
- Proračun u polju**



Slika 10.45. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.46. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']



Slika 10.47. Presjek u polju

$$M_{Ed} = -19.16 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1916}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.048$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.4\% \quad \zeta = 0.956$$

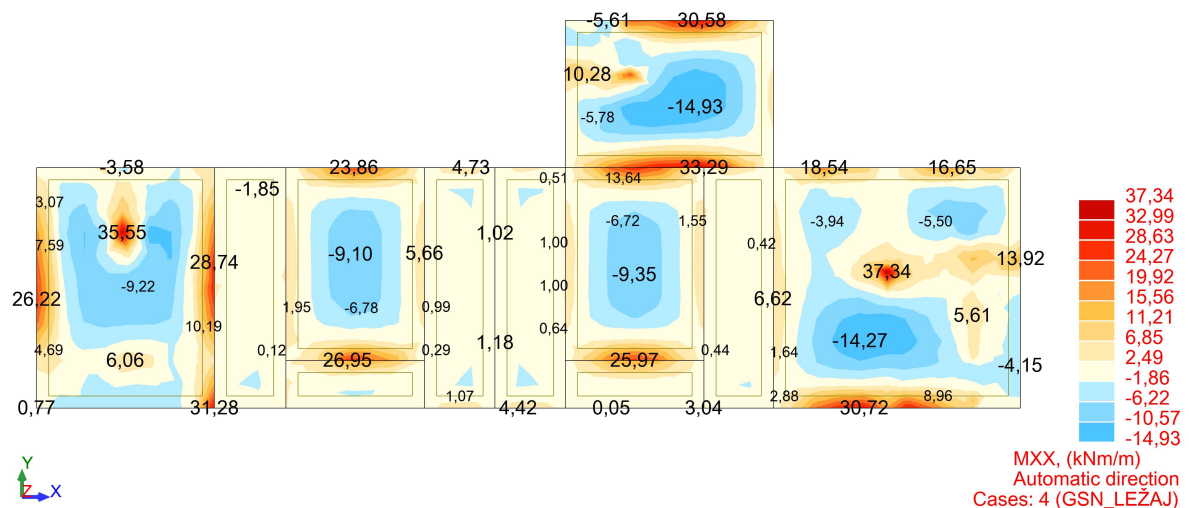
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1916}{0.956 \cdot 14 \cdot 43.48} = 3.26 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

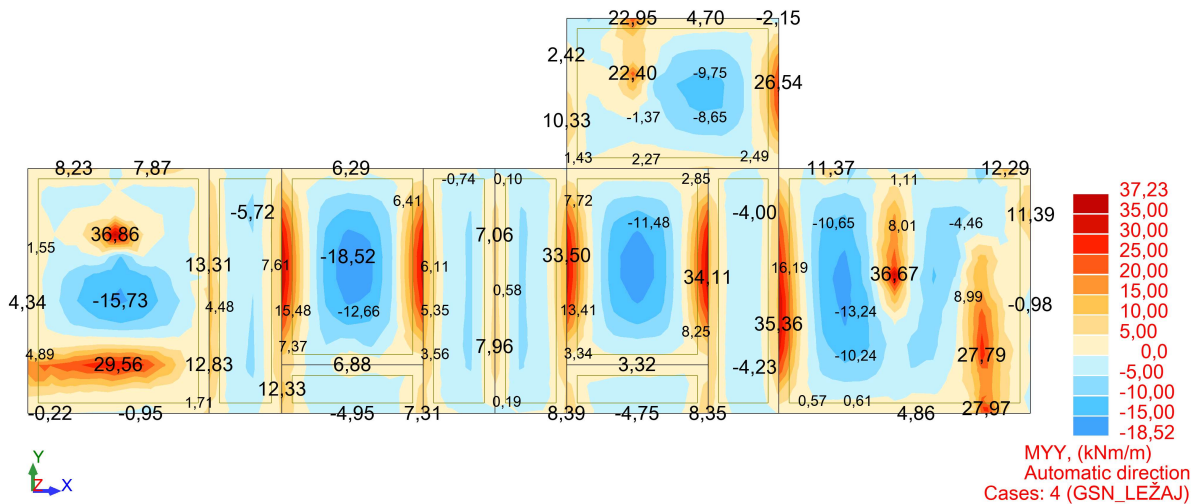
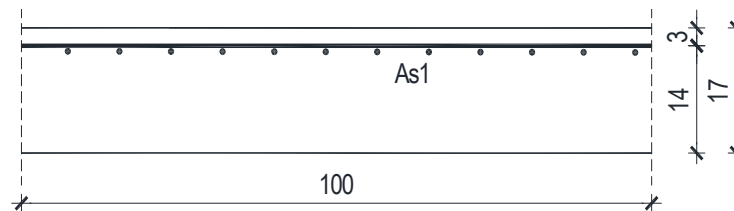
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

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

### • Proračun na ležaju

Slika 10.48. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']

Slika 10.49. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

Slika 10.50. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 37.34 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3734}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.095$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2.2\% \quad \zeta = 0.931$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3734}{0.931 \cdot 14 \cdot 43.48} = 6.59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

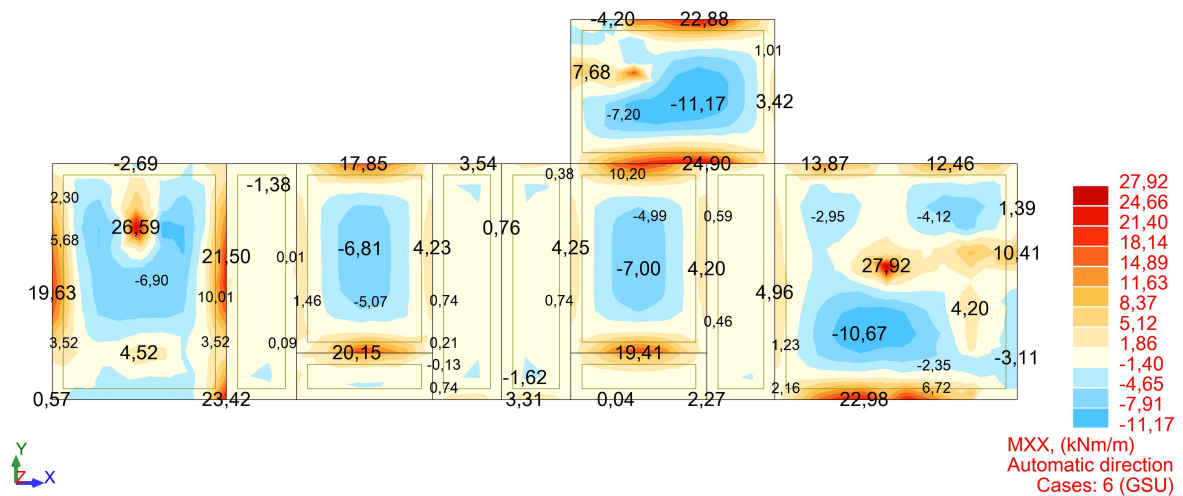
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

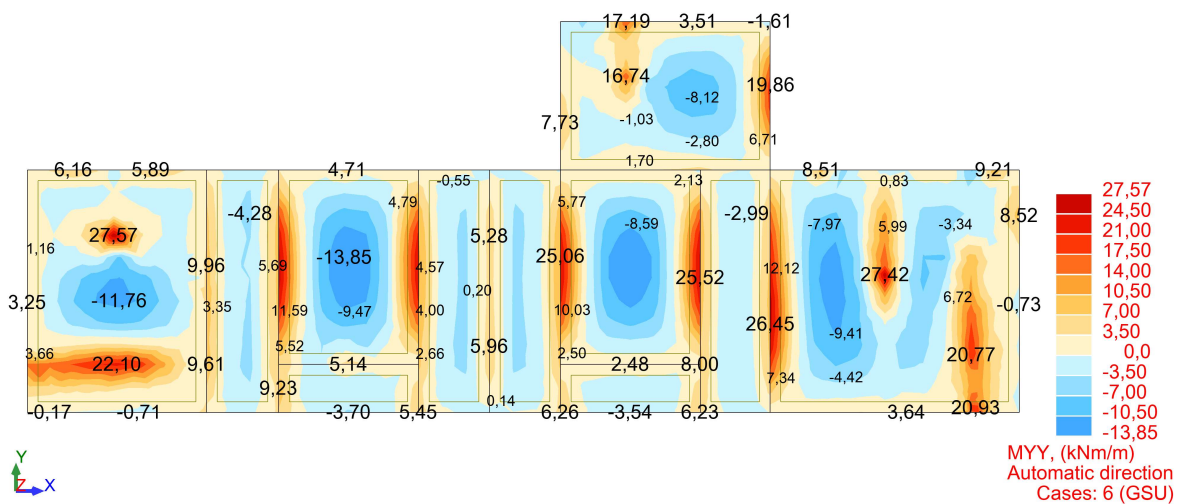
**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

## 10.5.2. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti -GSU

### • Kontrola pukotina



Slika 10.51. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 10.52. Dijagram momenata savijanja  $M_y$  [kNm/m']

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

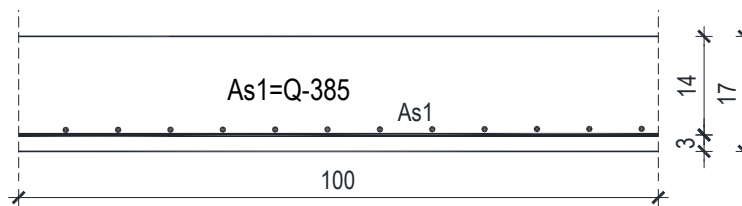
Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

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

Kontrola pukotina u polju:

$$M_{Ed} = 13.85 \text{ kNm/m}$$

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



Slika 10.53. 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:

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

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

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

$$\text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

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

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \text{ - modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \text{ - modul elastičnosti armature}$$

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

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.0051$$



Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 7 \text{ mm} - (\text{Q-385} \Rightarrow \text{Ø7/10})$$

$c=26.5 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

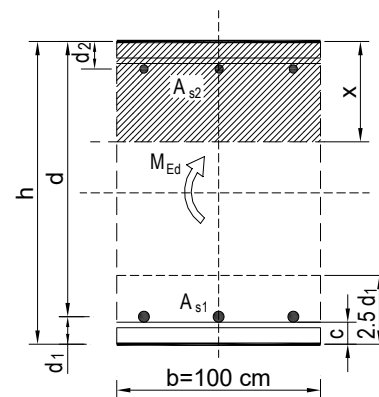
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	13,9 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	272,12 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,34 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000197 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000816		
$\phi =$	7,0 mm	$c =$	2,65 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	321,92 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,263 mm	<	$w_g$		



Karakteristična širina pukotine:

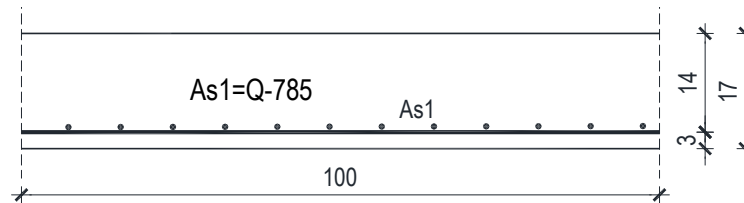
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.263 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Kontrola pukotina na ležaju**

$$M_{Ed} = 27.92 \text{ kNm/m}$$

Armatura ploče donja zona: **Q-785** ( $A_{s1}=7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).



Slika 10.54. Skica armature nad ležajem

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} \quad \text{Za C 30/37} \Rightarrow f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_s = \text{Q-785} = 7.85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$E_{cm} = 33.0 \text{ GPa} = 33000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa} \quad \text{- modul elastičnosti armature}$$

$k_t = 0.4$  - Dugotrajno opterećenje

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{7.85}{100 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.010$$

Srednji razmak pukotina:

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

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

$c=25 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

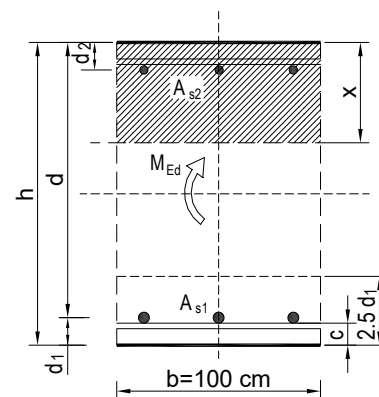
$k_1=0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2=0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$b =$	100,0 cm	$d =$	14,0 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	27,9 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	275,10 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3,21 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0105		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000787 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000825		
$\text{Ø} =$	10,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	247,42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,204 mm	<	$w_g$		

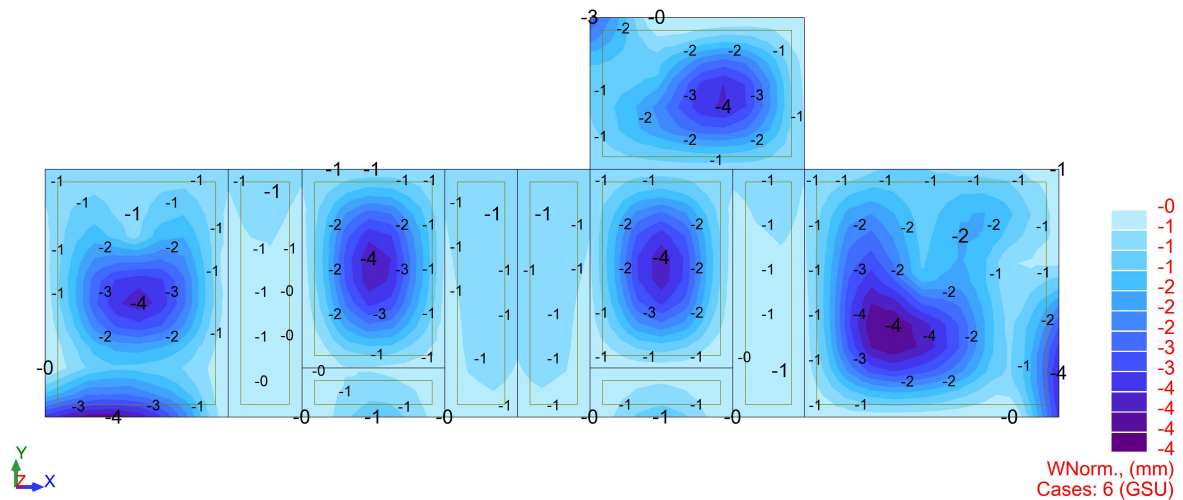


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.204 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Progibi**

Slika 10.55. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{5250}{250} = 21.0 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{\text{ct,m}} = 0.3 \cdot (f_{\text{ck}})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

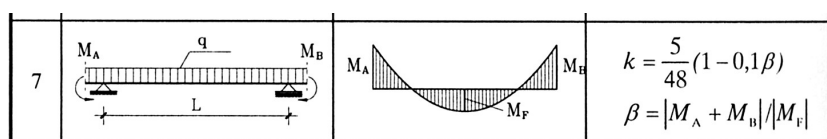
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|25.47 + 0.10|}{7.96} = 3.21$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.84) = 0.071$$



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

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

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 17^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 3.85 \cdot \left( \frac{17}{2} - 3 \right)^2 + 0 \right] = 41647.43 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{796}{3300 \cdot 41647.43} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 2.33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 2.33^3}{12} + (100 \cdot 2.33) \cdot \left( \frac{2.33}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [3.85 \cdot (14 - 2.33)^2 + 0] = \\ &= 3599.07 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{796}{3300 \cdot 3599.07} = 0.000067 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 156.35 \text{ MPa}$$

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

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

$$\sigma_{sr} = \frac{13968.33}{\left( 14 - \frac{2.33}{3} \right) \cdot 3.85} = 274.37 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 274.37 \text{ MPa}$$

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

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{274.37}{156.35} \right)^2 = 0.54$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000058 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000067 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.54) \cdot 0.0000058 + 0.54 \cdot 0.000067 = 0.000039 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.071$$

$$L = 525 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.071 \cdot 525^2 \cdot 0.000039 = 0.76 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.1 \text{ cm}$$

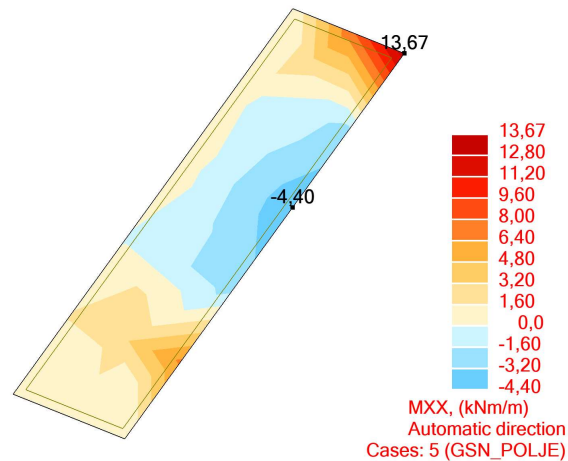
**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 11. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

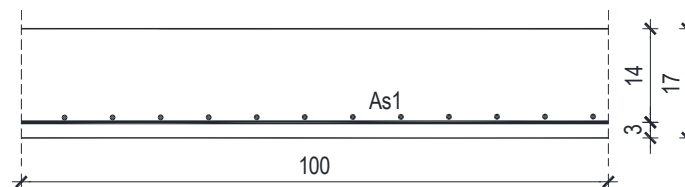
Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 kN/cm<sup>2</sup>

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>

### • Proračun u polju



Slika 11.1. Dijagram momenata savijanja  $M_x$  [kNm/m']



Slika 11.2. Presjek u polju

$$M_{Ed} = -4.40 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{440}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.011$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.981$$

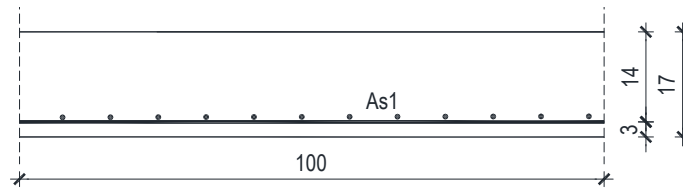
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{440}{0.981 \cdot 14 \cdot 43.48} = 0.74 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

- **Proračun na ležaju (spoj sa pločom kata)**



Slika 11.3. Presjek nad ležajem

$$M_{Ed} = 13.64 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1364}{100 \cdot 14^2 \cdot 2.00} = 0.034$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.1\text{‰} \quad \zeta = 0.965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1364}{0.965 \cdot 14 \cdot 43.48} = 2.32 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

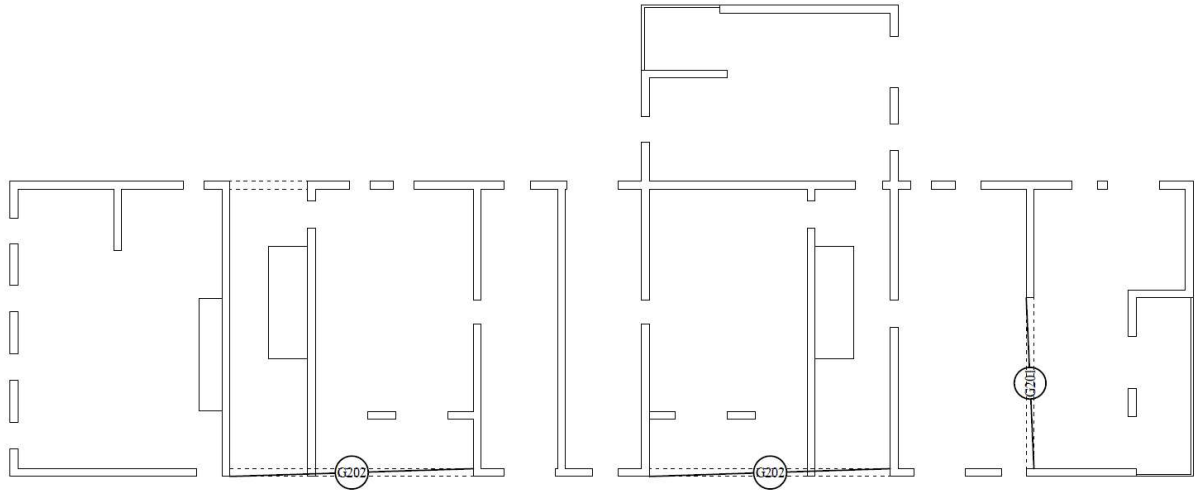
Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 3 \cdot 100}{43.48} = 2.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

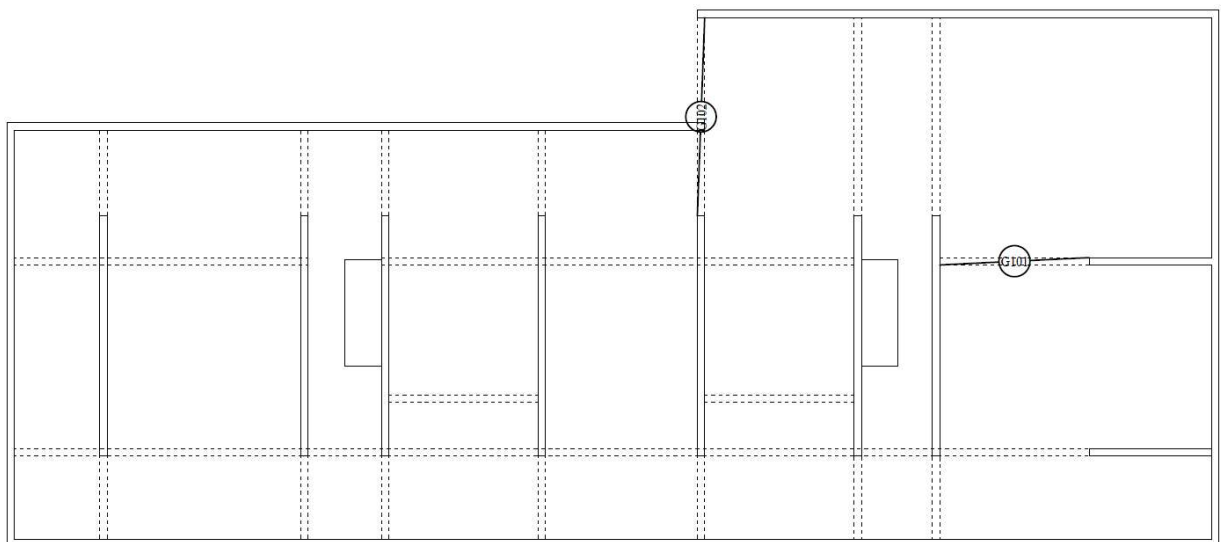
**ODABRANA ARMATURA: R – 283 ( $A_s = 2.83 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**



## 12. DIMENZIONIRANJE GREDNIH NOSAČA



Slika 12.1. Plan pozicija greda 201(301,401,501) i 202(302,402,502)



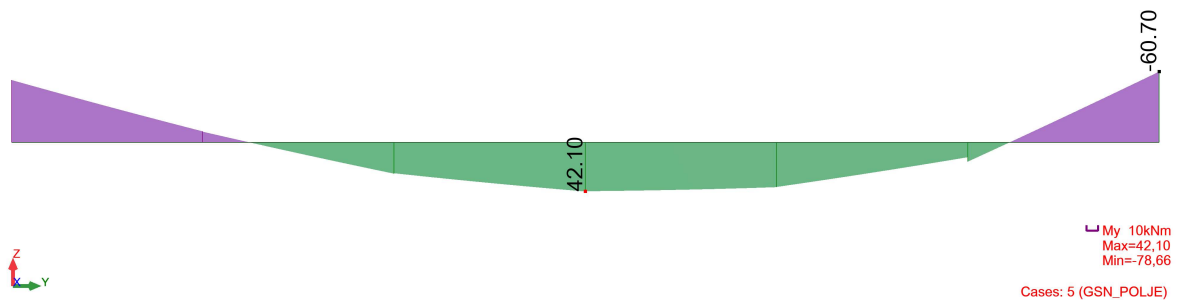
Slika 12.2. Plan pozicija greda 101 i 102

## 12.1. Gredni nosač POZ 201,301,401 I 501 (30x47)

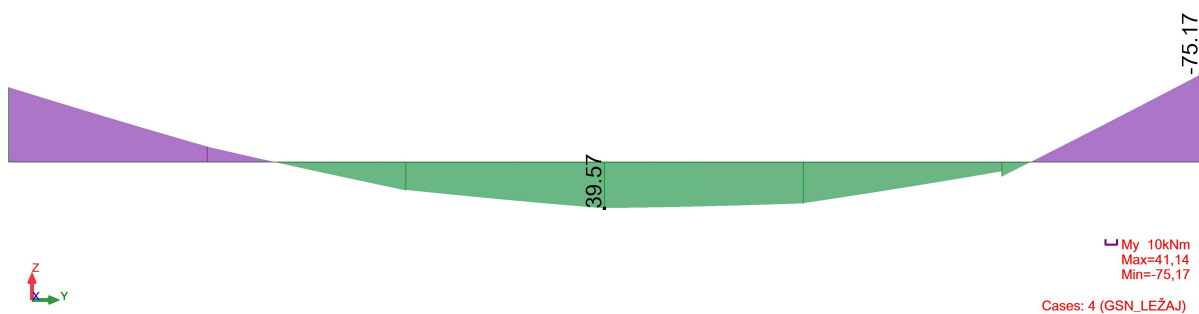
### 12.1.1. Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 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>



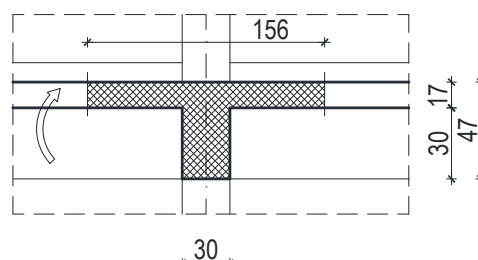
Slika 12.3. GSN greda polje  $M_y$



Slika 12.4. GSN greda ležaj  $M_y$

Utjecajna širina:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \frac{L_0}{5} = 30 + \frac{630}{5} = 156 \text{ cm} \quad (L_0 = L \text{ za prostu gredu})$$



Slika 12.5. Poprečni presjek grede u polju

- **Proračun u polju**

$$M_{Ed} = 42.10 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4210}{156 \cdot 42^2 \cdot 2.0} = 0.0076$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.984 \quad \xi = 0.048$$

$$x = \xi \cdot d = 0.048 \cdot 42 = 2.02 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4210}{0.984 \cdot 42 \cdot 43.48} = 2.34 \text{ cm}^2$$

Minimalna armature:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø14 (As=4.62 cm<sup>2</sup>)

- **Proračun na ležaju**

$$M_{Ed} = 75.17 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7517}{30 \cdot 42^2 \cdot 2.0} = 0.071$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.944 \quad \xi = 0.153$$

$$x = \xi \cdot d = 0.153 \cdot 42 = 6.43 \text{ cm} < h_{pl}$$

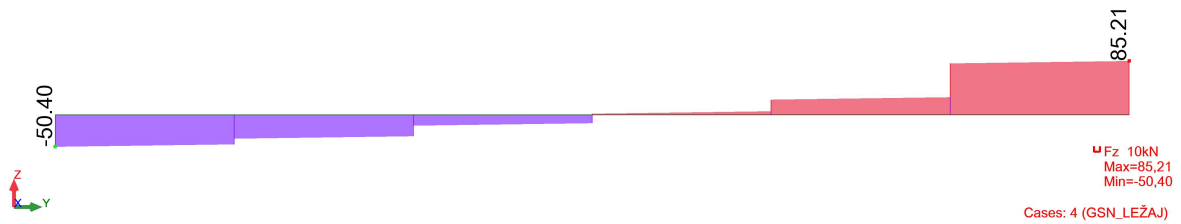
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7517}{0.944 \cdot 42 \cdot 43.48} = 4.36 \text{ cm}^2$$

Minimalna armature:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø14 (As=4.62 cm<sup>2</sup>)

## 12.1.2. Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN



Slika 12.6. GSN greda ležaj Fz

beton C 30/37

$$V_{Ed} = 85.21 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{420}} = 1.69 \leq 2$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 42 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\emptyset 14 + 3\emptyset 14}{30 \cdot 42} = \frac{7.70}{30 \cdot 42} = 0.0061$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$85.21 \text{ kN} \geq V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.69 \cdot (100 \cdot 0.0061 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 420 = 67.33 \text{ kN}$$

Potrebna je računaska armature:

$$V_{Rd,c} \geq [V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 53.05 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1,69^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.421$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 300 \cdot 420 \cdot 20.00 = 665.28 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 85.21 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 665.28 \text{ kN}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250}\right] = 0.528$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{85.21}{665.28} = 0.128 \Rightarrow V_{Ed} = 0.128 V_{Rd,max}$$

$$S_{max} = \min\{0,75d; 30\} \Rightarrow S_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.45 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø10/30 ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 47) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1 = 96.86 \text{ kN}$$

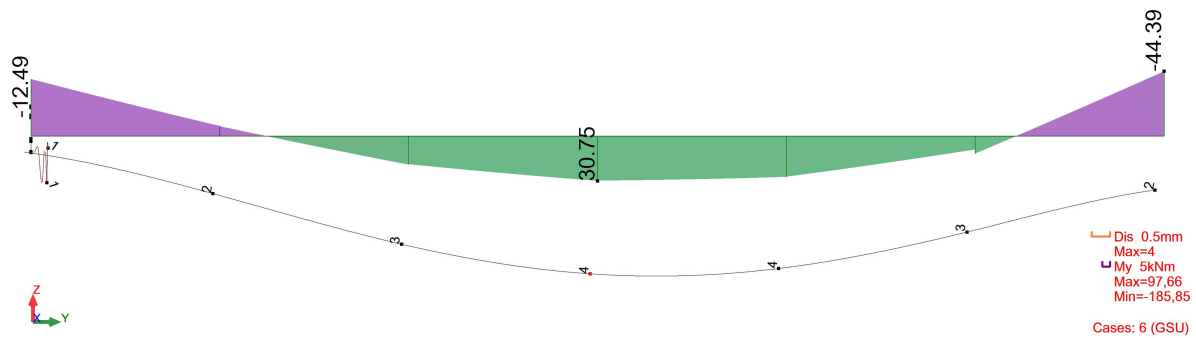
$$V_{Ed} < V_{Rd,s}$$

$$S_w = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 47}{85.21} = 34.10 \text{ cm}$$

Postaviti spone Ø10/30 ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )



- **Kontrola progiba**

Slika 12.8. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{6300}{250} = 25.2 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

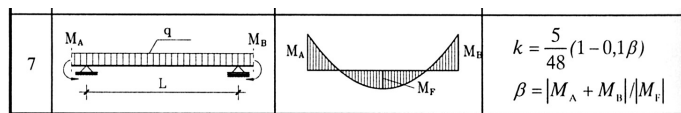
Čelik: B500B;  $E_s=200.0 \text{ GPa}$ 

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|12.49 + 44.39|}{30.75} = 1.85$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.85) = 0.085$$



$$A_{s1} = 4.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3.08 \text{ cm}^2$$

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

$$= \frac{30 \cdot 47^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 4.62 \cdot \left( \frac{47}{2} - 5 \right)^2 + 3.08 \cdot \left( \frac{47}{2} - 5 \right)^2 \right] = 275527.57 \text{ cm}^4$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{3075}{3300 \cdot 275527.57} = 0.0000034 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 9.98 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{30 \cdot 9.98^3}{12} + (30 \cdot 9.98) \cdot \left(\frac{9.98}{2}\right)^2 + 6.06 \cdot [4.62 \cdot (42 - 9.98)^2 + 3.08 \cdot (9.98 - 5)^2]$$

$$= 39107.99 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{3075}{3300 \cdot 39107.99} = 0.000024 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 172.10 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{30 \cdot 47^2}{6} = 32030.5$$

$$\sigma_{sr} = \frac{32030.5}{\left(42 - \frac{9.98}{3}\right) \cdot 4.62} = 179.27 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 179.27 \text{ MPa}$$

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

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

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{179.27}{172.10}\right)^2 = 0.46$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000034 \frac{1}{\text{cm}}$$



$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000024 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.46) \cdot 0.0000034 + 0.46 \cdot 0.000024 = 0.000013 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.085$$

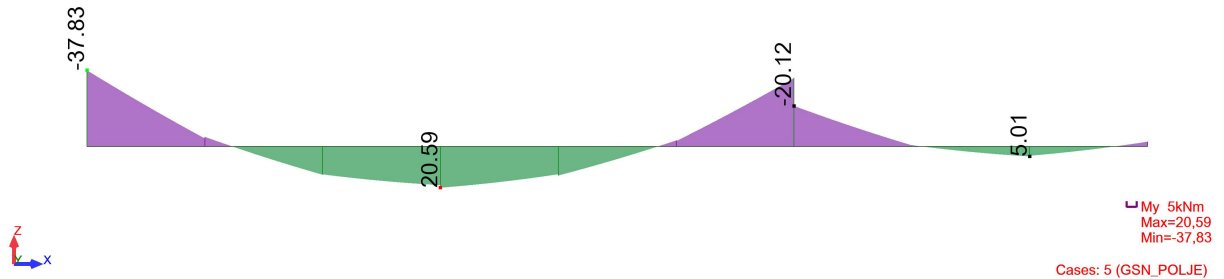
$$L = 630 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.085 \cdot 630^2 \cdot 0.000013 = 0.44 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.52 \text{ cm}$$

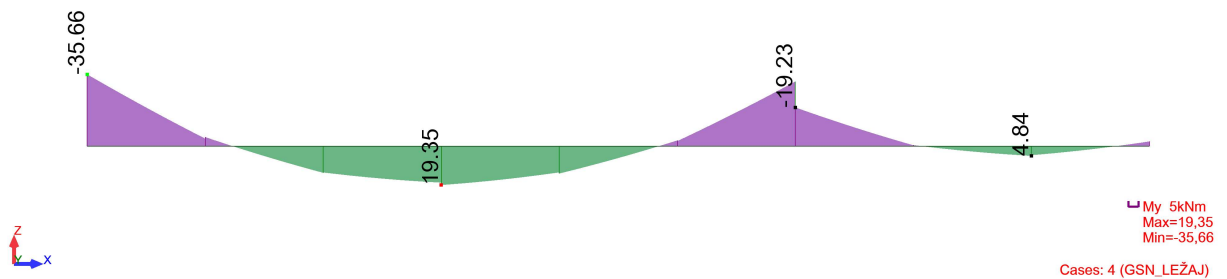
**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

## 12.2. Gredni nosač POZ 202,302,402 I 502 (30x47)

### 12.2.1. Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN



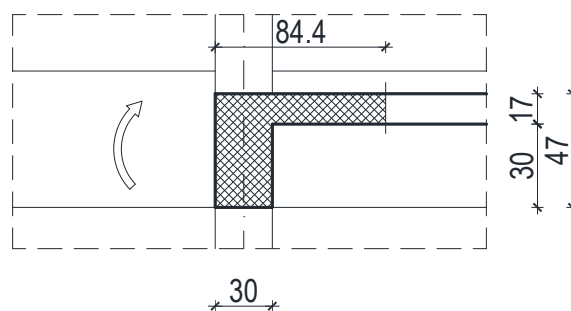
Slika 12.9. GSN greda polje My



Slika 12.10. GSN greda ležaj My

Utjecajna širina:

$$b_{\text{eff}} = b_1 + b_0 = \frac{L_0}{10} + 30 = \frac{0.85 \cdot 640}{10} + 30 = 84.4 \text{ cm} \quad (L_0 = L \cdot 0.85 \text{ za prvo polje})$$



Slika 12.11. Poprečni presjek grede u polju

- **Proračun u polju**

$$M_{Ed} = 20.56 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2056}{84.4 \cdot 42^2 \cdot 2.0} = 0.0069$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.984 \quad \xi = 0.048$$

$$x = \xi \cdot d = 0.048 \cdot 42 = 2.02 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2056}{0.984 \cdot 42 \cdot 43.48} = 1.14 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø14 (A<sub>s</sub>=4.62 cm<sup>2</sup>)

- **Proračun na ležaju**

$$M_{Ed} = 35.66 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3566}{30 \cdot 42^2 \cdot 2.0} = 0.033$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.1 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.965 \quad \xi = 0.099$$

$$x = \xi \cdot d = 0.099 \cdot 42 = 4.16 \text{ cm} < h_{pl}$$

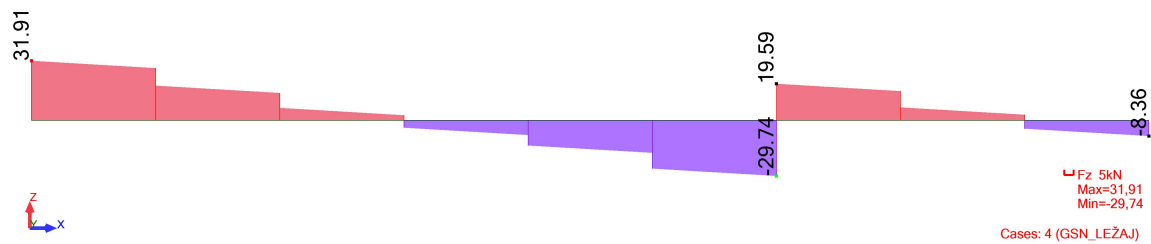
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3566}{0.965 \cdot 42 \cdot 43.48} = 2.02 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø14 (A<sub>s</sub>=4.62 cm<sup>2</sup>)

### 12.2.2. Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN



Slika 12.12. GSN greda ležaj Fz

beton C 30/37

$$V_{Ed} = 31.91 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{420}} = 1.69 \leq 2$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 42 \text{ cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\emptyset 14 + 3\emptyset 14}{30 \cdot 42} = \frac{7.70}{30 \cdot 42} = 0.0061$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$31.91 \text{ kN} \leq V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.69 \cdot (100 \cdot 0.0061 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 420 = 67.33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq [V_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 53.05 \text{ kN}$$

$$V_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1,69^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,421$$

Nije potrebna računaska armatura.

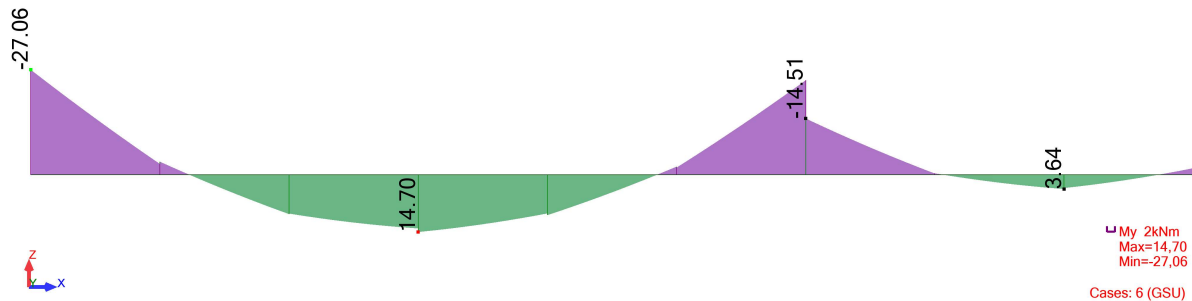
Minimalna (konstruktivna) armatura:

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.45 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø10/30 (A<sub>sw</sub>=0.79 cm<sup>2</sup>)

### 12.2.3. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU

#### • Kontrola pukotina

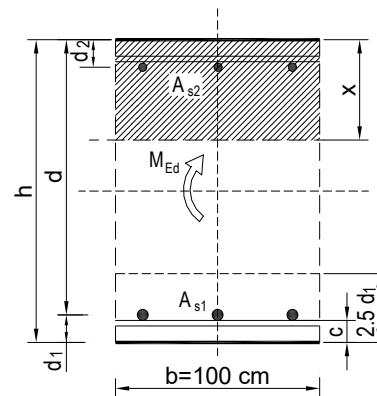


Slika 12.13. GSU greda polje  $M_y$

Mjerodavni moment:

$$M_{Ed} = 14.70 \text{ kNm/m}$$

$b =$	30,0 cm	$d =$	42,0 cm	$h =$	47,0 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>	$A_{s2} =$	3,08 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
$M_{Ed} =$	14,7 kNm	$k_1 =$	0,40		
$\sigma_s =$	81,02 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	7,79 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0123		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	-0,000100 <	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000243		
$\emptyset =$	14,0 mm	$c =$	4,30 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	339,38 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,082 mm	<	$w_g$		

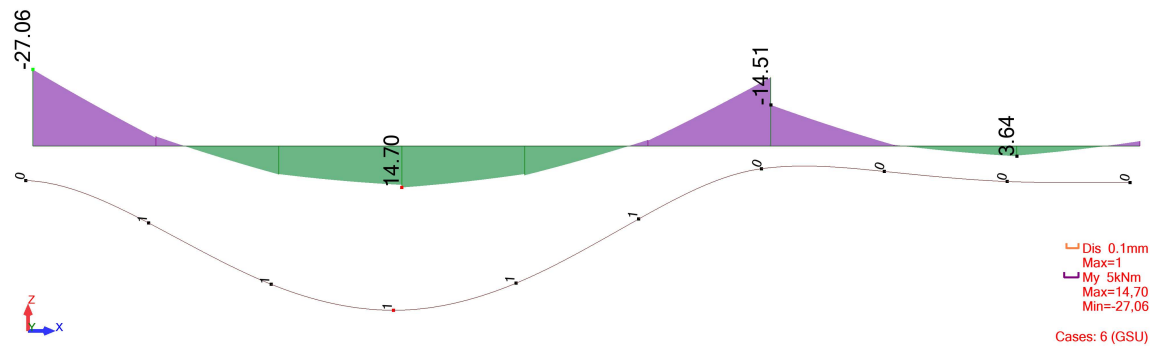


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.082 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

• **Kontrola progiba**



Slika 12.14. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{6400}{250} = 25.6 \text{ mm}$$

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

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

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

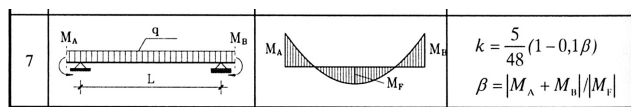
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|27.06 + 14.51|}{14.70} = 2.83$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.83) = 0.075$$



$$A_{s1} = 4.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3.08 \text{ cm}^2$$

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

$$= \frac{30 \cdot 47^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 4.62 \cdot \left( \frac{47}{2} - 5 \right)^2 + 3.08 \cdot \left( \frac{47}{2} - 5 \right)^2 \right] = 275527.57 \text{ cm}^4$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{c,\text{eff}} \cdot I_I} = \frac{1470}{3300 \cdot 275527.57} = 0.0000016 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 9.98 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{30 \cdot 9.98^3}{12} + (30 \cdot 9.98) \cdot \left( \frac{9.98}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [4.62 \cdot (42 - 9.98)^2 + 3.08 \cdot (9.98 - 5)^2] \\ &= 39107.99 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{E_{c,\text{eff}} \cdot I_{II}} = \frac{1470}{3300 \cdot 39107.99} = 0.000014 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 82.27 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{30 \cdot 47^2}{6} = 32030.5$$

$$\sigma_{sr} = \frac{32030.5}{\left( 42 - \frac{9.98}{3} \right) \cdot 4.62} = 179.27 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 179.27 \text{ MPa}$$

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

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

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{179.27}{82.27} \right)^2 = 1.37$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000016 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000014 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 1.37) \cdot 0.0000016 + 1.37 \cdot 0.000014 = 0.000019 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.075$$

$$L = 640 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.075 \cdot 640^2 \cdot 0.000019 = 0.58 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.52 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

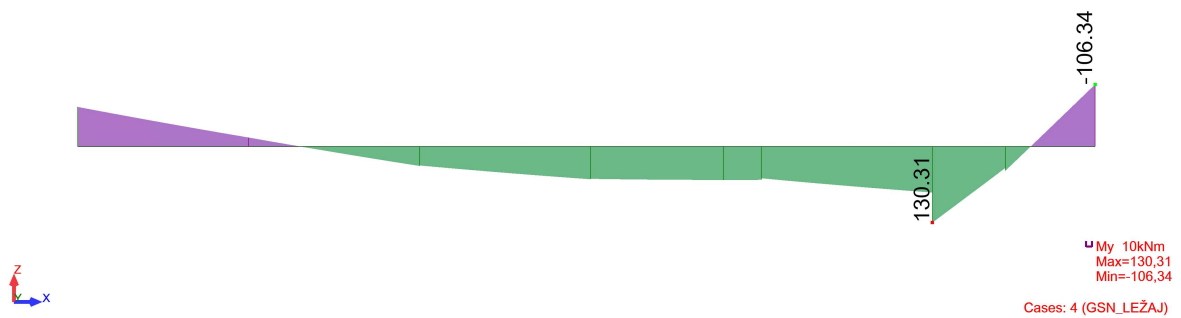


### 12.3. Gredni nosač POZ 101 (30x55)

#### 12.3.1. Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN



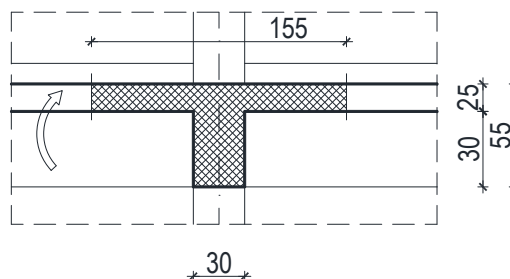
Slika 12.15. GSN greda polje My



Slika 12.16. GSN greda ležaj My

Utjecajna širina:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \frac{L_0}{5} = 30 + \frac{625}{5} = 155 \text{ cm} \quad (L_0 = L \text{ za prostu gredu})$$



Slika 12.17. Poprečni presjek grede u polju

- **Proračun u polju**

$$M_{Ed} = 134.12 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13412}{155 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0,017$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.974 \quad \xi = 0.074$$

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 50 = 3.70 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13412}{0.974 \cdot 50 \cdot 43.48} = 6.33 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 4Ø16 (As=8.04 cm<sup>2</sup>)

- **Proračun na ležaju**

$$M_{Ed} = 106.36 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10636}{30 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0.071$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.944 \quad \xi = 0.153$$

$$x = \xi \cdot d = 0.153 \cdot 50 = 7.65 \text{ cm} < h_{pl}$$

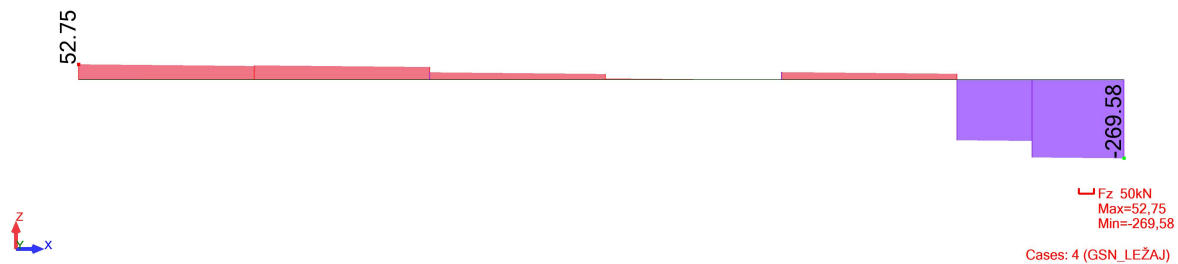
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10636}{0.944 \cdot 50 \cdot 43.48} = 5.18 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø16 (As=6.03 cm<sup>2</sup>)

### 12.3.2. Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN



Slika 12.18. GSN greda ležaj Fz

beton C 30/37

$$V_{Ed} = 269.58 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1.63 \leq 2$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 50 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\emptyset 14 + 3\emptyset 16}{30 \cdot 50} = \frac{3.08 + 6.03}{30 \cdot 50} = 0.0061$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$269.58 \text{ kN} \geq V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.0061 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 300 \cdot 500 = 77.32 \text{ kN}$$

Potrebna je računaska armature:

$$V_{Ed} = 269.58 \text{ kN} \geq V_{Rd,c} = \left[ V_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 59.85 \text{ kN}$$

$$V_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1,63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 300 \cdot 500 \cdot 20.00 = 792.00 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 269.58 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 792.00 \text{ kN}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{269.58}{792.00} = 0.34 \Rightarrow V_{Ed} = 0.34 V_{Rd,max}$$

$$S_{max} = \min\{0,75d; 30\} \Rightarrow S_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.001$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.45 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 55) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1 = 113.35 \text{ kN}$$

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

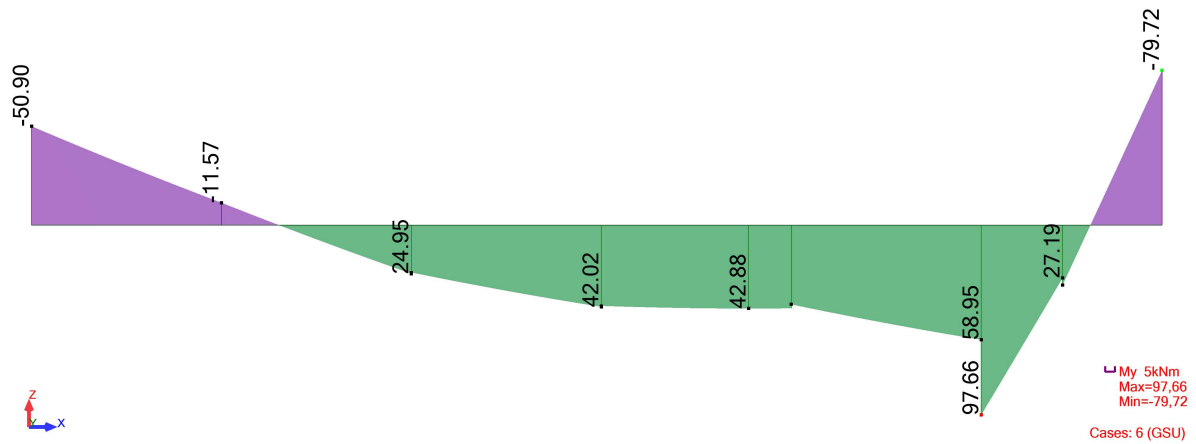
Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$S_w = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 55}{269.58} = 12.61 \text{ cm}$$

Postaviti spone **Ø10/10** ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

### 12.3.3. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU

#### • Kontrola pukotina

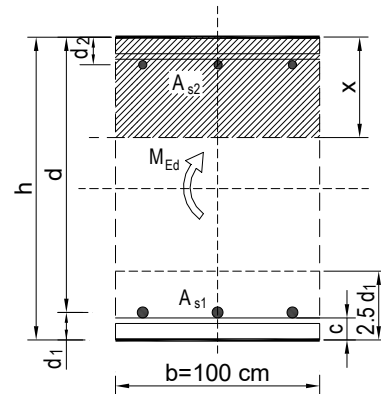


Slika 12.19. GSU greda polje  $M_y$

Mjerodavni moment:

$$M_{Ed} = 97.66 \text{ kNm/m}$$

$b =$	30,0 cm	$d =$	50,0 cm	$h =$	55,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	8,04 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	97,7 kNm	$k_1 =$	0,40		
$\sigma_s =$	262,53 MN/m <sup>2</sup>	$\rho_{p,eff} =$	0,0214		
$x =$	10,96 cm	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000788		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,001007 >				
$\varnothing =$	16,0 mm	$c =$	4,20 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	269,67 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,272 mm	<	$w_g$		

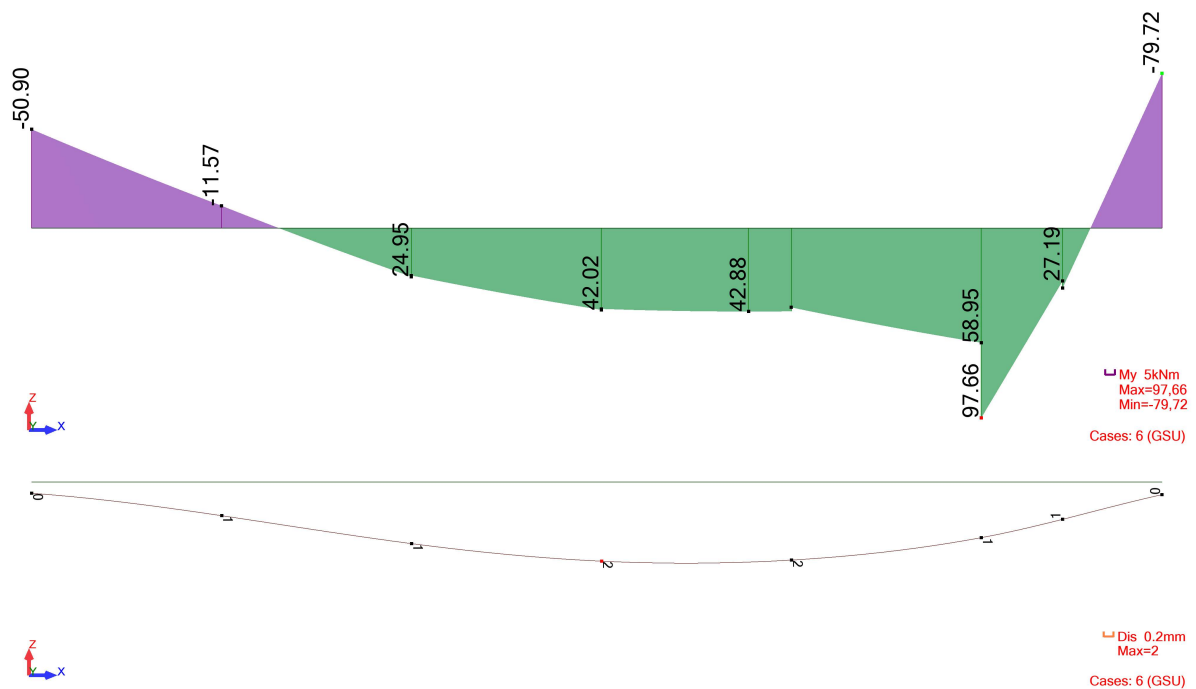


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.272 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Kontrola progiba**

Slika 12.20. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{6250}{250} = 25.00 \text{ mm}$$

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

$E_{cm} = 33000$  MPa

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

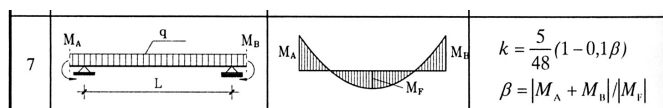
Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|50.90 + 79.72|}{42.02} = 3.11$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.11) = 0.072$$



$$A_{s1} = 8.04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3.08 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{30 \cdot 55^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 8.04 \cdot \left( \frac{55}{2} - 5 \right)^2 + 3.08 \cdot \left( \frac{55}{2} - 5 \right)^2 \right] = 450052.27 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{4202}{3300 \cdot 450052.27} = 0.0000028 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 12.91 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{30 \cdot 12.91^3}{12} + (30 \cdot 12.91) \cdot \left( \frac{12.91}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [8.04 \cdot (50 - 12.91)^2 + 3.08 \cdot (12.91 - 5)^2] \\ &= 89710.52 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{4202}{3300 \cdot 89710.52} = 0.000014 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 114.37 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{30 \cdot 55^2}{6} = 43862.5$$

$$\sigma_{sr} = \frac{43862.5}{\left( 50 - \frac{12.91}{3} \right) \cdot 8.04} = 119.39 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 119.39 \text{ MPa}$$

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

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

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sf}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{119.39}{114.37} \right)^2 = 0.46$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000034 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000014 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.46) \cdot 0.0000028 + 0.46 \cdot 0.000014 = 0.000008 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.072$$

$$L = 625 \text{ cm}$$

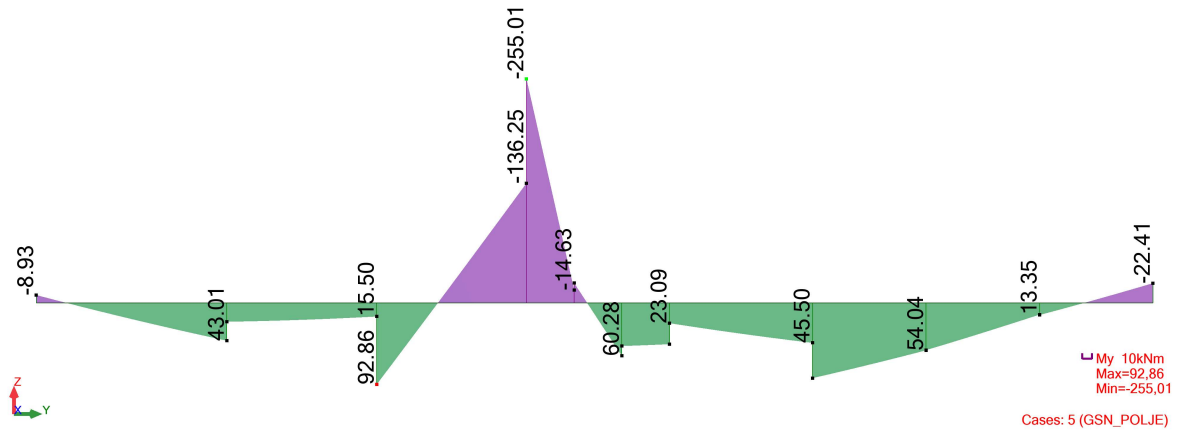
$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.072 \cdot 625^2 \cdot 0.000008 = 0.23 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 2.50 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

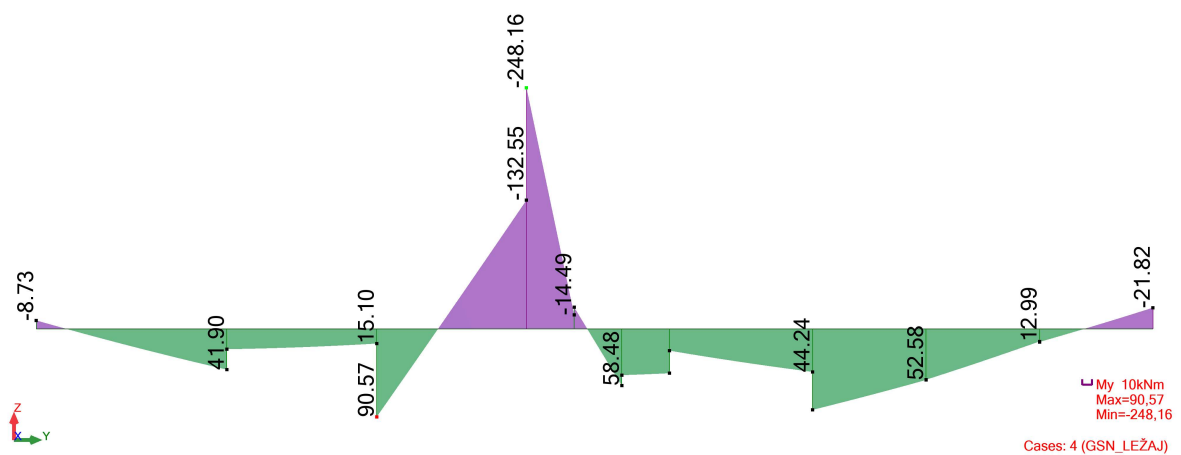


## 12.4. Gredni nosač POZ 102 (30x55)

### 12.4.1. Dimenzioniranje grede na savijanje – GSN



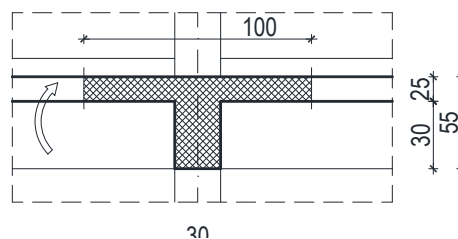
Slika 12.22. GSN greda polje  $M_y$



Slika 12.23. GSN greda ležaj  $M_y$

Utjecajna širina:

$$b_{\text{eff}} = b_1 + b_0 + b_2 = \frac{L_0}{10} + 30 + \frac{L_0}{10} = \frac{0.85 \cdot 360}{10} + 30 + \frac{0.85 \cdot 460}{10} = 100 \text{ cm} \quad (L_0 = L \cdot 0.85 \text{ za prvo polje})$$



Slika 12.24. Poprečni presjek grede u polju

- **Proračun u polju**

$$M_{Ed} = 92.86 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9286}{100 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0.019$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.974 \quad \xi = 0.074$$

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 50 = 3.70 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{9286}{0.974 \cdot 50 \cdot 43.48} = 4.39 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 3Ø16 (As=6.03 cm<sup>2</sup>)

- **Proračun na ležaju 0**

$$M_{Ed} = 21.82 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2182}{30 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0.014$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0.977 \quad \xi = 0.065$$

$$x = \xi \cdot d = 0.065 \cdot 50 = 3.25 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2182}{0.977 \cdot 50 \cdot 43.48} = 1.03 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA 2Ø16 (As=4.02 cm<sup>2</sup>)

- **Proračun na ležaju 1**

$M_{Ed} = 190.34 \text{ kNm}$  (srednja vrijednost)

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19034}{30 \cdot 50^2 \cdot 2.0} = 0.127$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$      $\varepsilon_{c2} = 2.9 \text{ ‰}$      $\zeta = 0.910$      $\xi = 0.225$

$x = \xi \cdot d = 0.225 \cdot 50 = 11.25 \text{ cm} < h_{pl}$

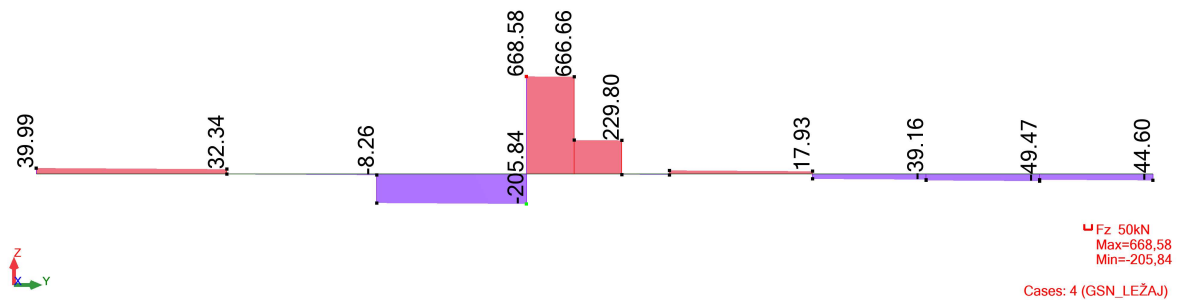
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19034}{0.910 \cdot 50 \cdot 43.48} = 9.62 \text{ cm}^2$$

Minimalna armature:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} = 0.4 \cdot 1.0 \cdot 0.29 \cdot \frac{2.5 \cdot 5 \cdot 30}{43.48} = 1.00 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA 5Ø16** ( $A_s = 10.05 \text{ cm}^2$ )

#### 12.4.2. Dimenzioniranje grede na poprečnu silu - GSN



Slika 12.25. GSN greda ležaj Fz

beton C 30/37

- **Ležaj 0**

$V_{Ed} = 44.60 \text{ kN}$  (srednja vrijednost)

$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1.63 \leq 2$$

$$b_w = 30\text{cm} \quad d = 50\text{cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\emptyset 14 + 2\emptyset 16}{30 \cdot 50} = \frac{3.08 + 4.02}{30 \cdot 50} = 0.0047$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$44.60\text{ kN} < V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.0047 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 300 \cdot 50 = 70.88\text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq [V_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 59.85\text{ kN}$$

$$V_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1,63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nije potrebna računaska armatura.

Minimalna (konstruktivna) armatura:

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.45\text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø10/30 ( $A_{sw}=0.79\text{ cm}^2$ )

- **Ležaj 1**

$$V_{Ed} = 437.21\text{ kN (srednja vrijednost)}$$

$$N_{Ed} = 0.0\text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1.63 \leq 2$$

$$b_w = 30\text{cm} \quad d = 50\text{ cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2\emptyset 14 + 5\emptyset 16}{30 \cdot 50} = \frac{3.08 + 10.05}{30 \cdot 50} = 0.0088$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$437.21\text{ kN} \geq V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.63 \cdot (100 \cdot 0.0088 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 300 \cdot 500 = 87.36\text{ kN}$$

Potrebna je računaska armature:

$$V_{Ed} = 437.21\text{ kN} \geq V_{Rd,c} = [V_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 59.85\text{ kN}$$

$$V_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.63^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 300 \cdot 500 \cdot 20.00 = 792.00\text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 437.21 \leq V_{Rd,max} = 792.00\text{ kN}$$

$$v = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{437.21}{792.00} = 0,55 \Rightarrow V_{Ed} = 0,55V_{Rd,max}$$

$$S_{max} = \min\{0,75d; 30\} \Rightarrow S_{max} = 30\text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,001$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.45\text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** ( $A_{sw}=0.79\text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = \frac{43.48 \text{ kN}}{\text{cm}^2}$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 55) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1 = 113.35 \text{ kN}$$

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

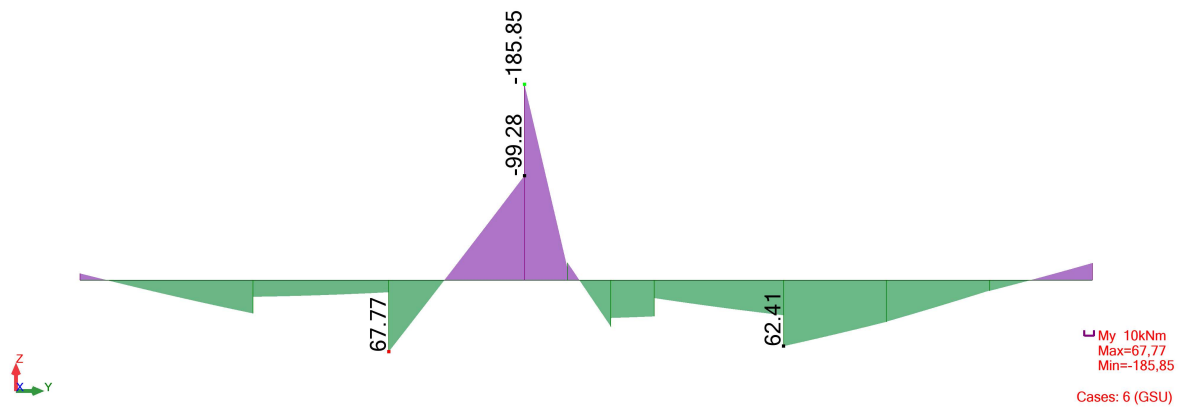
Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$S_w = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 55}{437.21} = 7.77 \text{ cm}$$

Postaviti spone Ø10/7 ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

### 12.4.3. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti – GSU

- **Kontrola pukotina**

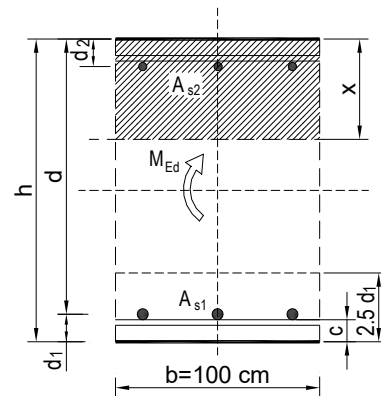


Slika 12.26. GSU greda polje  $M_y$

Mjerodavni moment:

$$M_{Ed} = 67.77 \text{ kNm/m}$$

$b =$	30,0 cm	$d =$	50,0 cm	$h =$	55,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	6,03 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	3,08 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
$M_{Ed} =$	67,8 kNm	$k_1 =$	0,40		
$\sigma_s =$	240,77 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	9,65 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0161		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000808 >	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000722		
$\emptyset =$	16,0 mm	$c =$	4,20 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	311,95 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,252 mm	<	$w_g$		

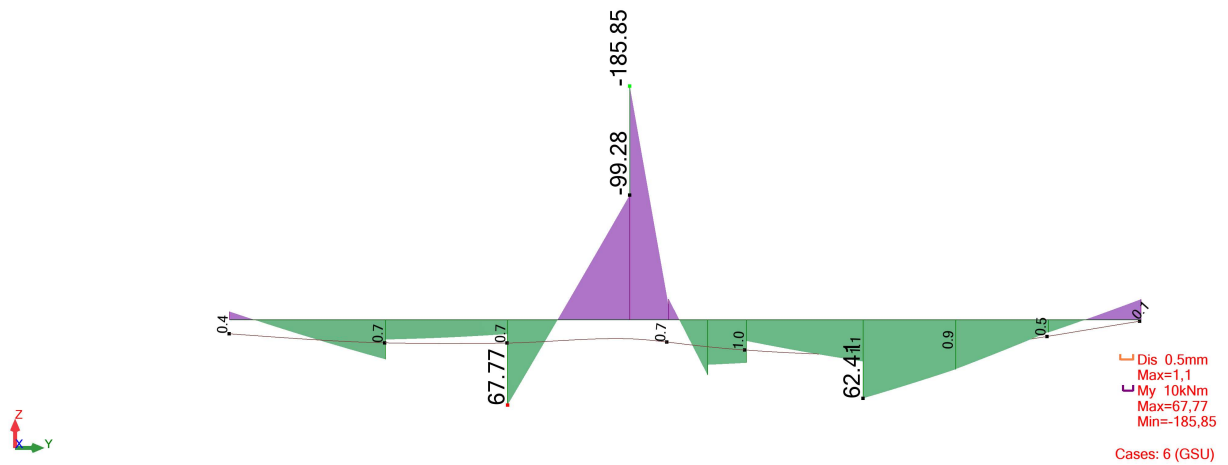


Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0.252 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

**Pukotine zadovoljavaju!**

- **Kontrola progiba**

Slika 12.27. Prikaz progiba  $U_z$  [mm]

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{4600}{250} = 18.4 \text{ mm}$$

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa $E_{cm} = 33000$  MPa

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B;  $E_s=200.0$  GPa

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6.06$$

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

$$\beta = \frac{|M_A + M_B|}{|M_F|} = \frac{|142.57 + 16.34|}{62.41} = 2.55$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.55) = 0.077$$

7		$k = \frac{5}{48} (1 - 0.1\beta)$ $\beta =  M_A + M_B  /  M_F $
---	--	---

$$A_{s1} = 6.03 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3.08 \text{ cm}^2$$



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

$$= \frac{30 \cdot 55^3}{12} + 6.06 \cdot \left[ 6.03 \cdot \left( \frac{55}{2} - 5 \right)^2 + 3.08 \cdot \left( \frac{55}{2} - 5 \right)^2 \right] = 443885.84 \text{ cm}^4$$

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

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{6241}{3300 \cdot 443885.84} = 0.0000043 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

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

$$x = 11.85 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{30 \cdot 11.85^3}{12} + (30 \cdot 11.85) \cdot \left( \frac{11.85}{2} \right)^2 + 6.06 \cdot [6.03 \cdot (50 - 11.85)^2 + 3.08 \cdot (11.85 - 5)^2]$$

$$= 70699.62 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{6241}{3300 \cdot 70699.62} = 0.000027 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 224.75 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2.9 \cdot \frac{30 \cdot 55^2}{6} = 43862.5$$

$$\sigma_{sr} = \frac{43862.5}{\left( 50 - \frac{12.91}{3} \right) \cdot 8.04} = 119.39 \text{ MPa}$$

$$\Sigma_{sr} = 119.39 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1.0$  - Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0.5$  - Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left( \frac{\sigma_{sf}}{\sigma_s} \right)^2 = 1 - 1.0 \cdot 0.5 \cdot \left( \frac{119.39}{224.75} \right)^2 = 0.86$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000034 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0.000027 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0.86) \cdot 0.0000043 + 0.86 \cdot 0.000027 = 0.000024 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0.077$$

$$L = 460 \text{ cm}$$

$$v_{\text{tot},t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}} = 0.077 \cdot 460^2 \cdot 0.000024 = 0.39 \text{ cm} < v_{\text{lim}} = 1.84 \text{ cm}$$

**Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!**

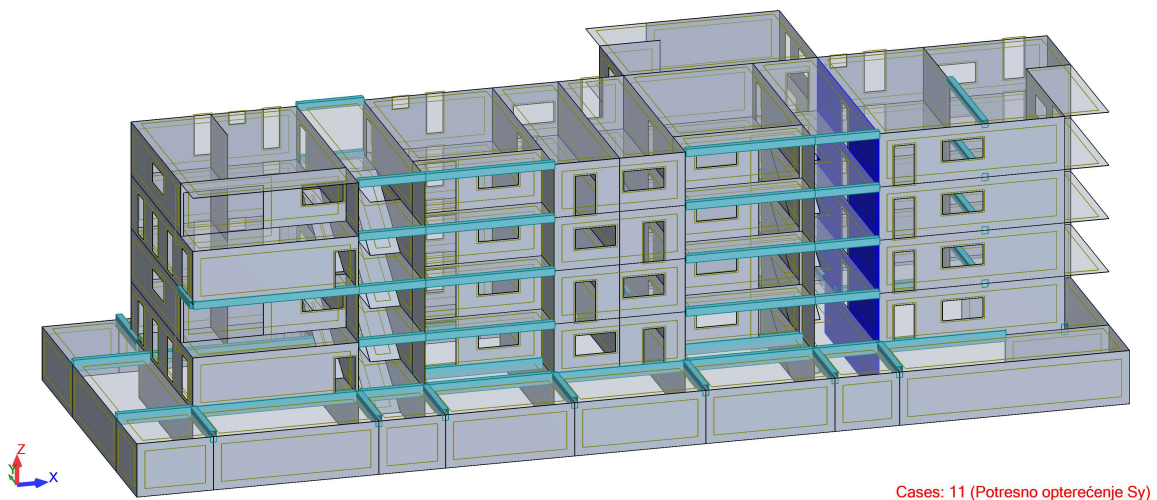
## 13. PRORAČUN ZIDOVA

### 13.1. Proračun zida u y smjeru

Proračun zidova proveden je prema EC-8 (Projektiranje konstrukcija na otpornost potresa). Proračun je proveden za dva karakteristična zida, jedan u smjeru X, a drugi u smjeru Y.

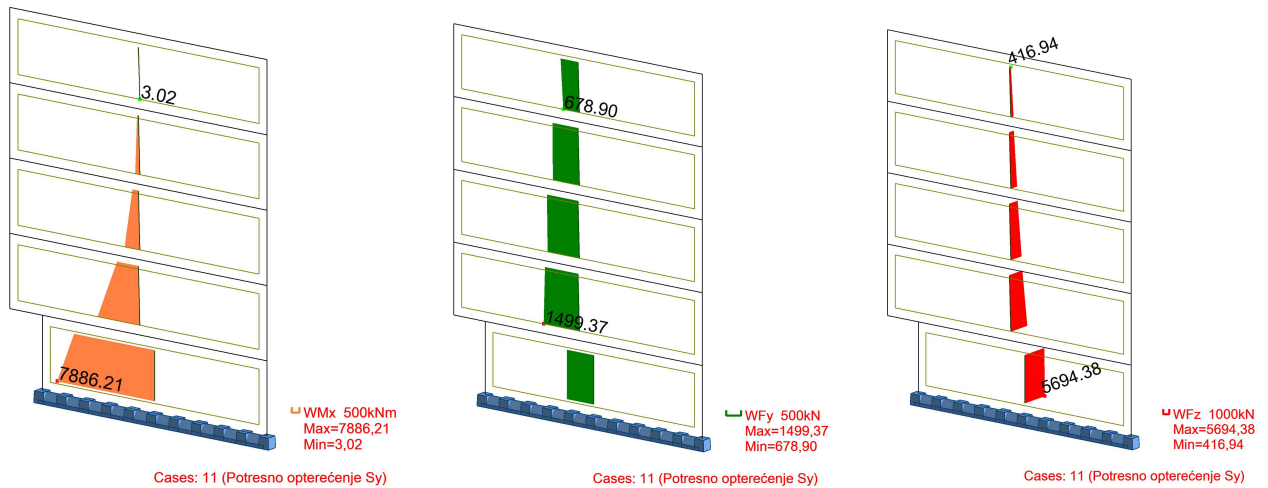
Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 30 cm od betona C30/37, armirani sa B500B te debljinom zaštitnog sloja iznosa 3 cm.

Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile  $M$ ,  $N$  i  $V$ .

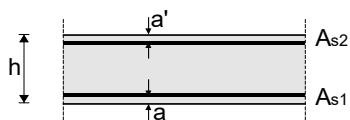


Slika 13.1. Položaj proračunatog zida u y smjeru (3D)

Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju seizmičku kombinaciju u smjeru zida. Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021 te su prikazani u nastavku.

Slika 13.2.  $M, V, N$  diagrami

Poprečni presjek zida:



$$h=30.0 \text{ cm}$$

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

**BETON:**

C30/37

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

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

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

**ARMATURA:**

B500B

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

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

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

Karakteristike proračunatog zida:

$$h_s = 270 \text{ cm} \rightarrow \text{visina etaže}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{debljina zida}$$

$$l_w = 1110 \text{ cm} \rightarrow \text{duljina zida}$$

$$h_w = 1350 \text{ cm} \rightarrow \text{visina zida}$$

$$n=5 \rightarrow \text{broj etaža}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \rightarrow \text{zaštitni sloj}$$

Klasa duktilnosti - DCM

**13.1.1. Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu**

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{166.5 \text{ cm} ; 45 \text{ cm}\}$

→  $l_{c0} = 45 \text{ cm}$

Vitkost zida:  $H_w/l_w = (5 \cdot 270)/1110 = 1.22 < 2 \rightarrow$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\{l_w; \frac{h_w}{6}\} = \max\{1110 \text{ cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 1110 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:  $b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{166.5 \text{ cm} ; 45 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$

Dimenzioniranje zida vrši se pomoću dijagrama interakcije momenata savijanja i uzdužne sile.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot l_w^2 \cdot f_{cd}} = \frac{788621}{30 \cdot 1110^2 \cdot 2.0} = 0.01$$

$$\nu_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{5694.38}{30 \cdot 1110 \cdot 2.0} = 0.086$$

Za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjere  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) iz dijagrama inetrakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ ):

$$\alpha = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = 1.0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = \frac{3.0}{1110} = 0.003$$

Očitano:  $\omega=0.05$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b_w \cdot l_w \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.05 \cdot 30 \cdot 1110 \cdot \frac{2.0}{43.48} = 76.69 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **22Ø22** ( $A_s=83.62 \text{ cm}^2$ )

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 1104 = 49.68 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 22Ø22 ( $A_{s1} = 83.62 \text{ cm}^2$ )

### 12.1.2. Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 30 \cdot 100 = 6 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

$$\rho_v = \frac{7.7}{30 \cdot 100} = 0.00257$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.53$$

$\alpha_{cw} = 1.0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$\text{tg}\theta = 1.0 \rightarrow$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 1110 = 888 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 888 \cdot 0.53 \cdot 2.0}{1 + 1} = 21178.8 \text{ kN} > 1499.37 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{7886.21}{1499.37 \cdot 11.10} = 0.47$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta} = \frac{1499.37}{45 \cdot (0.8 \cdot 1110) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.000863$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v = 0.00064)$$

$$\rho_{h,min} > 0.001$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 4.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

### 13.1.3. Detaljiranje lokalne duktilnosti

$b_0$  – širina objijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  –bruto širina objijene jezgre

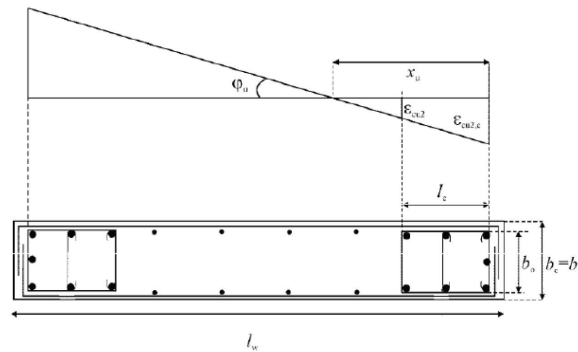
$x_u$  –visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  –granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  –granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0.0035

$\alpha$  –faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  –mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 13.3. Shema potresne armature

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (3 + 0.5) = 23 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

$$A_{sv} = 7.7 \text{ cm}^2$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{770}{300 \cdot 1000} = 0.0026$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.0026 \cdot 434.8}{20} = 0.06$$

→ mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{5694.38}{30 \cdot 1110 \cdot 2.0} = 0.086 < 0.4 \text{ za DCM} \rightarrow \text{Zadovoljava}$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$T_1 = Ct \cdot H^{0.75} = 0.344 \quad T_C = 0.4 \quad q_0 = 2.5$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} \quad \leftrightarrow \text{ ako je } T_C > T_1$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \leftrightarrow \text{ ako je } T_1 > T_C$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} = 1 + 2 \cdot (2.5 - 1) \cdot \frac{0.4}{0.352} = 4.4$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = \frac{434.8}{200000} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot 4.4 \cdot (0.086 + 0.06) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{23} - 0.035 = 0.020$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0035 + 0.1 \cdot 0.020 = 0.0055$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0.086 + 0.06) \cdot \frac{1110 \cdot 30}{23} = 211.38 \text{ cm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} = 211.38 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0055}\right) = 76.86 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{ duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$\rightarrow \{166.5 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 76.86 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 166.5 \text{ cm}$$

Odabrana debljina rubnog elementa: 200 cm

Odabrana armatura: **22Ø22** ( $A_{s1} = 83.62 \text{ cm}^2$ )

Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje.

$$A_{s,min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 27.0 \text{ cm}^2$$



$$A_{s,max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 216.0 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

#### 13.1.4. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **22Ø22 , Q – 385**

Najmanji promjer spona: 7 mm

Razmak spona:  $S_w \leq (8 \cdot d_{Bl} ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) \rightarrow S_w = 10 \text{ cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.020$$

Faktor učinkovitosti uvijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$\alpha_n, \alpha_s$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj/horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 1 - \frac{2 \cdot 10 \cdot 20^2}{(6 \cdot 23 \cdot 200)} = 0.710$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 23}\right) \cdot \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 200}\right) = 0.763$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.710 \cdot 0.763 = 0.542$$

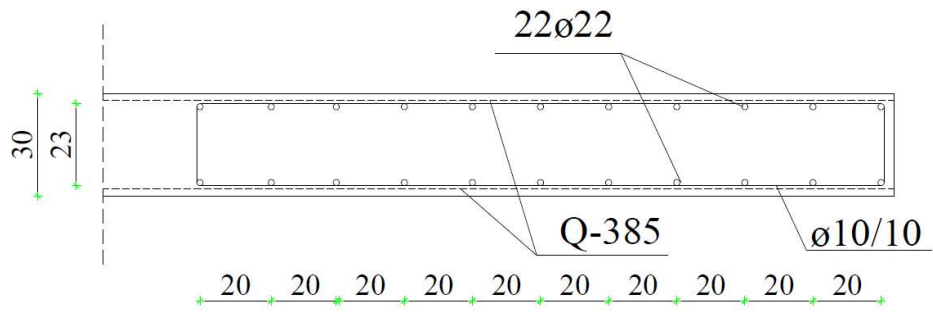
Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_v = 2 \cdot 23 + 2 \cdot 200 = 446.0 \text{ cm}$$

$$\text{Unutarnjih } L_u = 0 = 0.0 \text{ cm}$$

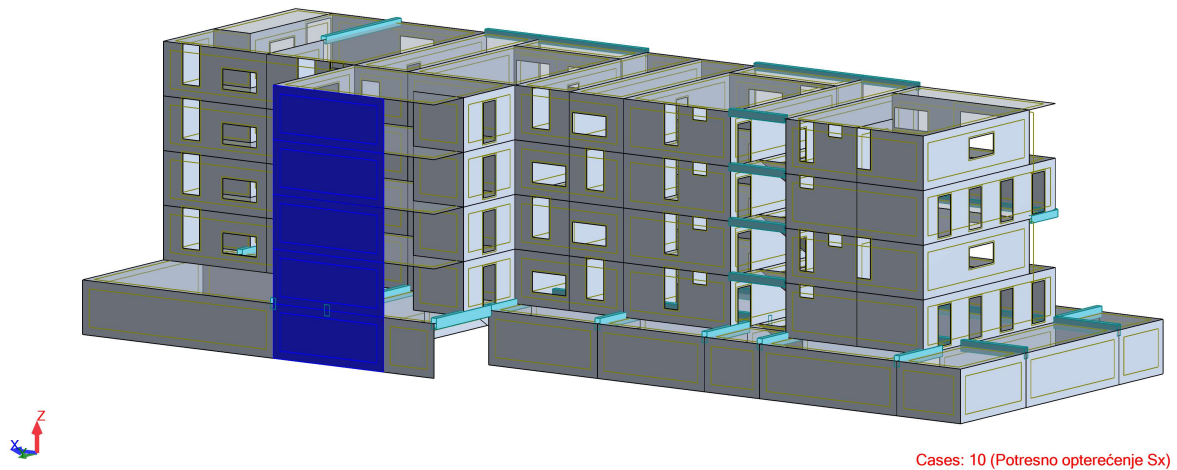
$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \cdot (446 + 0) \cdot \frac{100}{10}}{23 \cdot 200 \cdot 100} \cdot \frac{43.48}{2.0} = 0.165 > 0.08$$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.542 \cdot 0.165 = 0.089 > 0.020$  → Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

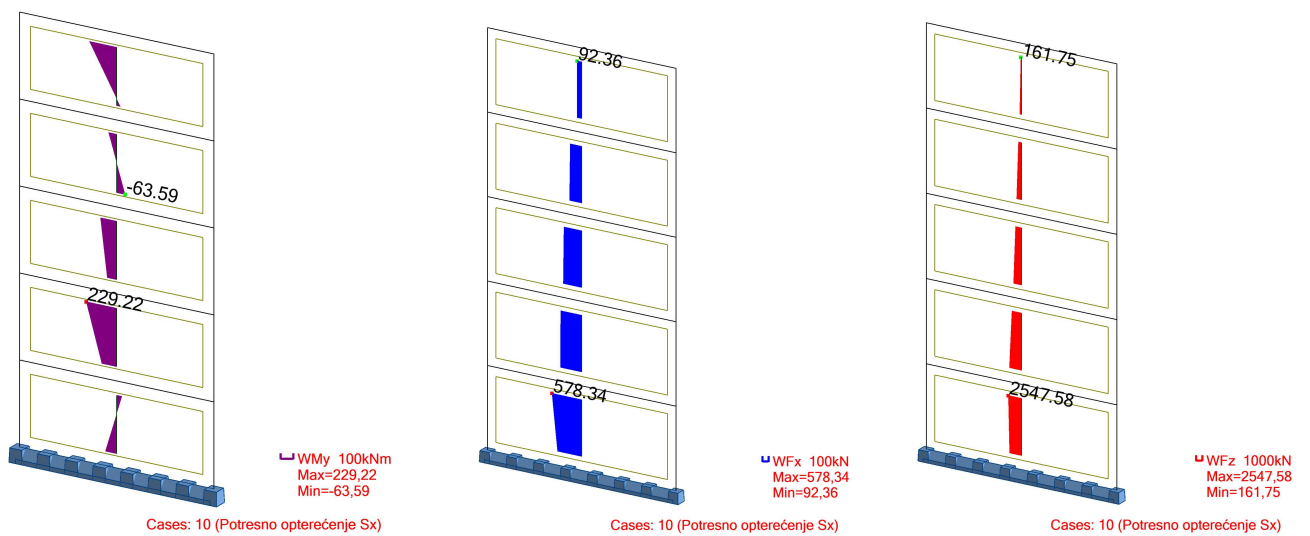


Slika 13.4. Prikaz armature karakterističnog zida

### 13.2. Proračun zida u x smjeru (potresna kombinacija)

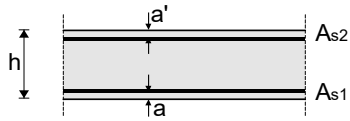


Slika 13.5. Položaj proračunatog zida u x smjeru (3D)



Slika 13.6. M, V i N diagram

Poprečni presjek zida:



$$h=30.0 \text{ cm}$$

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

**BETON:**

C30/37

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

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

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

**ARMATURA:**

B500B

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

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

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

Karakteristike proračunatog zida:

$$h_s = 270 \text{ cm} \rightarrow \text{visina etaže}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{debljina zida}$$

$$l_w = 660 \text{ cm} \rightarrow \text{duljina zida}$$

$$h_w = 1350 \text{ cm} \rightarrow \text{visina zida}$$

$$n=5 \rightarrow \text{broj etaža}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \rightarrow \text{zaštitni sloj}$$

Klasa duktilnosti – DCM

### 13.2.1. Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu

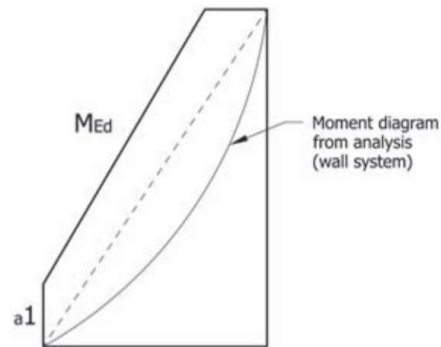
$$\text{Dužina rubnog serklaža: } l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\}$$

$$\rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Vitkost zida: } H_w/l_w = (5 \cdot 270)/660 = 2.05 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

Potrebno je povećanje reznih sila (momenata savijanja I poprečne sile) koristeći proračunsku ovojnicu momenata savijanja odnosno poprečne sile.

Povećanje momenata savijanja vrši se na sljedeći način:



Slika 13.7. Proračunska ovojnica momenata savijanja

pri čemu je:

a -momentni diagram prema proračunu

b – proračunska ovojnica

$a_1$  – vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta = 0.8 \cdot l_w \cdot \text{ctg}\theta$ , pri čemu je:

$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$  – odabrano:  $\text{ctg}\theta = 1$

$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta = 0.8 \cdot 660 \cdot 1 = 528 \text{ cm}$

Povećanje poprečnih sila vrši se pomoću izraza:

$V_{ed} = \varepsilon \cdot V'_{ed}$ , pri čemu je:

$V_{ed}$  –korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  –faktor uvećanja ovisno za klasu duktilnosti, za klasu DCM  $\varepsilon = 1.5$

$V'_{ed}$  –proračunska poprečna sila

$V_{ed} = \varepsilon \cdot V'_{ed} = 1.5 \cdot 548.34 = 822.51 \text{ kN}$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile:

$$v_{ed} = \frac{N_{ed}}{b_w \cdot l_w \cdot f_{cd}} = \frac{2547.58}{30 \cdot 660 \cdot 2} = 0.064 < 0.4 - \text{zadovoljava}$$

$$\text{Visina kritične zone: } h_{cr} = \max\left\{l_w; \frac{h_w}{6}\right\} = \max\{660 \text{ cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 660 \text{ cm}$$

$$\text{Širina rubnog serklaža: } b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje zida vrši se pomoću dijagrama interakcije momenata savijanja i uzdužne sile.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot l_w^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22922}{30 \cdot 660^2 \cdot 2.0} = 0.0009$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2547.58}{30 \cdot 660 \cdot 2.0} = 0.064$$

Za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjere  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) iz dijagrama inetrakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ ):

$$\alpha = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = 1.0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = \frac{3.0}{660} = 0.0045$$

Očitano:  $\omega=0.05$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b_w \cdot l_w \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.05 \cdot 30 \cdot 660 \cdot \frac{2.0}{43.48} = 45.54 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **12Ø22** ( $A_s=45.62 \text{ cm}^2$ )

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 654 = 29.43 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: 12Ø22** ( $A_{s1} = 45.62 \text{ cm}^2$ )

### 13.2.2. Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 30 \cdot 100 = 6 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

$$\rho_v = \frac{7.7}{30 \cdot 100} = 0.00257$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.53$$

$\alpha_{cw} = 1.0$  → za konstrukcije koje nisu prednapete

$\text{tg}\theta = 1.0$  → nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 660 = 528 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 528 \cdot 0.53 \cdot 2.0}{1 + 1} = 12592.8 \text{ kN} > 822.51 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{229.22}{822.51 \cdot 6.6} = 0.042$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot \text{ctg}\theta} = \frac{822.51}{45 \cdot (0.8 \cdot 660) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.000796$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v = 0.00064)$$

$$\rho_{h,min} = 0.001$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 4.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

### 13.2.3. Detaljiranje lokalne duktilnosti

$b_0$  – širina objijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  –bruto širina objijene jezgre

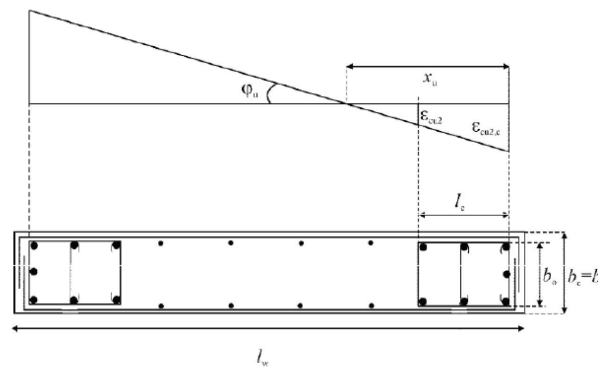
$x_u$  –visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  –granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0.0035

$\alpha$  –faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  –mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 13.8. Shema potresne armature

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (3 + 0.5) = 23 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

$$A_{sv} = 7.7 \text{ cm}^2$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{770}{300 \cdot 1000} = 0.0026$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.0026 \cdot 434.8}{20} = 0.06$$

→ mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2547.58}{30 \cdot 660 \cdot 2.0} = 0.064 < 0.4 \text{ za DCM} \rightarrow \text{Zadovoljava}$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$T_1 = Ct \cdot H^{0.75} = 0.344 \quad T_C = 0.4 \quad q_0 = 2.5$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} \quad \leftrightarrow \text{ ako je } T_C > T_1$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \leftrightarrow \text{ ako je } T_1 > T_C$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} = 1 + 2 \cdot (2.5 - 1) \cdot \frac{0.4}{0.352} = 4.4$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = \frac{434.8}{200000} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 4.4 \cdot (0.064 + 0.06) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{23} - 0.035 = 0.011$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0035 + 0.1 \cdot 0.011 = 0.0046$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0.064 + 0.06) \cdot \frac{660 \cdot 30}{23} = 106.74 \text{ cm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} = 106.74 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0046}\right) = 25.52 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$\rightarrow \{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 25.52 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 99 \text{ cm}$$

Odabrana debljina rubnog elementa: 100 cm

Odabrana armatura: **12Ø22** ( $A_{s1} = 45.62 \text{ cm}^2$ )

Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje.



$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 15.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 120.0 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

#### 13.2.4. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **12Ø22 , Q – 385**

Najmanji promjer spona: 7 mm

Razmak spona:  $S_w = 10\text{cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.011$

Faktor učinkovitosti uvijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$\alpha_n, \alpha_s$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj/horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 1 - \frac{2 \cdot 5 \cdot 20^2}{(6 \cdot 23 \cdot 100)} = 0.710$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 23}\right) \cdot \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 100}\right) = 0.743$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.710 \cdot 0.743 = 0.53$$

Duljina spona:

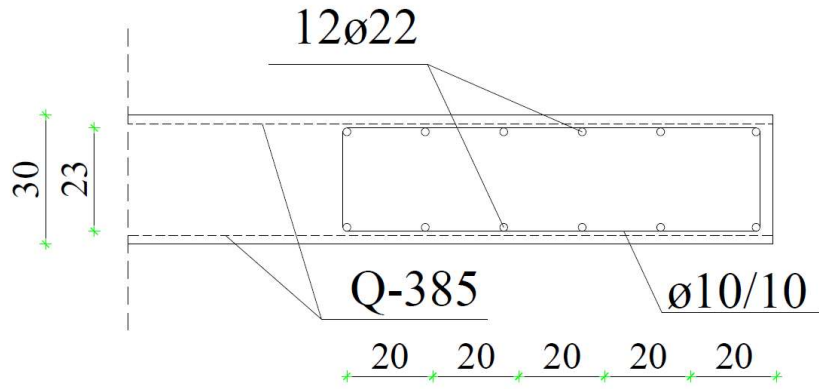
Vanjskih  $L_v = 2 \cdot 23 + 2 \cdot 100 = 246.0 \text{ cm}$

Unutarnjih  $L_u = 0 = 0.0 \text{ cm}$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \cdot (246 + 0) \cdot \frac{100}{10}}{23 \cdot 100 \cdot 100} \cdot \frac{43.48}{2.0} = 0.183 > 0.08$$

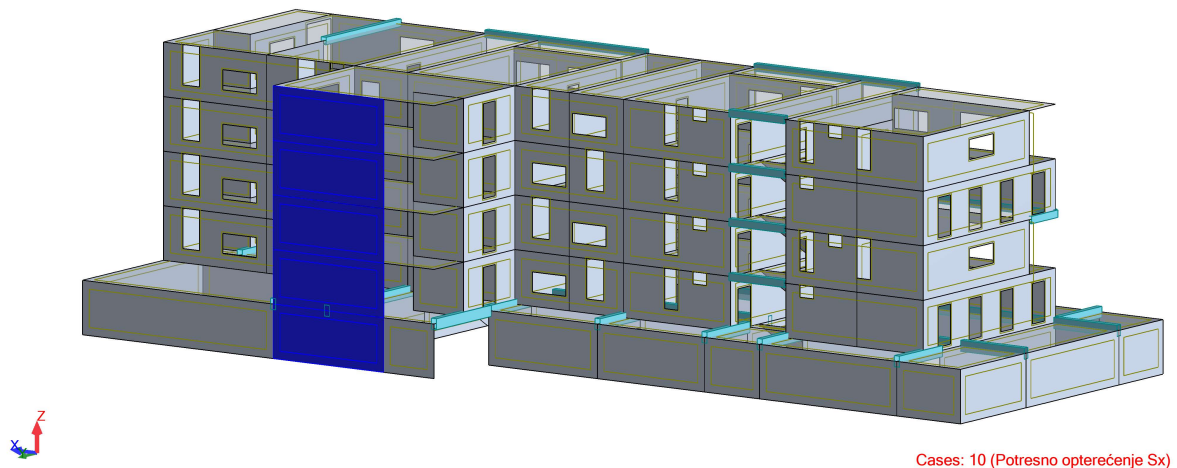
$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.53 \cdot 0.183 = 0.097 > 0.011$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan



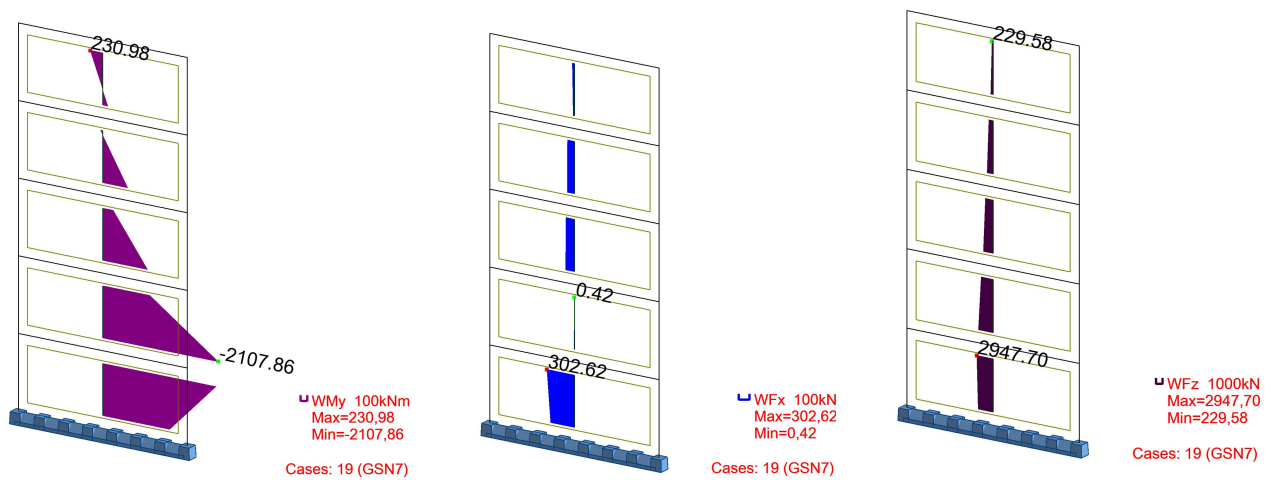
Slika 13.9. Prikaz armature karakterističnog zida

### 13.3. Proračun zida u x smjeru (uobičajena kombinacija)



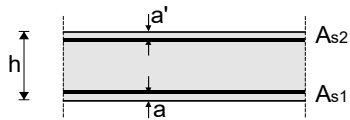
Cases: 10 (Potresno opterećenje Sx)

Slika 13.10. Položaj proračunatog zida u x smjeru (3D)



Slika 13.11. M, V i N diagrami

Poprečni presjek zida:



$$h=30.0 \text{ cm}$$

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

**BETON:**

C30/37

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

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

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

**ARMATURA:**

B500B

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

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

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

Karakteristike proračunatog zida:

$$h_s = 270 \text{ cm} \rightarrow \text{visina etaže}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \rightarrow \text{debljina zida}$$

$$l_w = 660 \text{ cm} \rightarrow \text{duljina zida}$$

$$h_w = 1350 \text{ cm} \rightarrow \text{visina zida}$$

$$n=5 \rightarrow \text{broj etaža}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm} \rightarrow \text{zaštitni sloj}$$

Klasa duktilnosti – DCM

### 13.3.1. Proračun zida na savijanje i uzdužnu silu

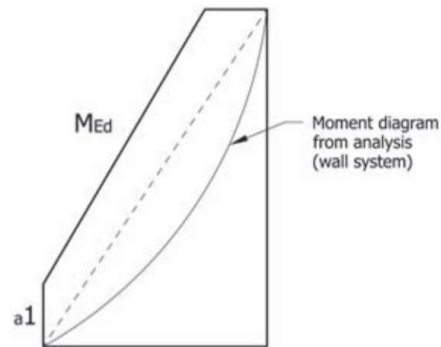
$$\text{Dužina rubnog serklaža: } l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\}$$

$$\rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Vitkost zida: } H_w/l_w = (5 \cdot 270)/660 = 2.05 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

Potrebno je povećanje reznih sila (momenata savijanja I poprečne sile) koristeći proračunsku ovojnicu momenata savijanja odnosno poprečne sile.

Povećanje momenata savijanja vrši se na sljedeći način:



Slika 13.12. Proračunska ovojnica momenata savijanja

pri čemu je:

a -momentni diagram prema proračunu

b – proračunska ovojnica

$a_1$  – vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta = 0.8 \cdot l_w \cdot \text{ctg}\theta$ , pri čemu je:

$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$  – odabrano:  $\text{ctg}\theta = 1$

$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta = 0.8 \cdot 660 \cdot 1 = 528 \text{ cm}$

Povećanje poprečnih sila vrši se pomoću izraza:

$V_{ed} = \varepsilon \cdot V'_{ed}$ , pri čemu je:

$V_{ed}$  –korigirana poprečna sila

$\varepsilon$  –faktor uvećanja ovisno za klasu duktilnosti, za klasu DCM  $\varepsilon = 1.5$

$V'_{ed}$  –proračunska poprečna sila

$V_{ed} = \varepsilon \cdot V'_{ed} = 1.5 \cdot 302.62 = 453.93 \text{ kN}$

Ograničenje normalizirane uzdužne sile:

$$v_{ed} = \frac{N_{ed}}{b_w \cdot l_w \cdot f_{cd}} = \frac{2947.70}{30 \cdot 660 \cdot 2} = 0.074 < 0.4 \text{ – zadovoljava}$$

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\left\{l_w; \frac{h_w}{6}\right\} = \max\{660 \text{ cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 660 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:  $b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$

Dimenzioniranje zida vrši se pomoću dijagrama interakcije momenata savijanja i uzdužne sile.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot l_w^2 \cdot f_{cd}} = \frac{210786}{30 \cdot 660^2 \cdot 2.0} = 0.008$$

$$\nu_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2947.70}{30 \cdot 660 \cdot 2.0} = 0.074$$

Za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjere  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) iz dijagrama inetrakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ ):

$$\alpha = \frac{A_{s1}}{A_{s2}} = 1.0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = \frac{3.0}{660} = 0.0045$$

Očitano:  $\omega=0.05$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b_w \cdot l_w \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.05 \cdot 30 \cdot 660 \cdot \frac{2.0}{43.48} = 45.54 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **12Ø22** ( $A_s=45.62 \text{ cm}^2$ )

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 654 = 29.43 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 12Ø22 ( $A_{s1} = 45.62 \text{ cm}^2$ )

### 13.3.2. Proračun zida na poprečnu silu

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 0.002 \cdot 30 \cdot 100 = 6 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

$$\rho_v = \frac{7.7}{30 \cdot 100} = 0.00257$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.53$$

$\alpha_{cw} = 1.0$  → za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0$  → nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 660 = 528 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 528 \cdot 0.53 \cdot 2.0}{1 + 1} = 12592.8 \text{ kN} > 453.93 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{2107.86}{453.93 \cdot 6.6} = 0.70$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{453.93}{45 \cdot (0.8 \cdot 660) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.00044$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.001; 0.25 \cdot \rho_v = 0.00064)$$

$$\rho_{h,min} = 0.001$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 4.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

### 13.3.3. Detaljiranje lokalne duktilnosti

$b_0$  – širina objijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  –bruto širina ovijene jezgre

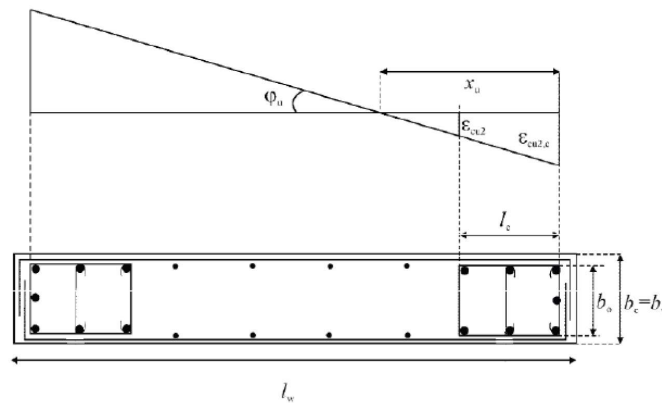
$x_u$  –visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  – granična deformacija ovijenog betona, uzima se vrijednost 0.0035

$\alpha$  – faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 13.13. Shema potresne armature

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (3 + 0.5) = 23 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

$$A_{sv} = 7.7 \text{ cm}^2$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = \frac{7.7}{300 \cdot 1000} = 0.0026$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = \frac{0.0026 \cdot 434.8}{20} = 0.06$$

→ mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2947.70}{30 \cdot 660 \cdot 2.0} = 0.074 < 0.4 \text{ za DCM} \rightarrow \text{Zadovoljava}$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$T_1 = Ct \cdot H^{0.75} = 0.344 \quad T_C = 0.4 \quad q_0 = 2.5$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} \leftrightarrow \text{ako je } T_C > T_1$$

$$\mu_\varphi = 2 \cdot q_0 - 1 \leftrightarrow \text{ako je } T_1 > T_C$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} = 1 + 2 \cdot (2.5 - 1) \cdot \frac{0.4}{0.352} = 4.4$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = \frac{434.8}{200000} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 4.4 \cdot (0.074 + 0.06) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{23} - 0.035 = 0.015$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0035 + 0.1 \cdot 0.015 = 0.005$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0} = (0.074 + 0.06) \cdot \frac{660 \cdot 30}{23} = 115.36 \text{ cm}$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} = 115.36 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0050}\right) = 34.61 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$\rightarrow \{99 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 34.61 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 99 \text{ cm}$$

Odabrana debljina rubnog elementa: 100 cm

Odabrana armatura: **12Ø22** ( $A_{s1} = 45.62 \text{ cm}^2$ )

Odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje.

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 15.0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 120.0 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne



**13.3.4. Izračun ovojne armature u rubnom elementu**

Odabrana armatura: **12Ø22 , Q – 385**

Najmanji promjer spona: 7 mm

Razmak spona:  $S_w = 10\text{cm}$

$H_{kr} = 270\text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.011$

Faktor učinkovitosti uvijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$\alpha_n, \alpha_s$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj/horizontalnoj ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 1 - \frac{2 \cdot 5 \cdot 20^2}{(6 \cdot 23 \cdot 100)} = 0.710$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 23}\right) \cdot \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 100}\right) = 0.743$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = 0.710 \cdot 0.743 = 0.53$$

Duljina spona:

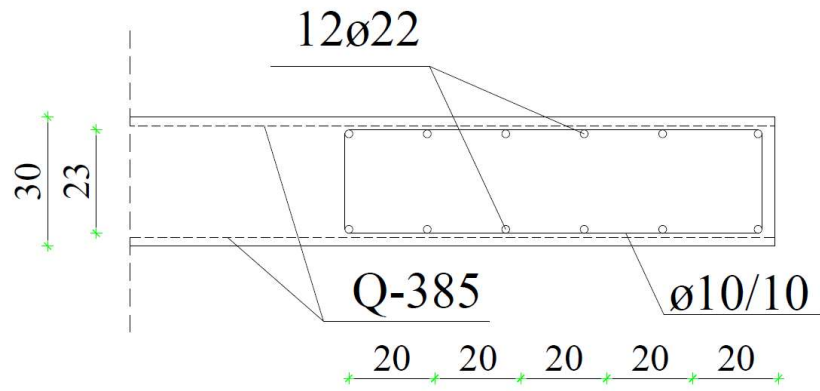
Vanjskih  $L_v = 2 \cdot 23 + 2 \cdot 100 = 246.0\text{ cm}$

Unutarnjih  $L_u = 0 = 0.0\text{ cm}$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \cdot (246 + 0) \cdot \frac{100}{10}}{23 \cdot 100 \cdot 100} \cdot \frac{43.48}{2.0} = 0.183 > 0.08$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.53 \cdot 0.183 = 0.097 > 0.015$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan



Slika 13.14. Prikaz armature karakterističnog zida

## 14. PRORAČUN TEMELJNIH TRAKA

Temelji se izvode kao trakasti temelji od betona C30/37 te su armirani armaturom B500B.

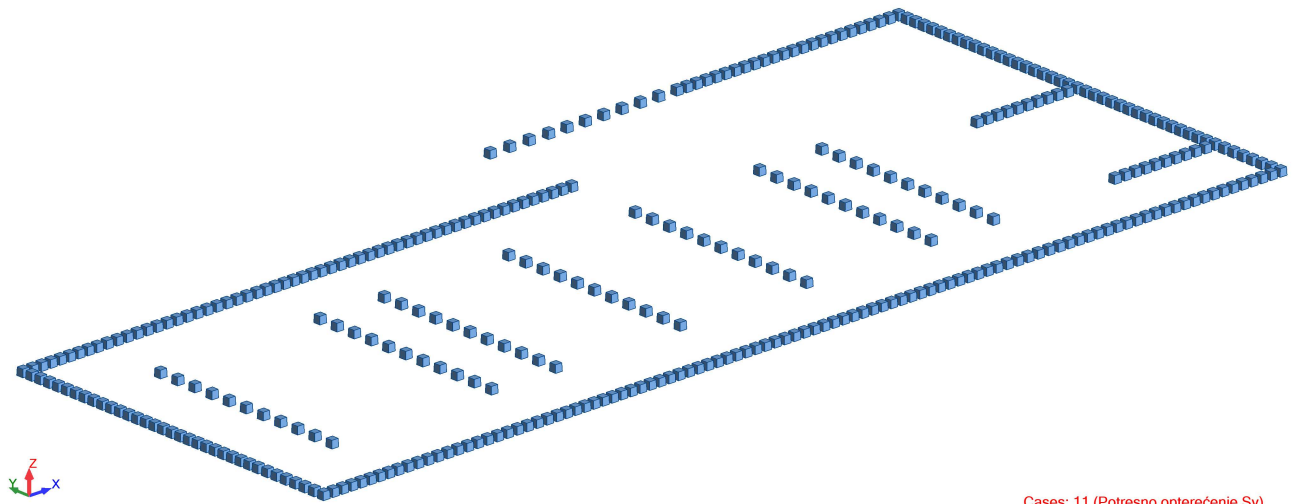
Zaštitni sloj betona iznosi 3 cm.

Rezne sile na temeljima očitane su iz numeričkog modela za mjerodavne kombinacije (izvanredna i uobičajena kombinacija opterećenja).

Za dimenzioniranje temelja odabrana je maksimalna uzdužna sila i njen pripradni moment.

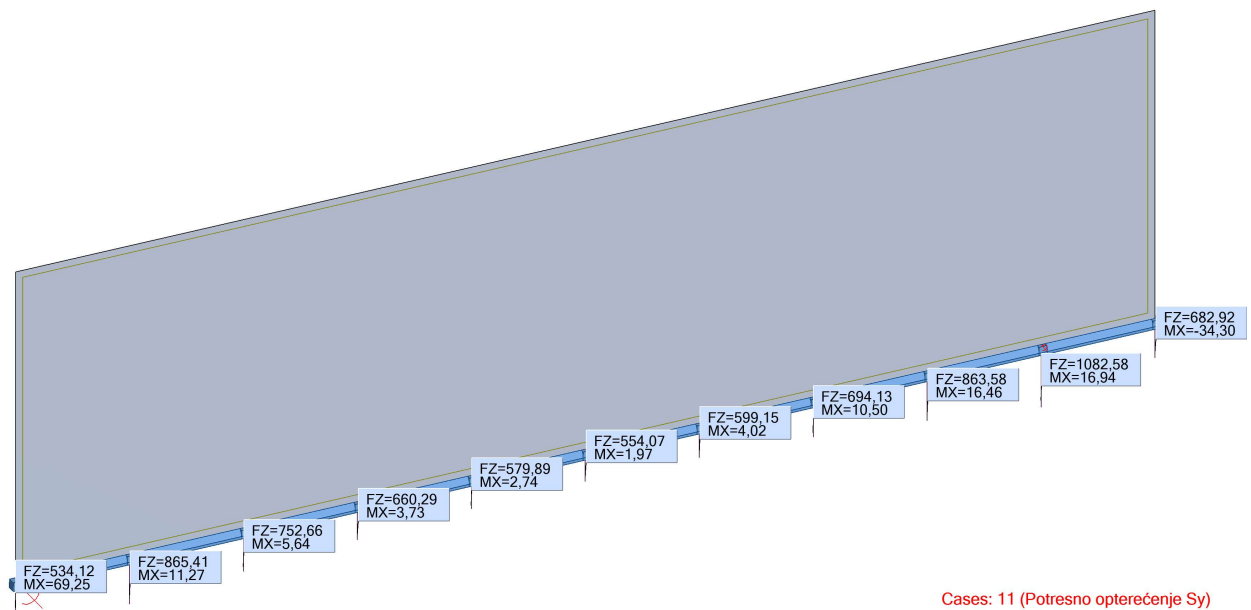
Sve temeljne trake su istih dimenzija te jednako armirane.

Dopušteno naprezanje u tlu iznosi  $500 \text{ kN/m}^2$ .



Slika 14.1. Raspored temelja

### 14.1. Dimenzioniranje temelja (izvanredna kombinacija)



Slika 14.2. Prikaz zida sa maksimalnom uzdužnom silom i pripadnim momentom

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30.0$  MPa  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00$  MPa = 2.00 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>

Mjerodavne sile:

$$N_{\max} = 1082.58 \text{ kN}$$

$$M_{\text{pripadno}} = 16.94 \text{ kN}$$

Poznate dimenzije temelja:

$$l = 9.65 \text{ m} \rightarrow \text{duljina temelja}$$

$$h = 0,40 \text{ m} \rightarrow \text{odabrana visina temelja}$$

Maksimalno tlačno naprezanje mora biti manje od dopuštenog ( $\sigma_{\text{dop}} = 500$  kN/m<sup>2</sup>).

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{\text{bet}} = B \cdot 9.65 \cdot 0.4 \cdot 25 = B \cdot 96.5$$

$$V_d = 1082.58 + B \cdot 96.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 9.65^2}{6}$$

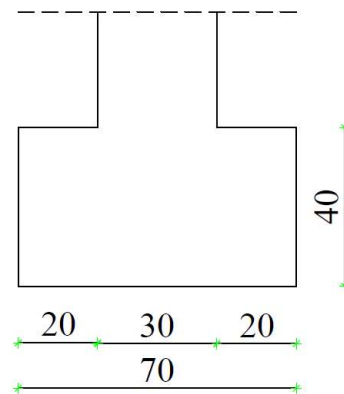
$$\sigma_1 = \frac{1082.58 + B \cdot 96.5}{B \cdot 9.65} + \frac{16.94}{\frac{B \cdot 9.65^2}{6}} < 500$$

$$B > 0.23 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = \frac{1082.58 + B \cdot 96.5}{B \cdot 9.65} - \frac{16.94}{\frac{B \cdot 9.65^2}{6}} < 500$$

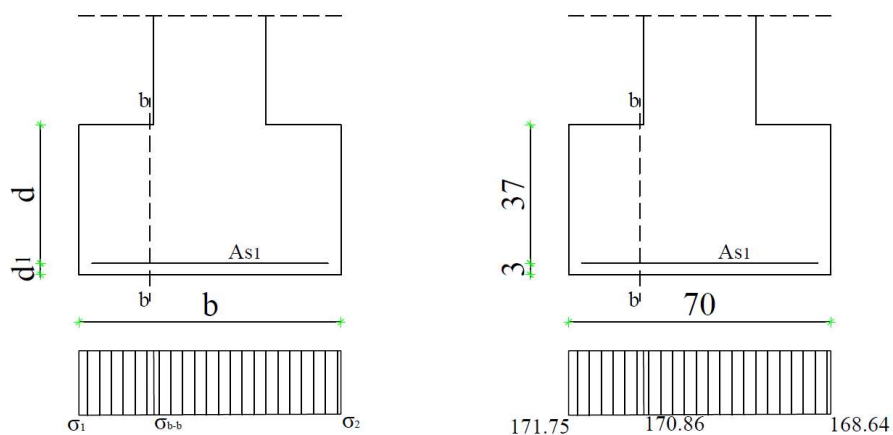
$$B > 0.22 \text{ m}$$

$$B_{\text{odabrano}} = 0.70 \text{ m}$$



Slika 14.3. Odabrane dimenzije temelja

### • Proračun temelja



Slika 14.4. Naprezanja ispod temelja za izvanrednu kombinaciju opterećenja

$$\sigma_1 = \frac{1082.58 + 0.7 \cdot 96.5}{0.7 \cdot 9.65} + \frac{16.94}{\frac{0.7 \cdot 9.65^2}{6}} = 171.75 < 500$$

$$\sigma_2 = \frac{1082.58 + 0.7 \cdot 96.5}{0.7 \cdot 9.65} - \frac{16.94}{\frac{0.7 \cdot 9.65^2}{6}} = 168.64 < 500$$

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} \cdot 1.0 + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2 \cdot 1.0}{6}$$

$$= 170.86 \cdot \frac{0.20^2}{2} \cdot 1.0 + (171.75 - 170.86) \cdot \frac{2 \cdot 0.20^2 \cdot 1.0}{6} = 3.43 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{343}{70 \cdot 37^2 \cdot 2.0} = 0.0018$$

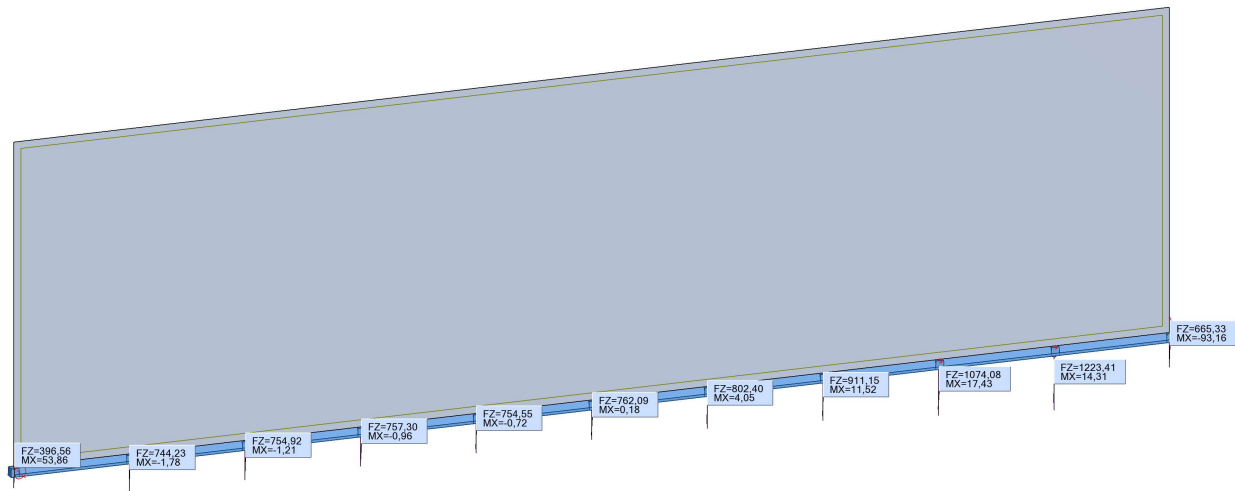
$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 0.2\text{‰}, \quad \zeta = 0.993 \quad \xi = 0.002$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{343}{0.993 \cdot 37 \cdot 43.48} = 0.22 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = \frac{0.15}{100} \cdot 70 \cdot 37 = 3.88 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA 4Ø20 (As=12.57 cm<sup>2</sup>)

## 14.2. Dimenzioniranje temelja (uobičajena kombinacija)



Cases: 21 (GSN9)

Slika 14.5. Prikaz zida sa maksimalnom uzdužnom silom i pripadnim momentom

$$\text{Beton: C 30/37; } f_{ck}=30.0 \text{ MPa } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30.0}{1.5} = 20.00 \text{ MPa} = 2.00 \text{ kN/cm}^2$$

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

Mjerodavne sile:

$$N_{\max} = 1223.41 \text{ kN}$$

$$M_{\text{pripadno}} = 14.31 \text{ kN}$$

Poznate dimenzije temelja:

$$l = 9.65 \text{ m} \rightarrow \text{duljina temelja}$$

$$h = 0,40 \text{ m} \rightarrow \text{odabrana visina temelja}$$

Maksimalno tlačno naprežanje mora biti manje od dopuštenog ( $\sigma_{\text{dop}} = 500 \text{ kN/m}^2$ ).

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{\text{bet}} = B \cdot 9.65 \cdot 0.4 \cdot 25 = B \cdot 96.5$$

$$V_d = 1223.41 + B \cdot 96.5$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 9.65^2}{6}$$

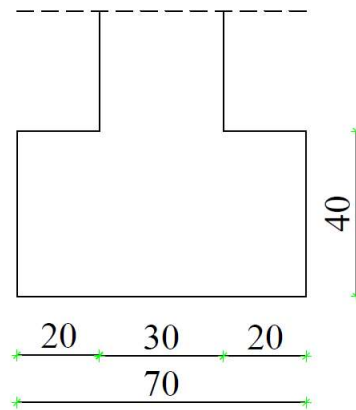
$$\sigma_1 = \frac{1223.41 + B \cdot 96.5}{B \cdot 9.65} + \frac{14.31}{\frac{B \cdot 9.65^2}{6}} < 500$$

$$B > 0.26 \text{ m}$$

$$\sigma_2 = \frac{1223.41 + B \cdot 96.5}{B \cdot 9.65} - \frac{14.31}{\frac{B \cdot 9.65^2}{6}} < 500$$

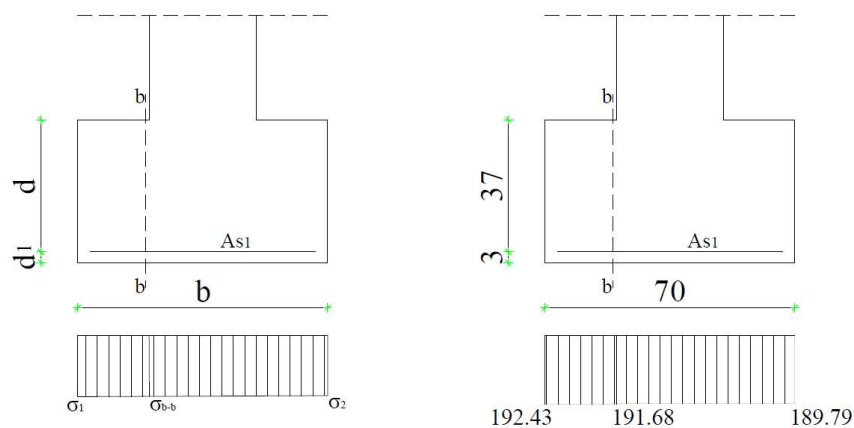
$$B > 0.25 \text{ m}$$

$$B_{\text{odabrano}} = 0.70 \text{ m}$$



Slika 14.6. Odabrane dimenzije temelja

- **Proračun temelja**



Slika 14.7. Naprezanja ispod temelja za uobičajenu kombinaciju opterećenja



$$\sigma_1 = \frac{1223.41 + 0.7 \cdot 96.5}{0.7 \cdot 9.65} + \frac{14.31}{\frac{0.7 \cdot 9.65^2}{6}} = 192.43 < 500$$

$$\sigma_2 = \frac{1223.41 + 0.7 \cdot 96.5}{0.7 \cdot 9.65} - \frac{14.31}{\frac{0.7 \cdot 9.65^2}{6}} = 189.79 < 500$$

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} \cdot 1.0 + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2 \cdot 1.0}{6}$$

$$= 191.68 \cdot \frac{0.20^2}{2} \cdot 1.0 + (192.43 - 191.68) \cdot \frac{2 \cdot 0.20^2 \cdot 1.0}{6} = 3.84 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{348}{70 \cdot 37^2 \cdot 2.0} = 0,0018$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 0.2\text{‰}, \quad \zeta = 0.993 \quad \xi = 0.002$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{348}{0.993 \cdot 37 \cdot 43.48} = 0.22 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\min} = 0.15\% \cdot b \cdot d = \frac{0.15}{100} \cdot 70 \cdot 37 = 3.88 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA 4Ø20 (As=12.57 cm<sup>2</sup>)

USVOJENA ARMATURA TEMELJA: 4Ø20 (As=12.57 cm<sup>2</sup>)

## 15. GRAFIČKI PRILOZI

1. Tlocrt garaže - plan pozicija 100	M1:200
2. Tlocrt prizemlja - plan pozicija 200	M1:200
3. Tlocrt 1. kata - plan pozicija 300	M1:200
4. Tlocrt 2. kata - plan pozicija 400	M1:200
5. Tlocrt 3. kata - plan pozicija 500	M1:200
6. Zapadno i južno pročelje	M1:200
7. Istočno i sjeverno pročelje	M1:200
8. Presjeci A-A, B-B i C-C	M1:200
9. Armatura ploče pozicije 100 - donja zona	M1:200
10. Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona	M1:200
11. Armatura ploče pozicije 200	M1:200
12. Armatura ploče pozicije 300	M1:200
13. Armatura ploče pozicije 400	M1:200
14. Armatura ploče pozicije 500	M1:200
15. Armaturni plan greda pozicije 100	M1:25
16. Armaturni plan greda pozicije 200(300,400,500)	M1:25
17. Plan pozicija i armatura zidova	M1:20
18. Plan pozicija i armatura temelja	M1:20
19. Armatura stubišta ST1 (ST2)	M1:20

## 16. LITERATURA

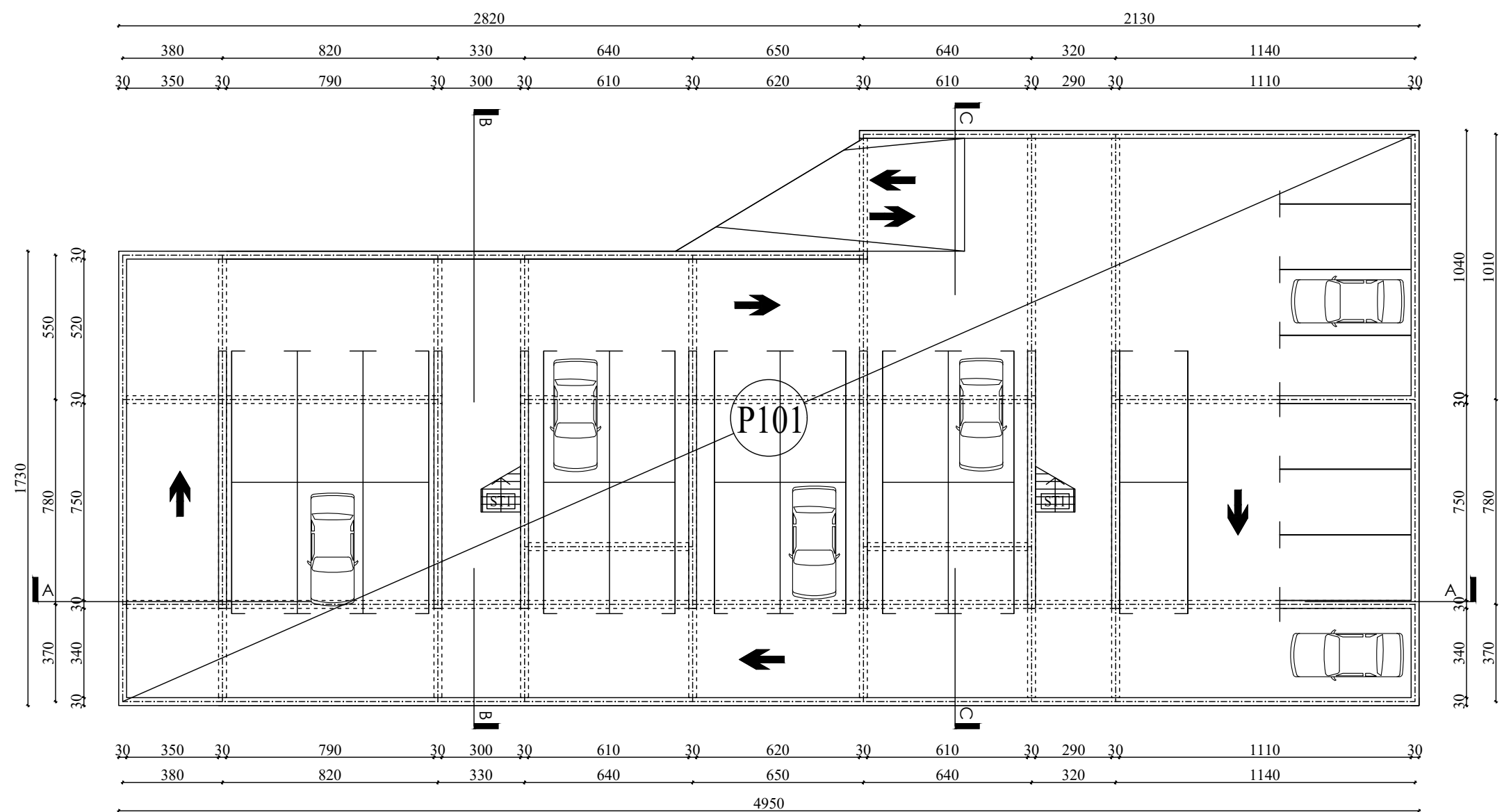
- (1) *A. Harapin, J.Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta- zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split*
- (2) *I. Tomičić : Betonske konstrukcije -3. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996*
- (3) EN 1990:2008 Eurokod- osnove projektiranja konstrukcija (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*


Korišteni računalni programi:

1. AutoCad 2021
2. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021
3. Microsoft word
4. Microsoft excel

# Tlocrt garaže - Plan pozicija 100

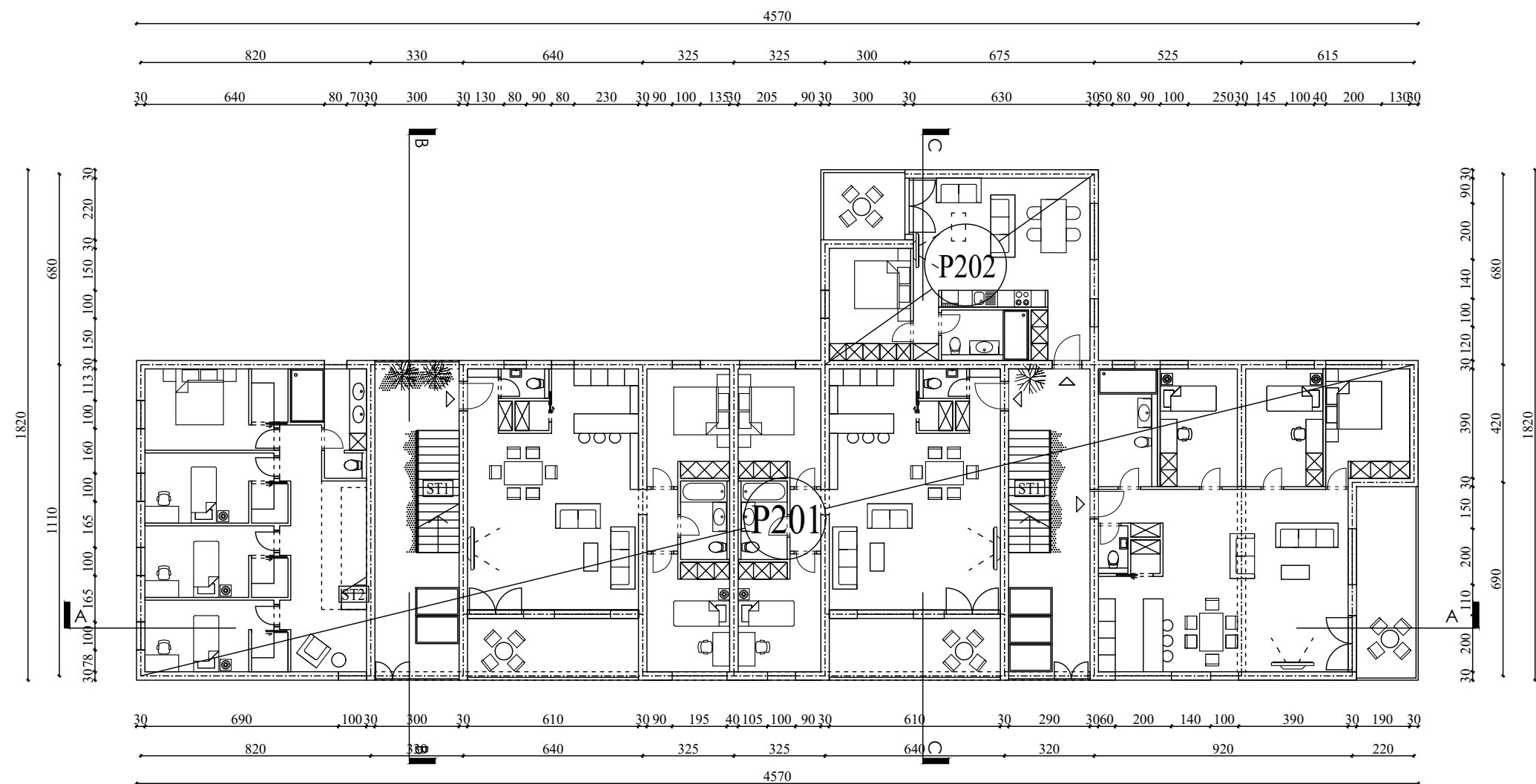
## M 1:200




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>1</b>
SADRŽAJ: <b>Tlocrt garaže - plan pozicija 100</b>		

# Tlocrt prizemlja - Plan pozicija 200

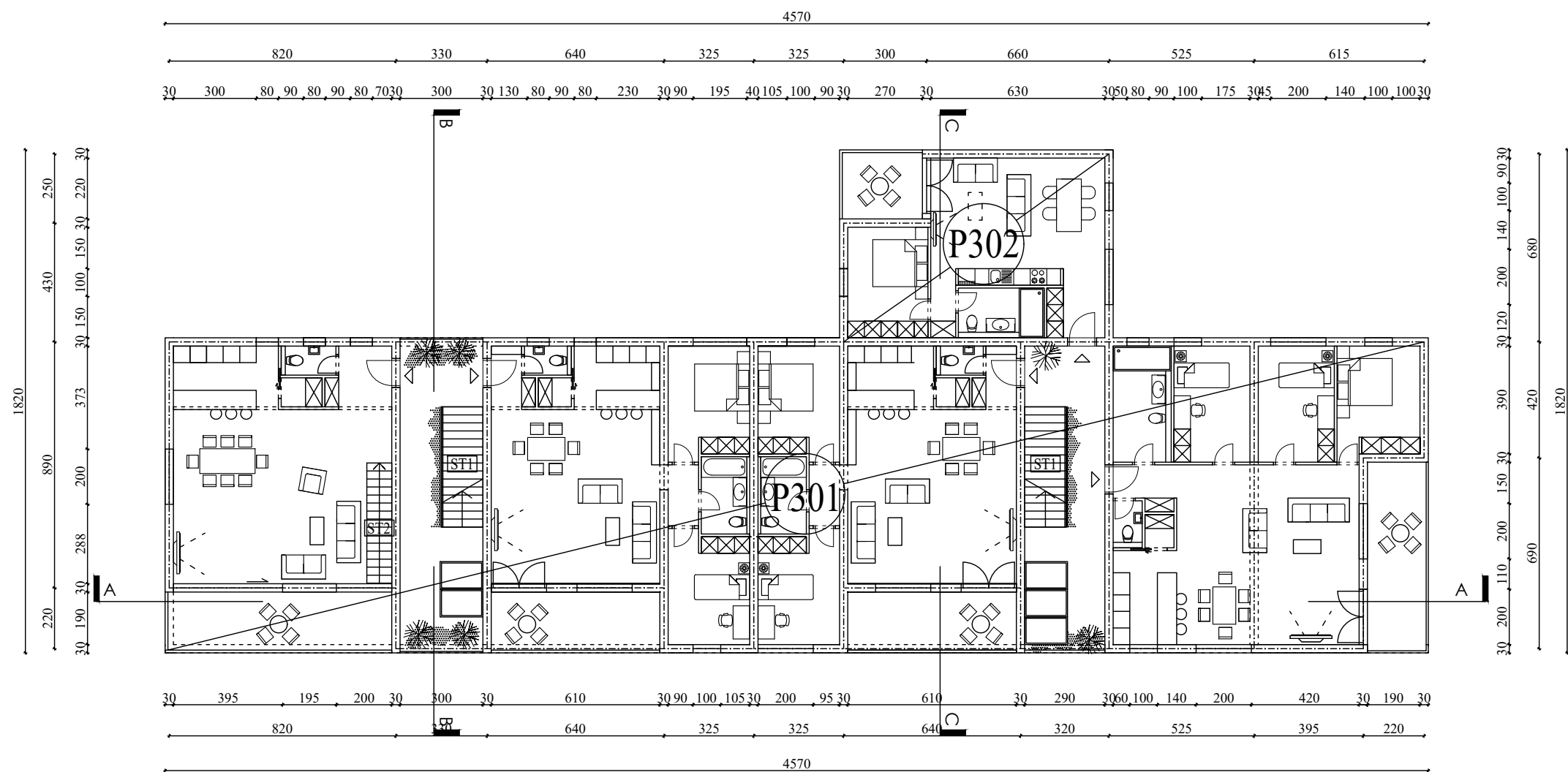
## M 1:200




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt prizemlja - plan pozicija 200</b>	BROJ PRILOGA: <b>2</b>

# Tlocrt 1. kata - Plan pozicija 300

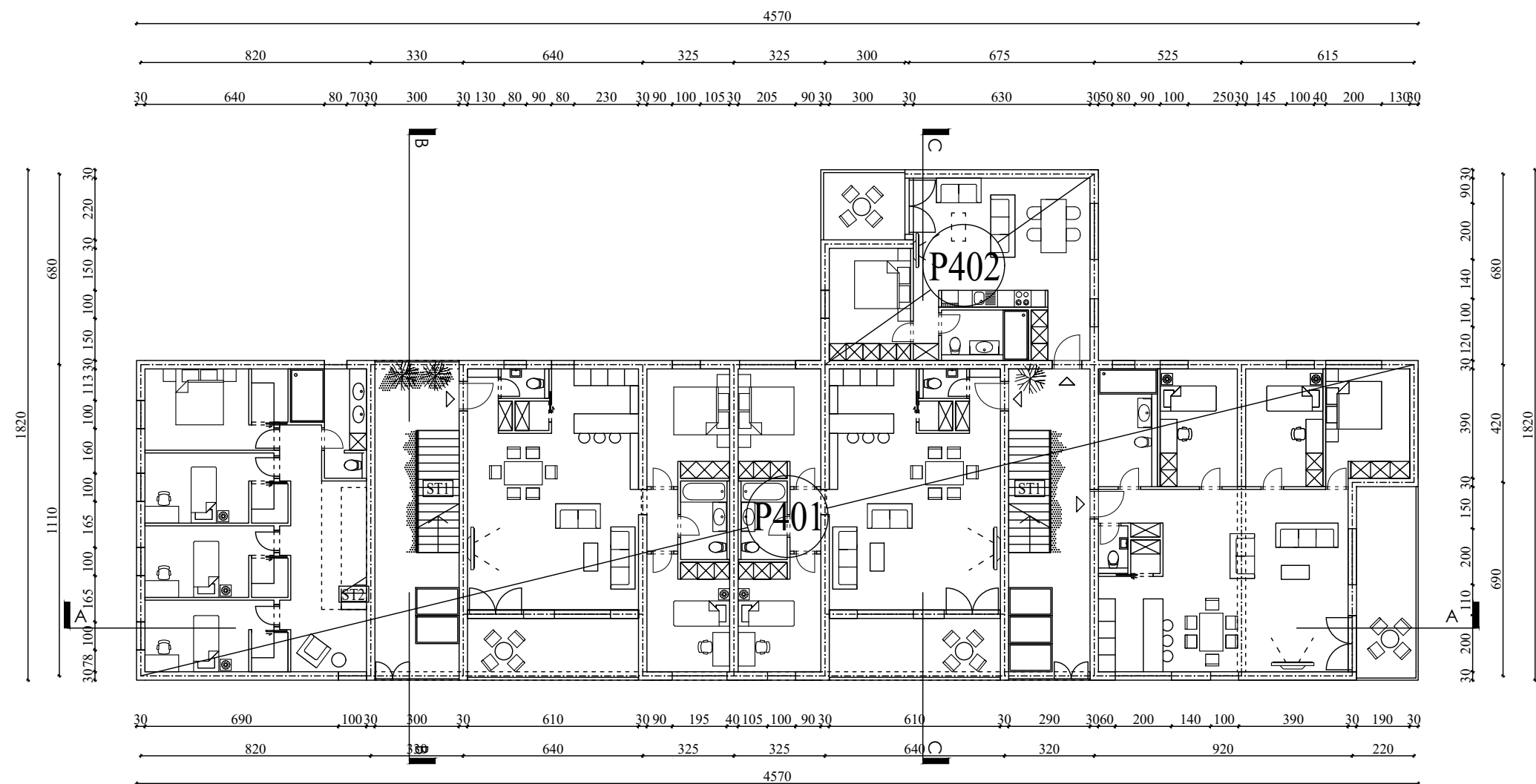
## M 1:200




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt 1. kata - plan pozicija 300</b>	BROJ PRILOGA: <b>3</b>

# Tlocrt 2. kata - Plan pozicija 400

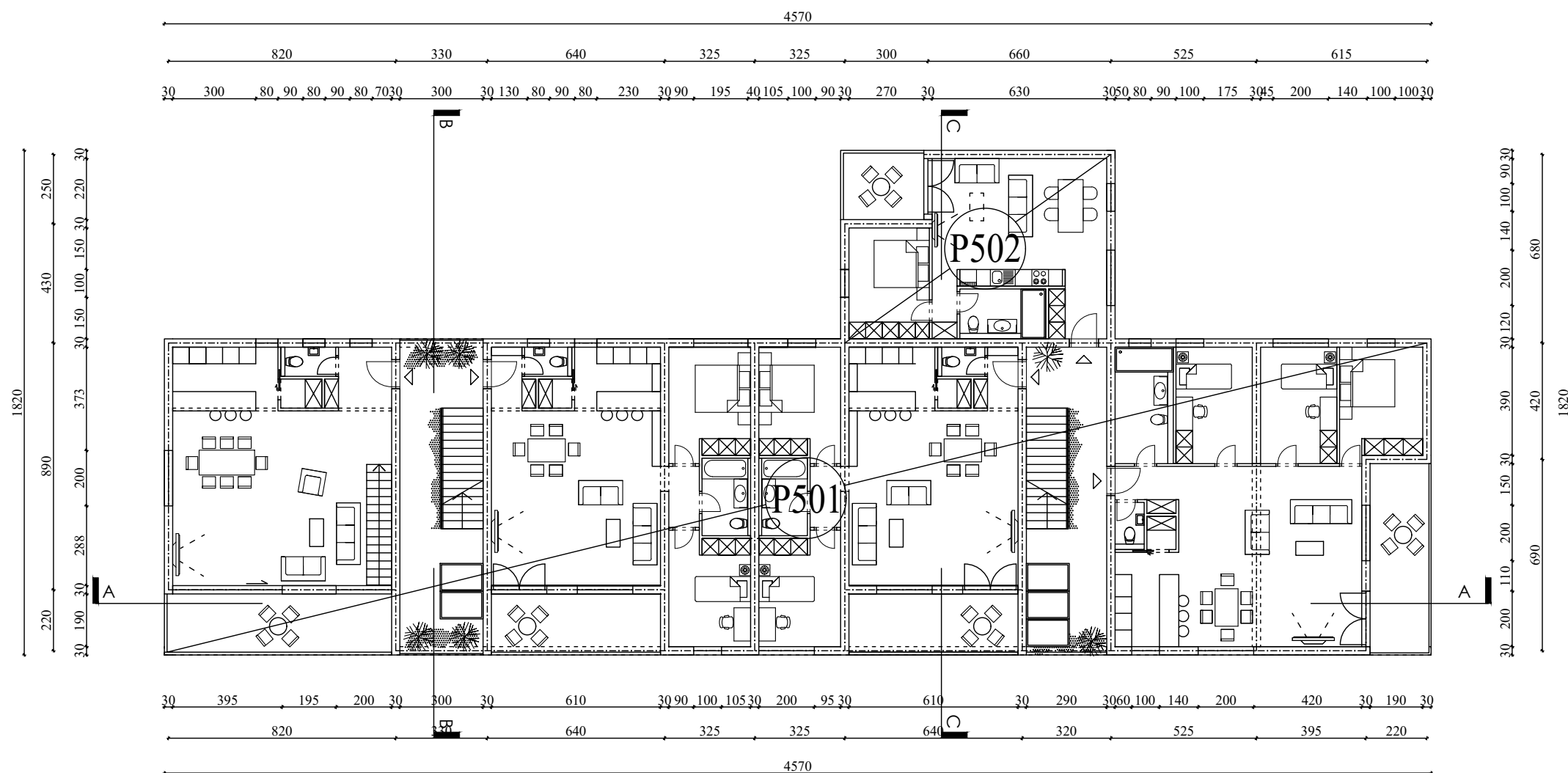
## M 1:200




 <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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	
	SADRŽAJ: <b>Tlocrt 2. kata - plan pozicija 400</b>	BROJ PRILOGA: <b>4</b>

# Tlocrt 3. kata - Plan pozicija 500

## M 1:200

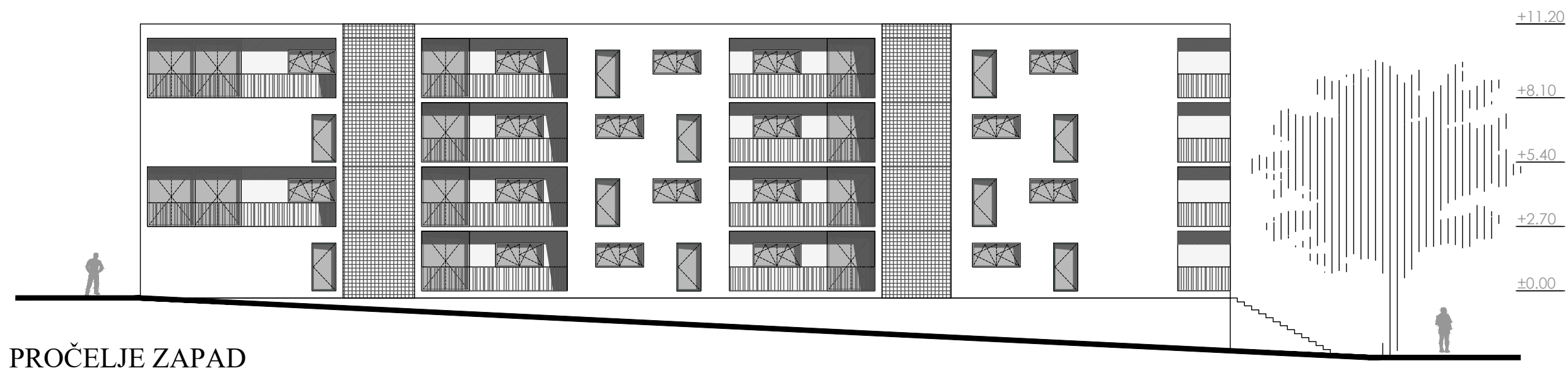


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>5</b>
SADRŽAJ: <b>Tlocrt 3. kata - plan pozicija 500</b>		

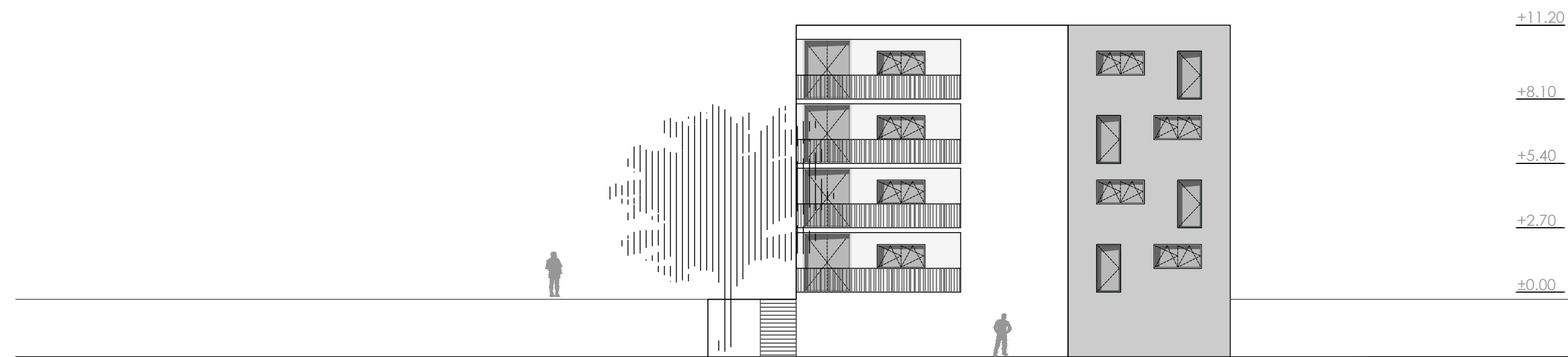


# Zapadno i južno pročelje


## M 1:200



PROČELJE ZAPAD

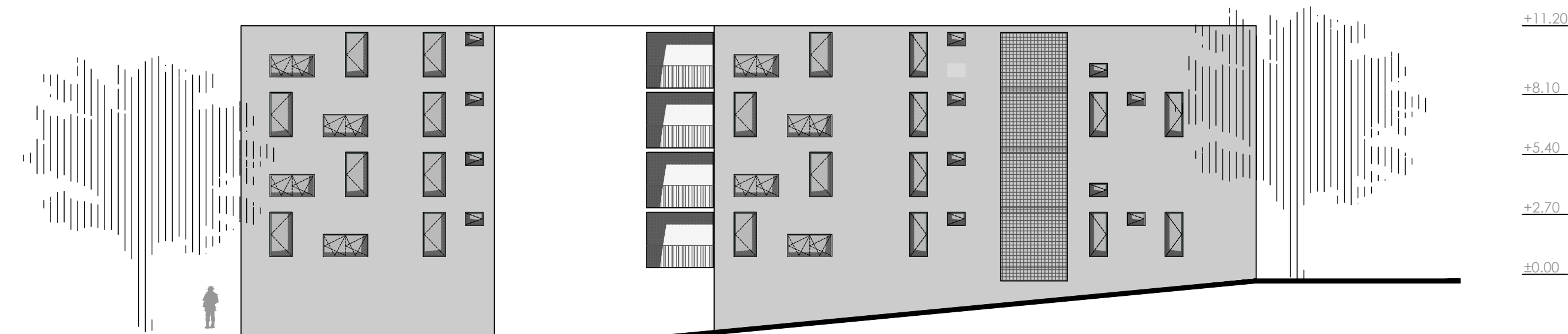


PROČELJE JUG

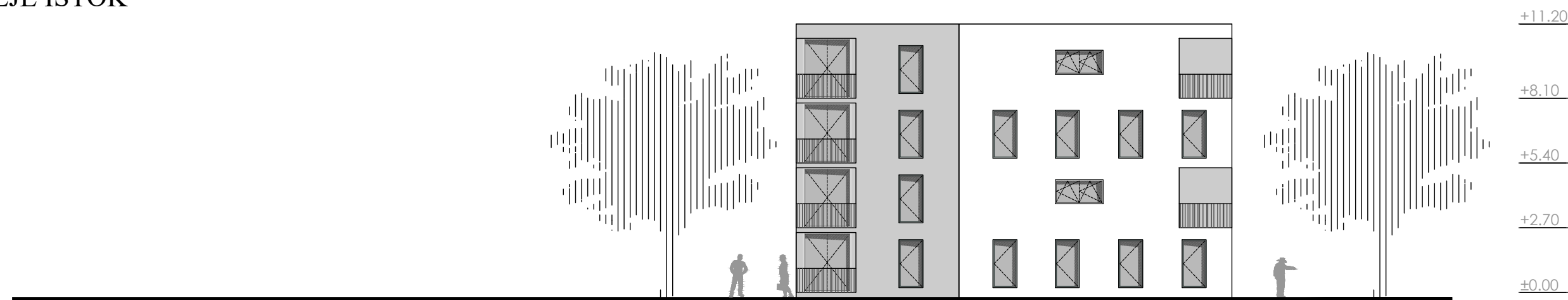
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	
	SADRŽAJ: <b>Zapadno i južno pročelje</b>	BROJ PRILOGA: <b>6</b>

# Istočno i sjeverno pročelje


## M 1:200



PROČELJE ISTOK

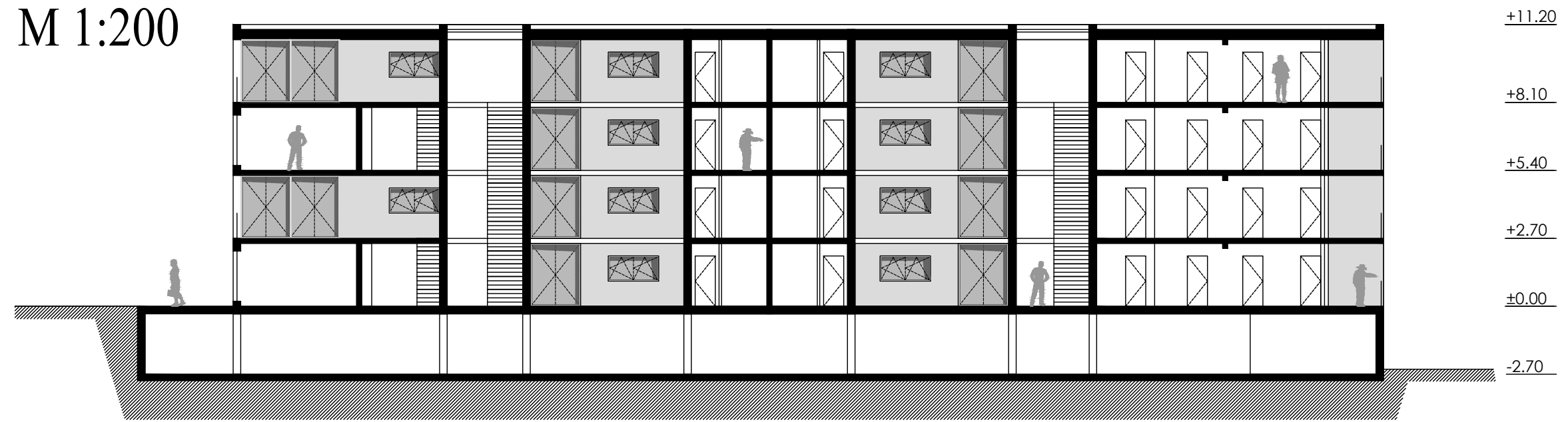


PROČELJE SJEVER

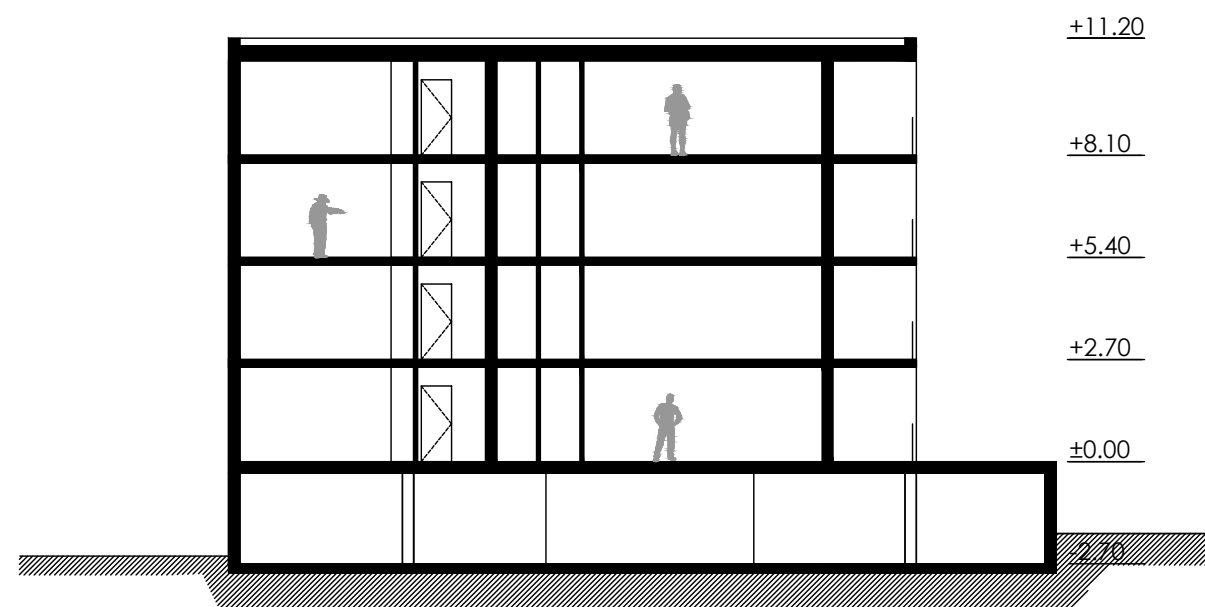
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>7</b>
SADRŽAJ: <b>Istočno i sjeverno pročelje</b>		

# Presjeci A-A, B-B i C-C

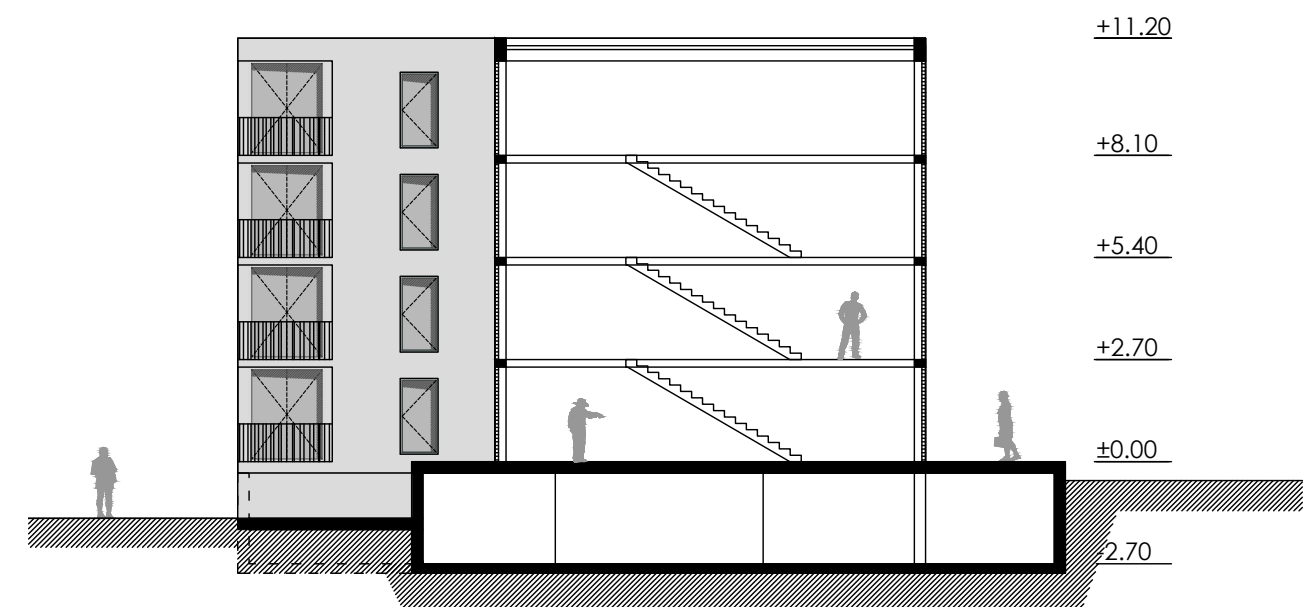
M 1:200




PRESJEK A-A



PRESJEK B-B

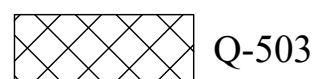
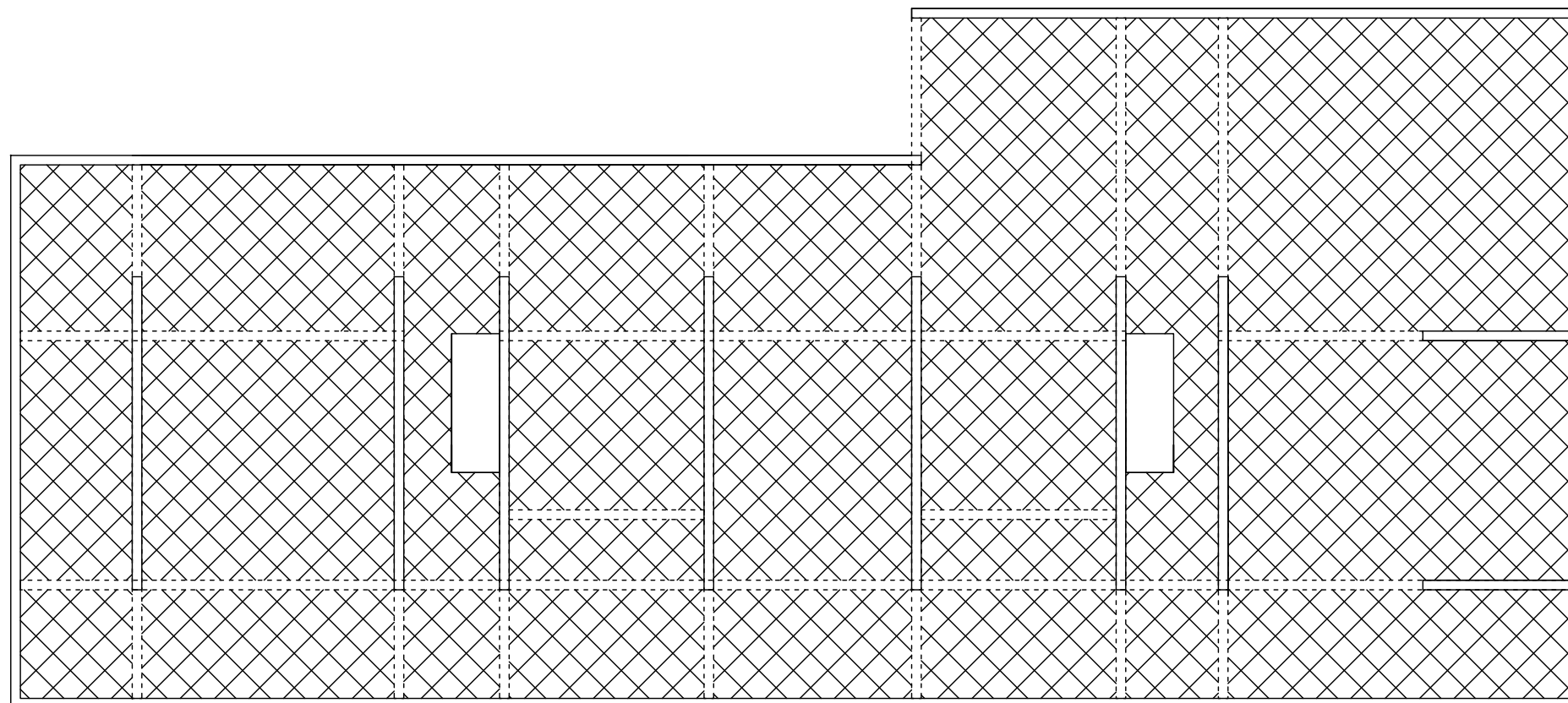


PRESJEK C-C

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
	SADRŽAJ: Presjeci A-A, B-B i C-C	BRJ PRILOGA: 8

# Armatura ploče pozicije 100 - donja zona

## M 1:200



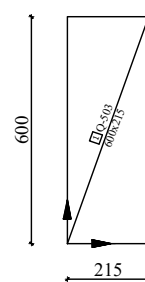
Q-503




otvori u ploči

### Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- Mreže postavljati s preklopima 40 cm ili većim

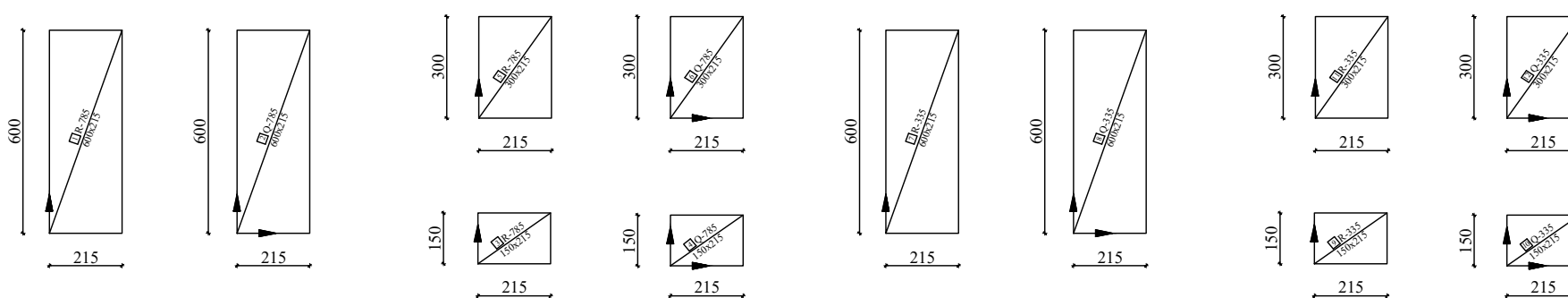
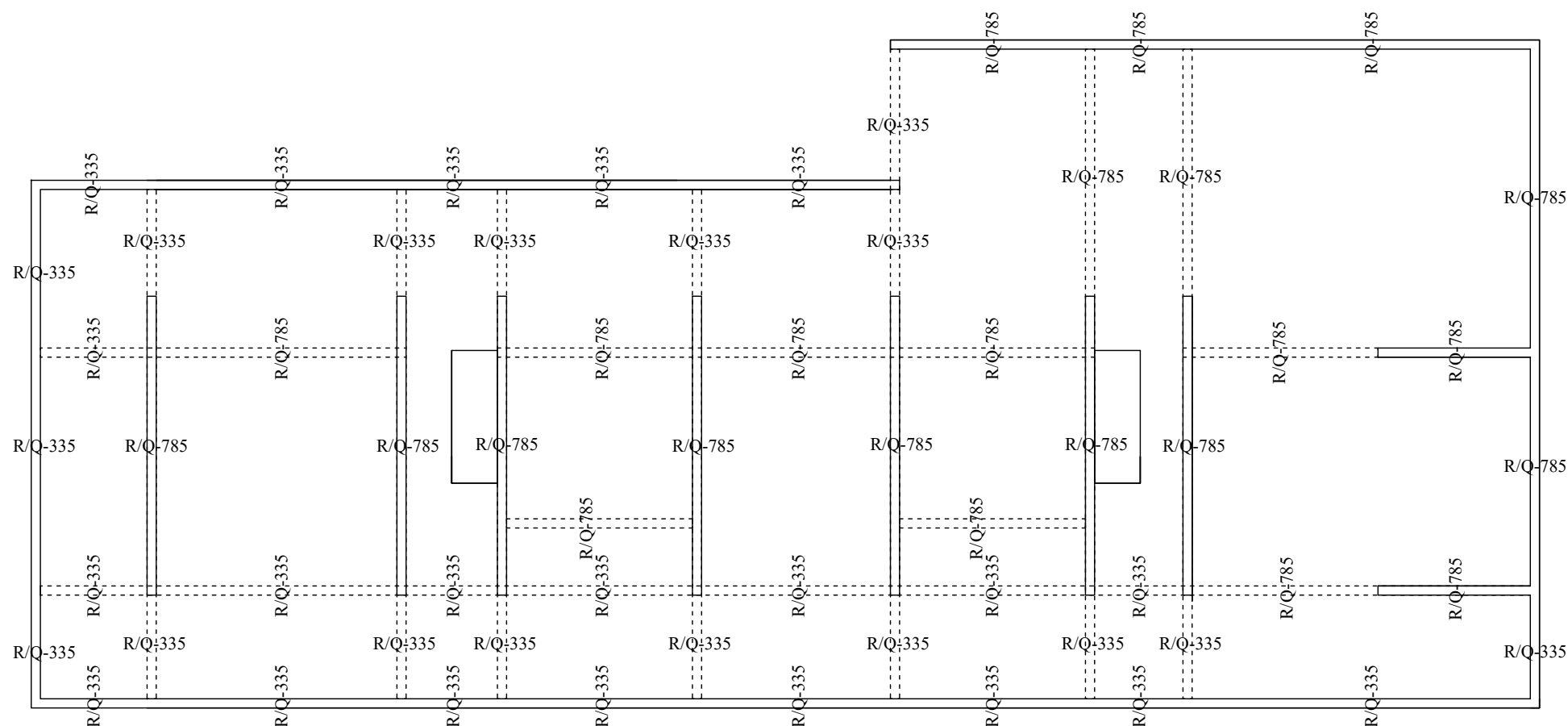


Beton: C30/37  
Armatura: B500B

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>9</b>
SADRŽAJ: <b>Armatura ploče pozicije 100 - donja zona</b>		

# Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona

## M 1:200



Beton: C30/37  
Armatura: B500B

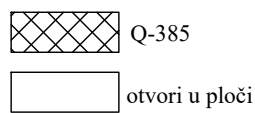
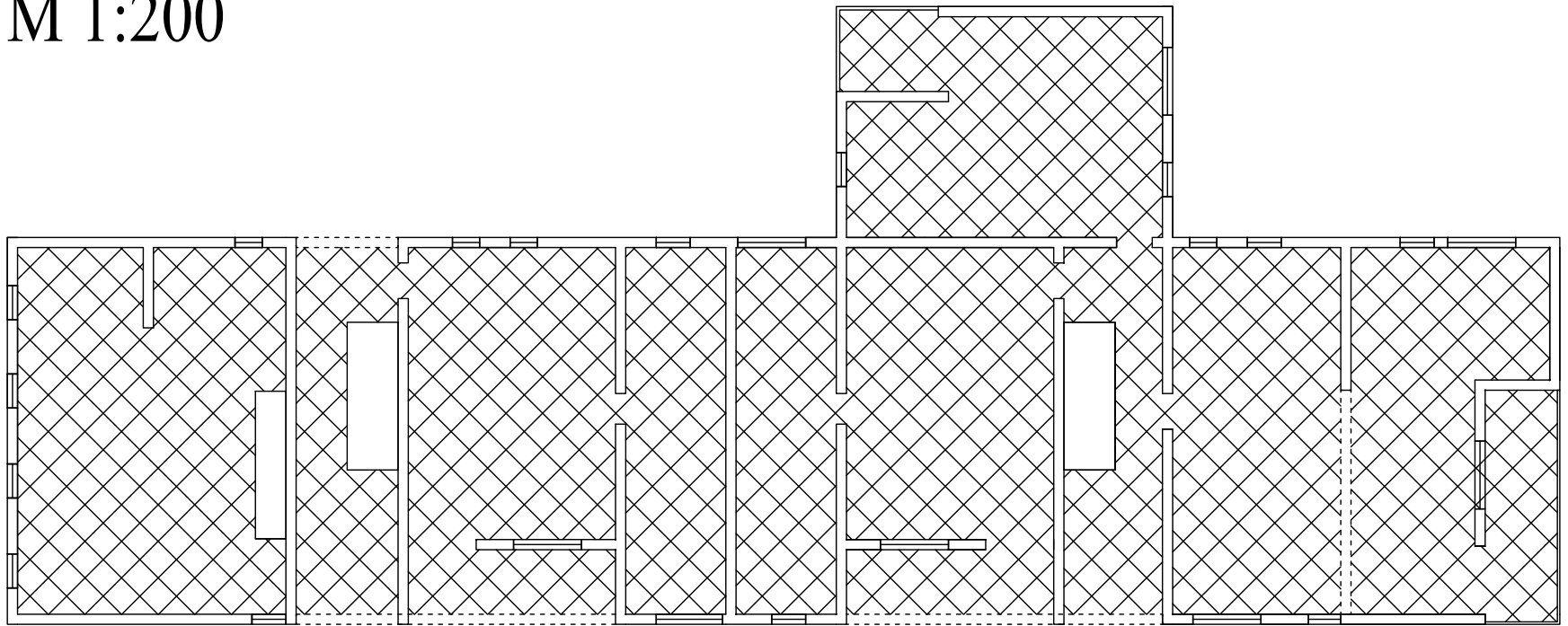
### Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklopima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklopom 30 cm, a Q mreže s preklopom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

<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: 1:200
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	BROJ PRILOGA: <b>10</b>
SADRŽAJ: Armatura ploče pozicije 100 - gornja zona		

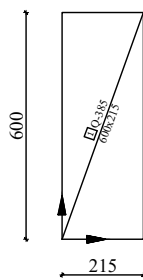
# Armatura ploče pozicije 200 - donja zona

## M 1:200



Napomene:

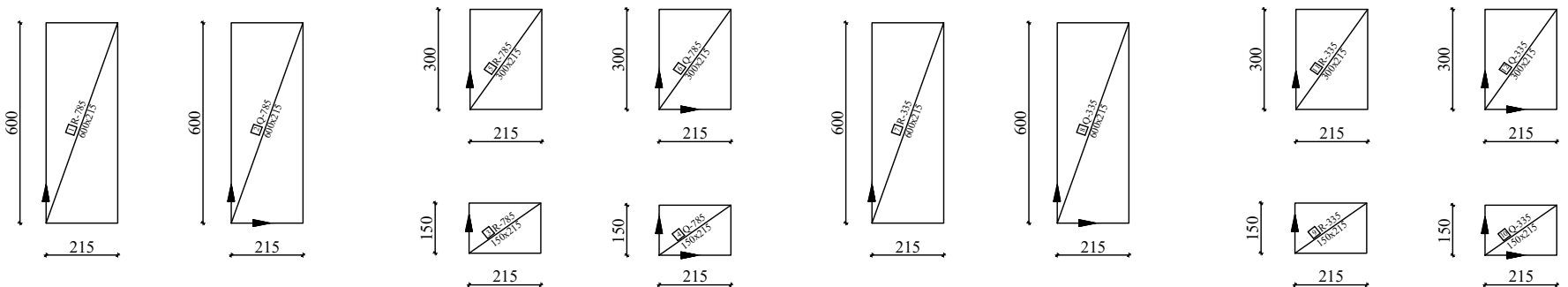
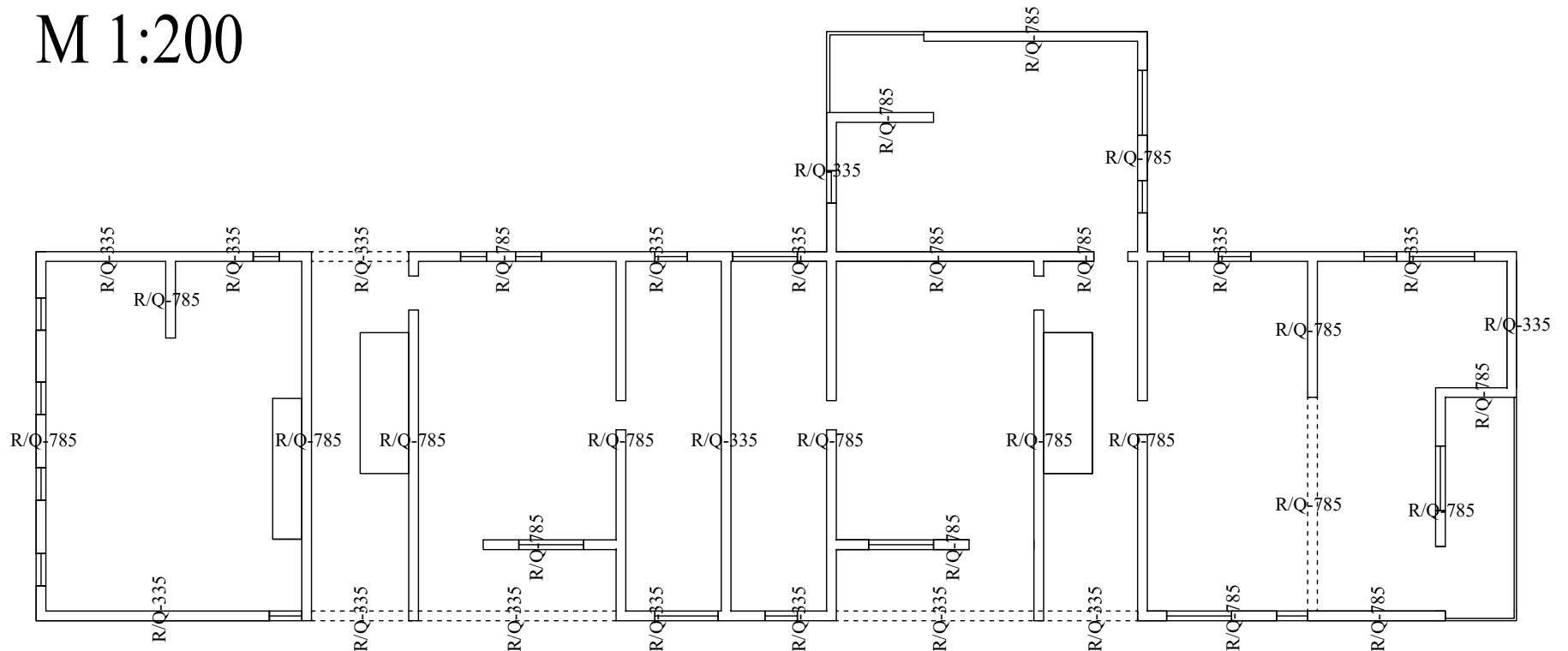
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim



Beton: C30/37  
Armatura: B500B

# Armatura ploče pozicije 200 - gornja zona


## M 1:200



Beton: C30/37  
Armatura: B500B

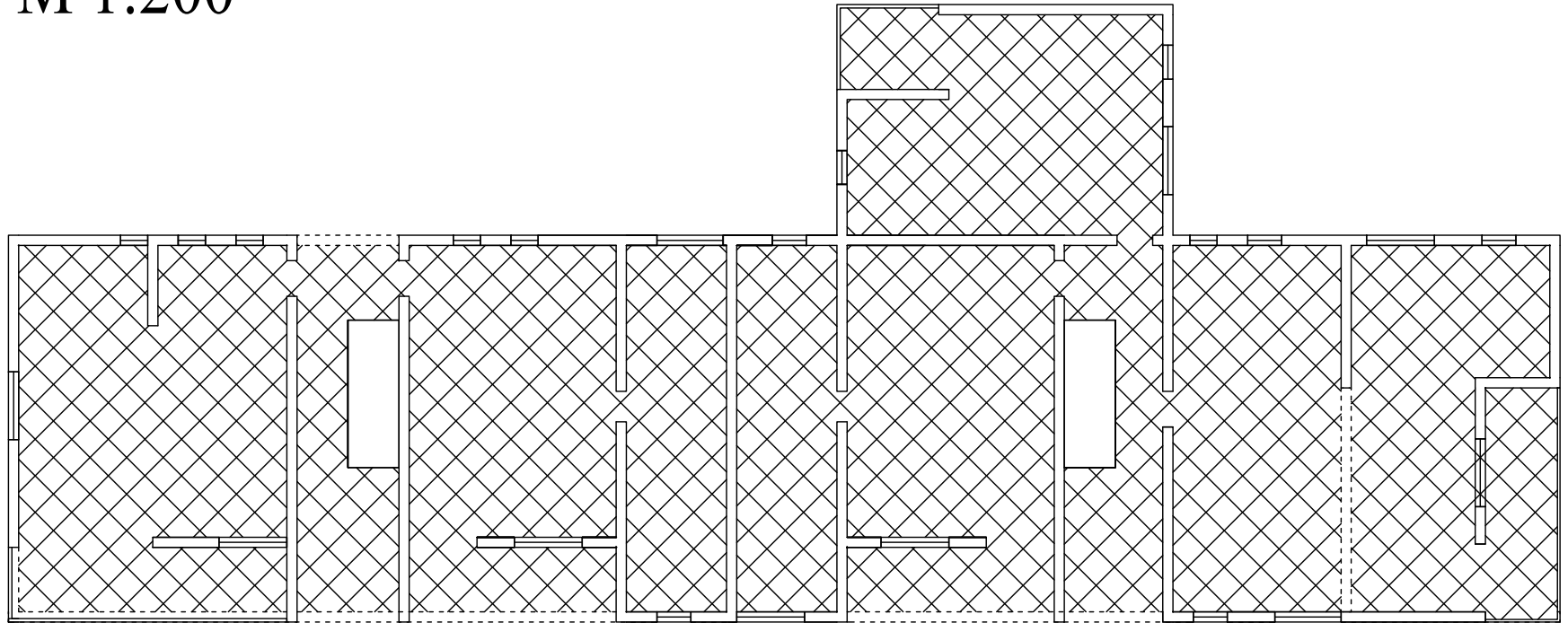
Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785

 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: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>11</b>
SADRŽAJ: <b>Armatura ploče pozicije 200</b>		

# Armatura ploče pozicije 300 - donja zona

M 1:200

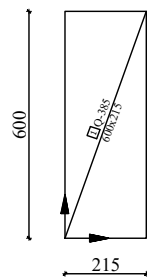


Q-385

otvori u ploči

Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

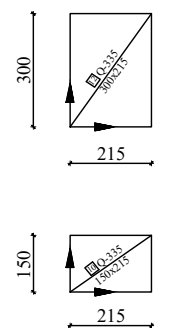
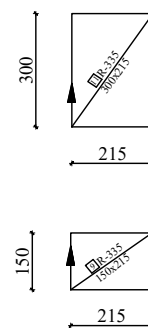
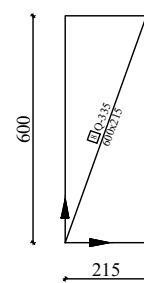
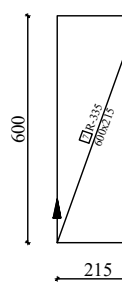
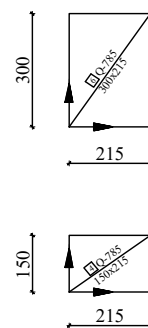
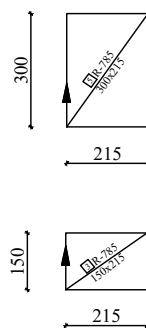
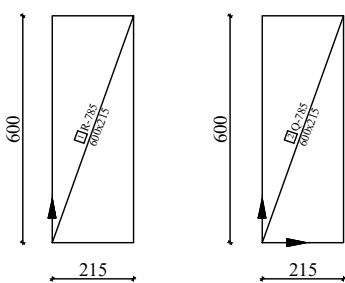
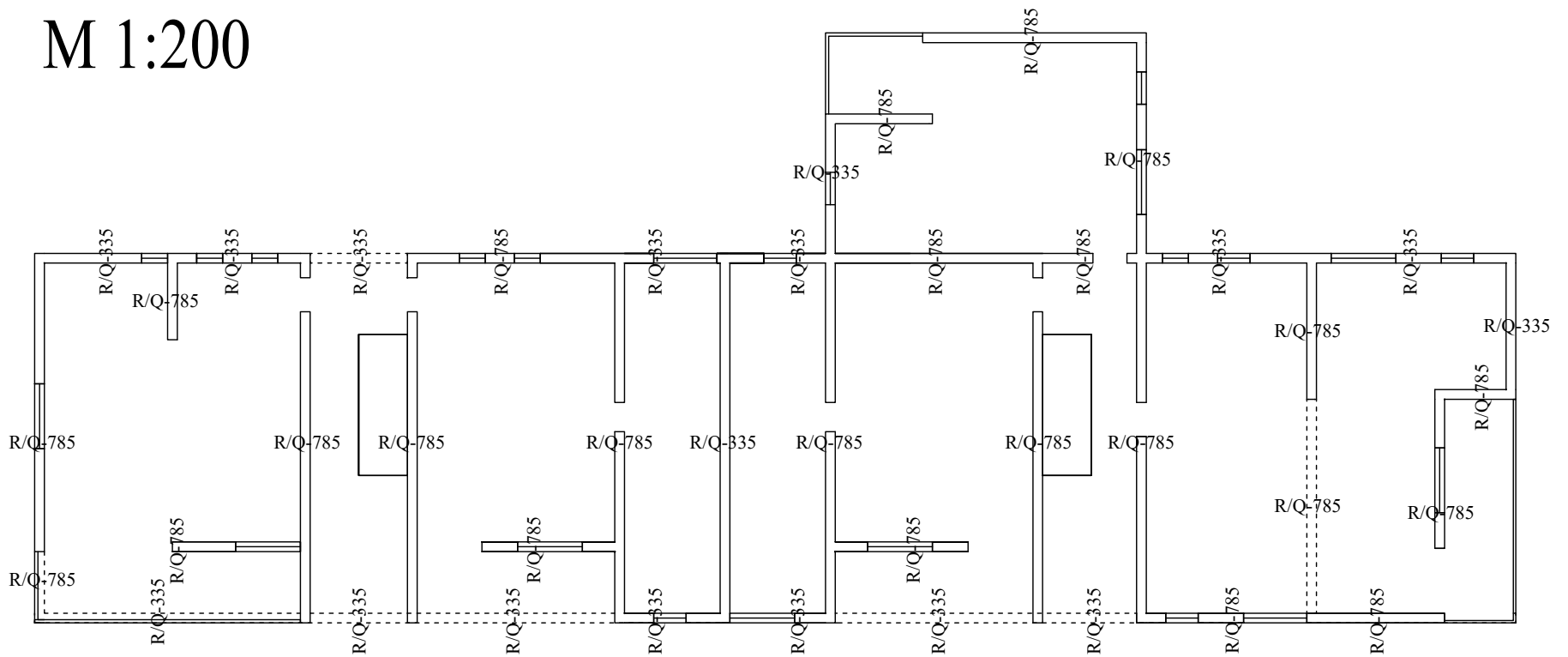


Beton: C30/37

Armatura: B500B

# Armatura ploče pozicije 300 - gornja zona

M 1:200

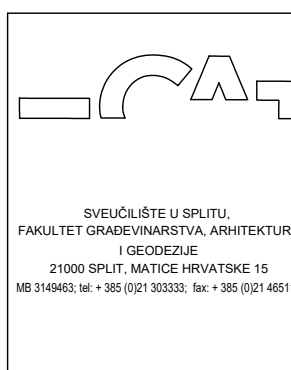


Beton: C30/37

Armatura: B500B

Napomene:

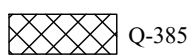
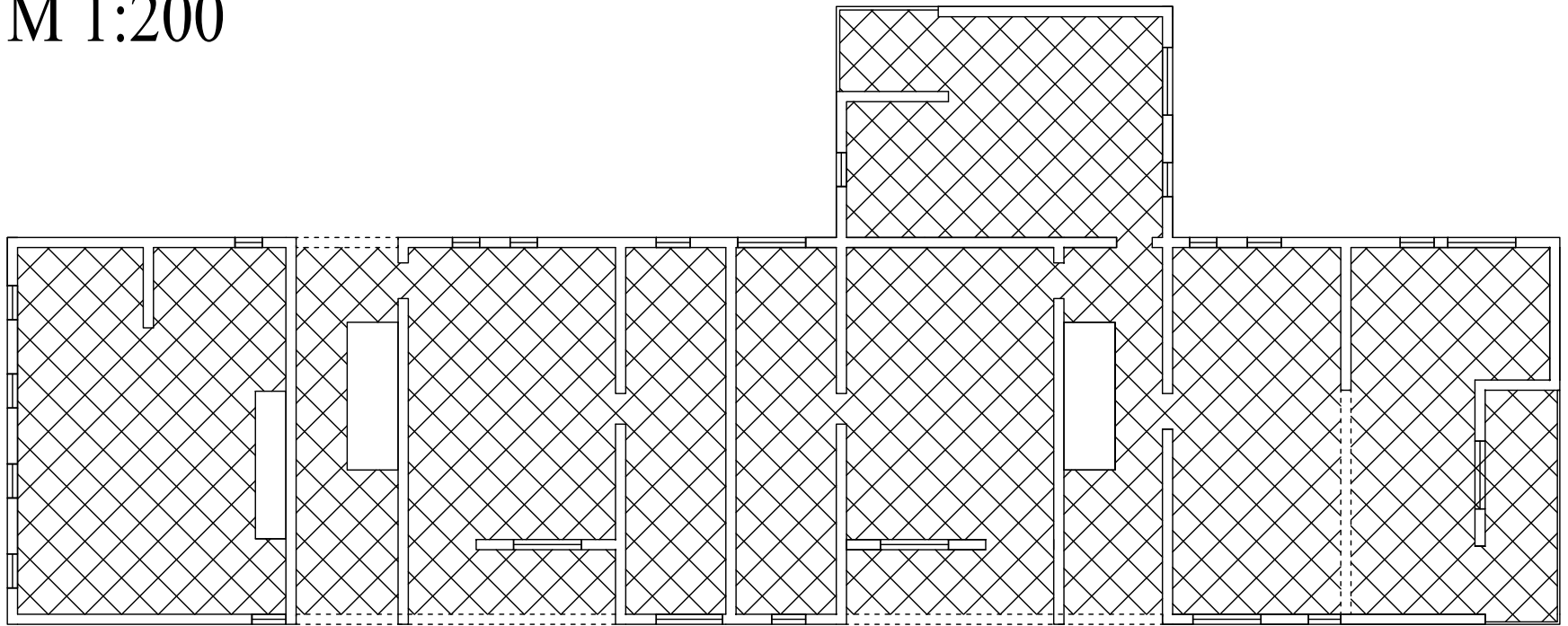
- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
GRAĐEVINA: <b>Stambena zgrada Split</b>	DATUM: <b>srpanj, 2021.</b>
VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	PROJEKTANT: <b>Katarina Barišić</b>
RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	BROJ PRILOGA: <b>12</b>
SADRŽAJ: <b>Armatura ploče pozicije 300</b>	

# Armatura ploče pozicije 400 - donja zona

M 1:200



Q-385

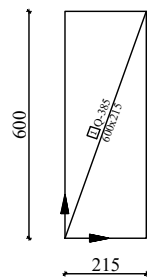


otvori u ploči

Napomene:

-Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta

-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

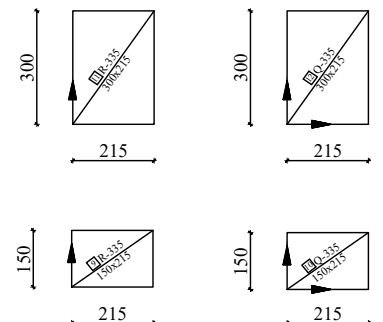
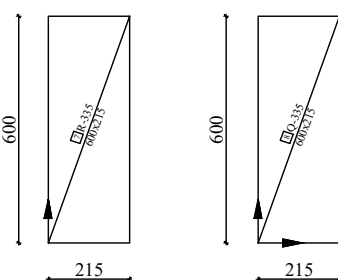
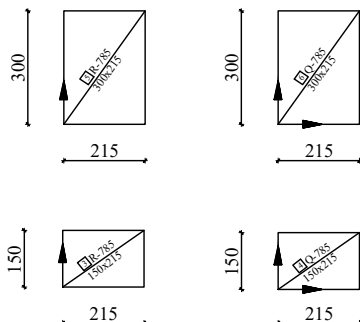
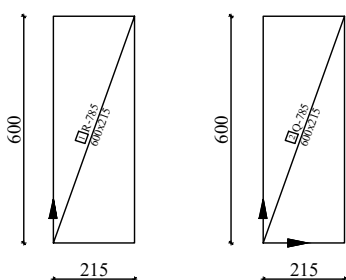
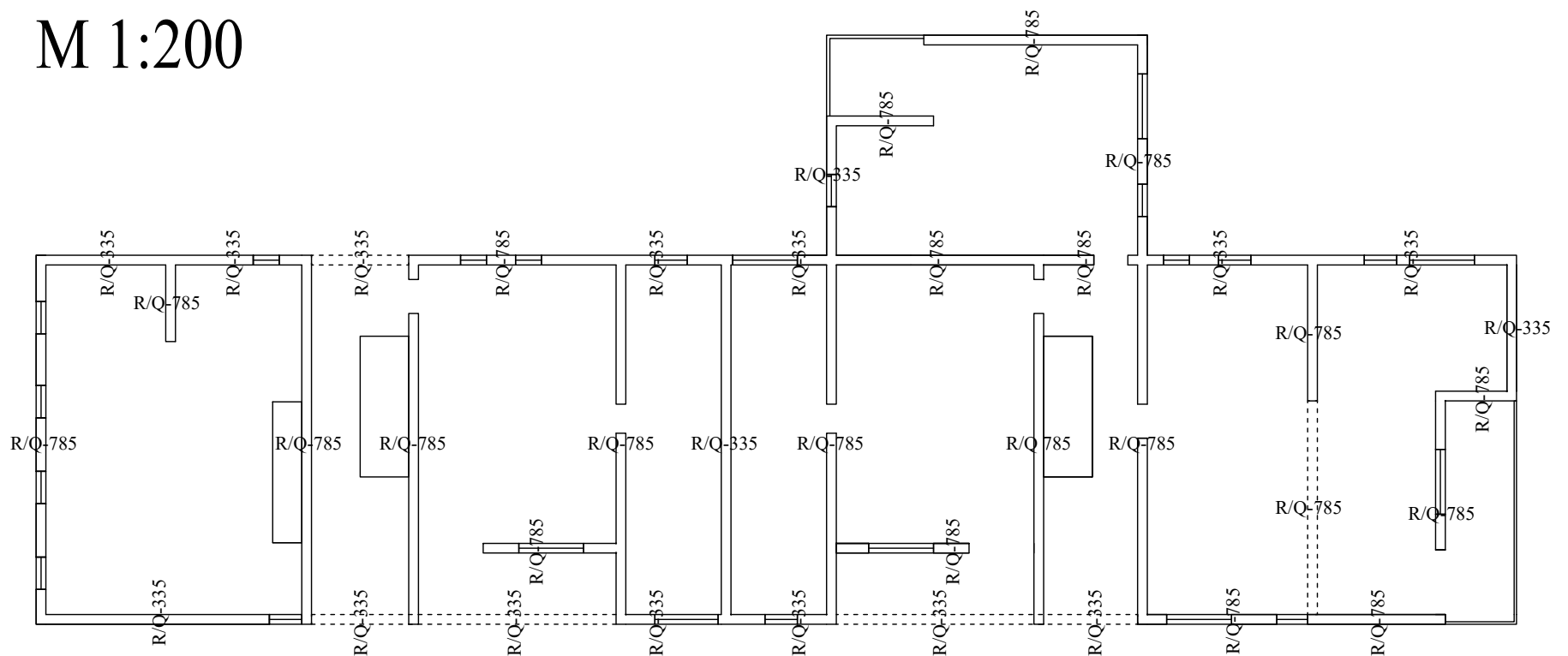


Beton: C30/37

Armatura: B500B

# Armatura ploče pozicije 400 - gornja zona

M 1:200



Beton: C30/37

Armatura: B500B

Napomene:

-Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta

-R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm

-Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



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

GRAĐEVINA:  
Stambena zgrada  
Split

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 400

MJERILO:  
1:200

DATUM:  
srpanj, 2021.

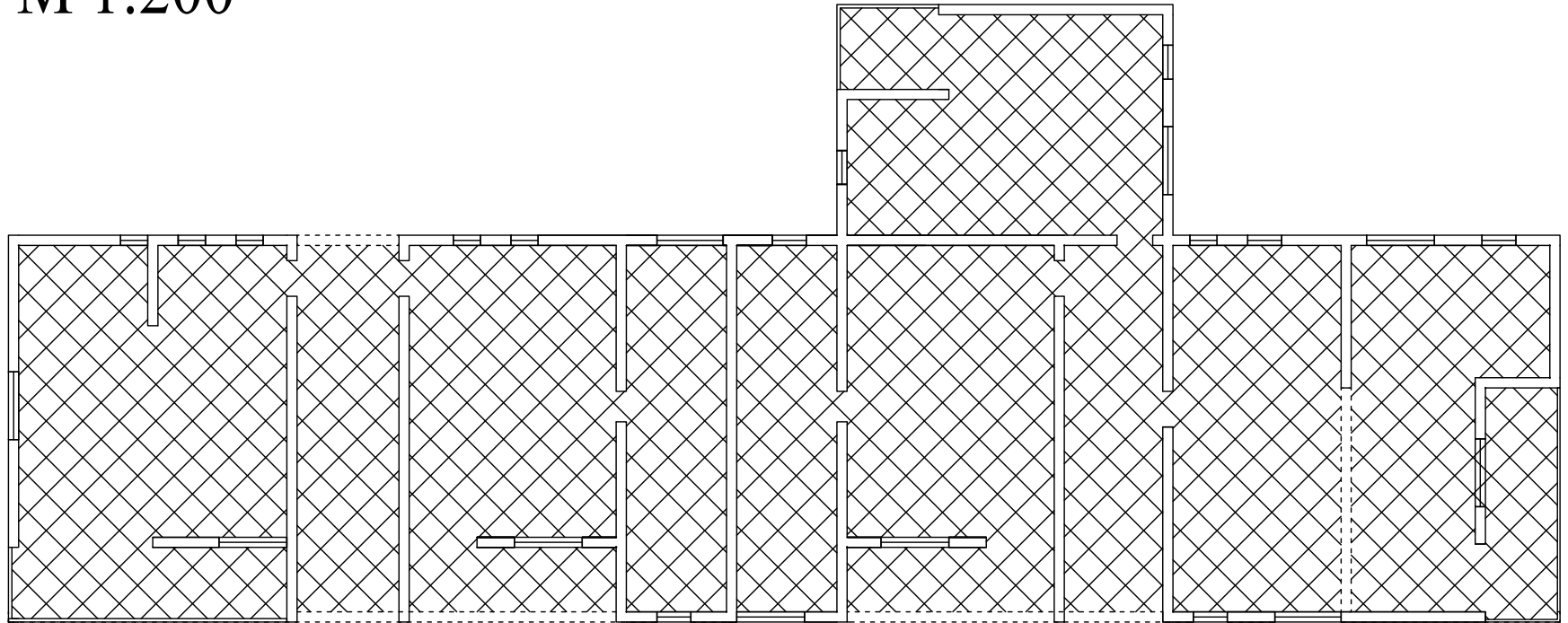
PROJEKTANT:  
Katarina Barišić

BRJ PRILOGA:  
13



# Armatura ploče pozicije 500 - donja zona

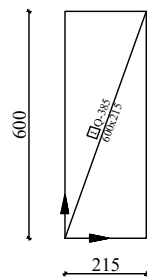
## M 1:200



Q-385

Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

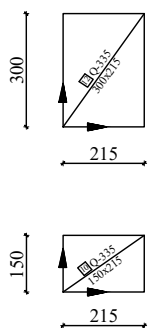
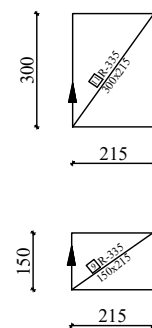
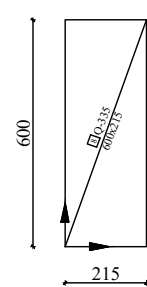
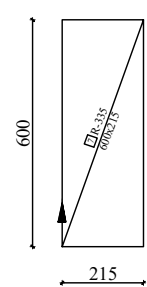
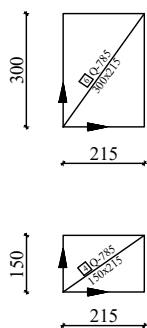
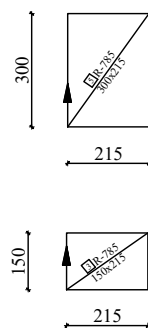
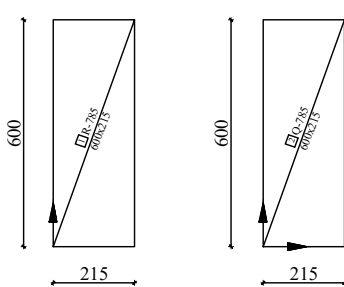
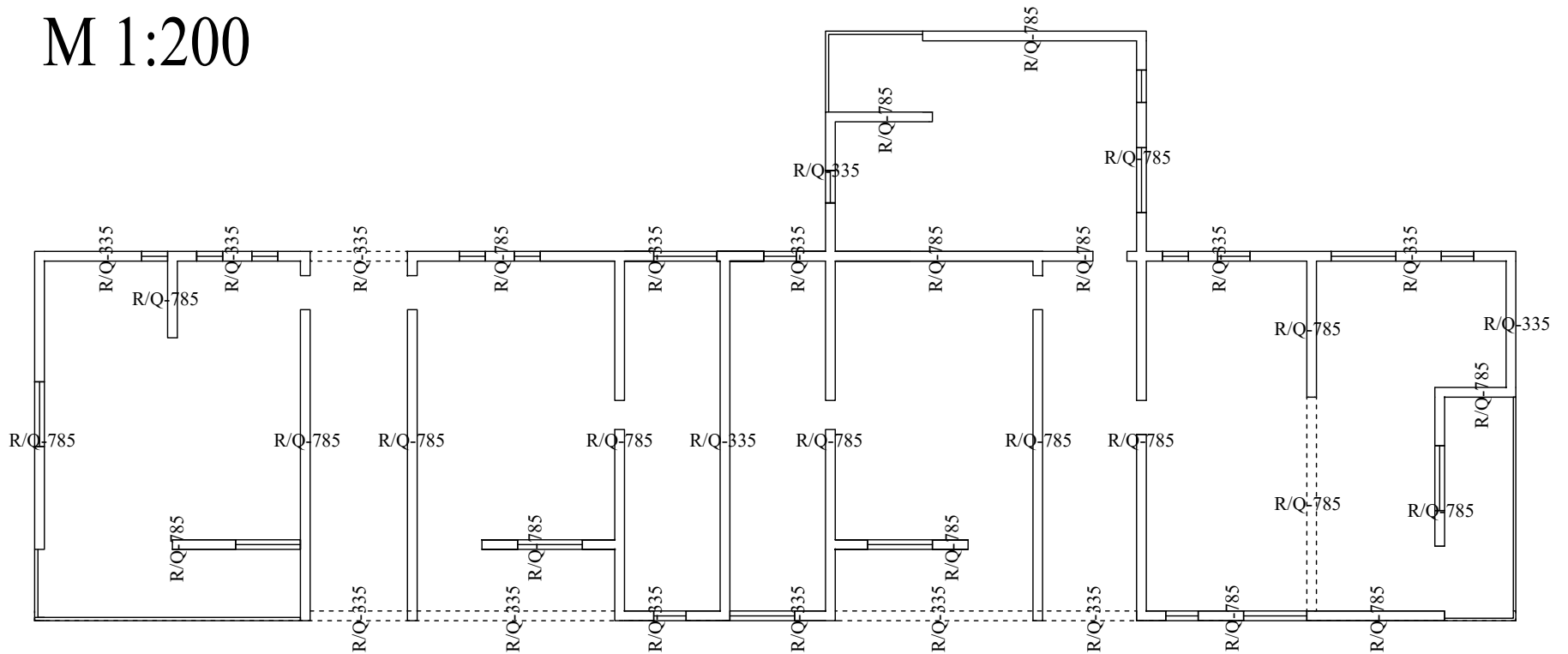


Beton: C30/37

Armatura: B500B

# Armatura ploče pozicije 500- gornja zona

## M 1:200



Beton: C30/37

Armatura: B500B

Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta
- R mreže postavljati s preklapima 20 cm ili većim, R i Q mreže s preklapom 30 cm, a Q mreže s preklapom 40 cm
- Na rubovima ploča postavljati mreže R-785, izuzev na sjecištima zidova gdje se postavlja Q-785



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

GRAĐEVINA:  
Stambena zgrada  
Split

VRSTA PROJEKTA:  
Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:  
GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:  
Armatura ploče pozicije 500

MJERILO:  
1:200

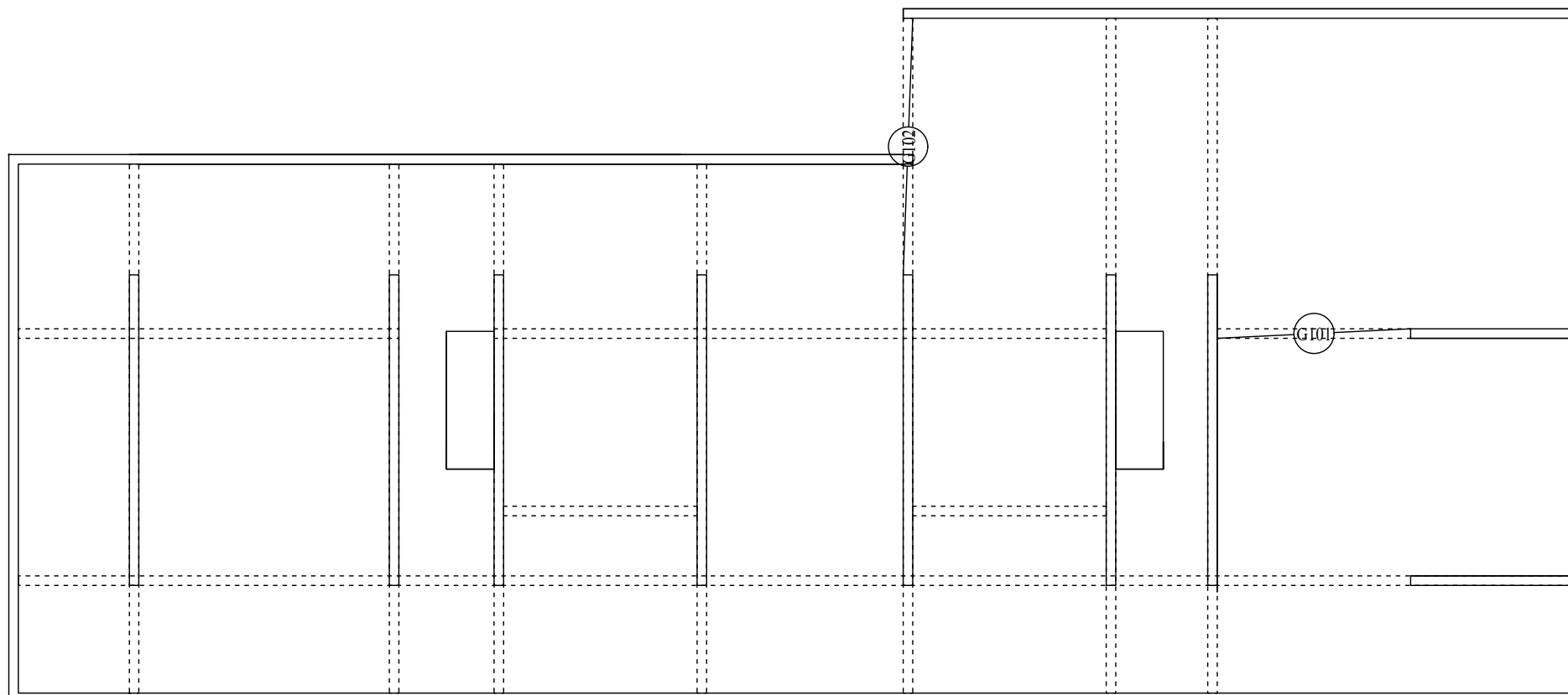
DATUM:  
srpanj, 2021.

PROJEKTANT:  
Katarina Barišić

BROJ PRILOGA:  
14

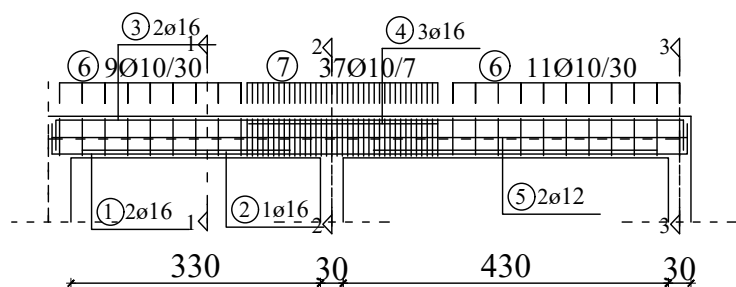
# Plan pozicija greda 101 i 102

M 1:200



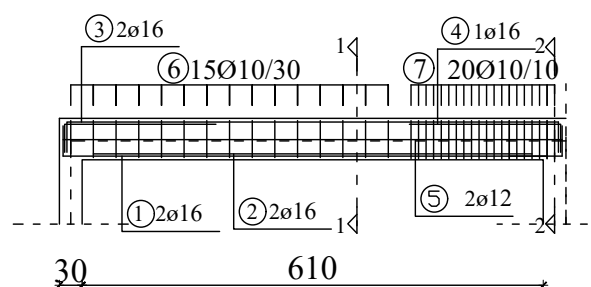
## Armaturni plan grede pozicije 102

M 1:100



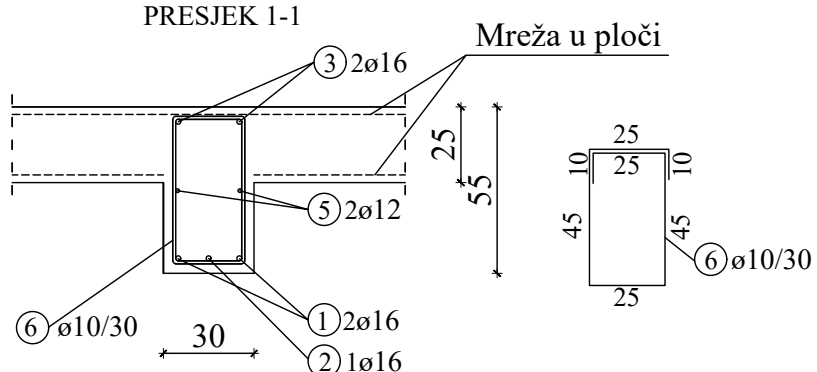
## Armaturni plan grede pozicije 101

M 1:100

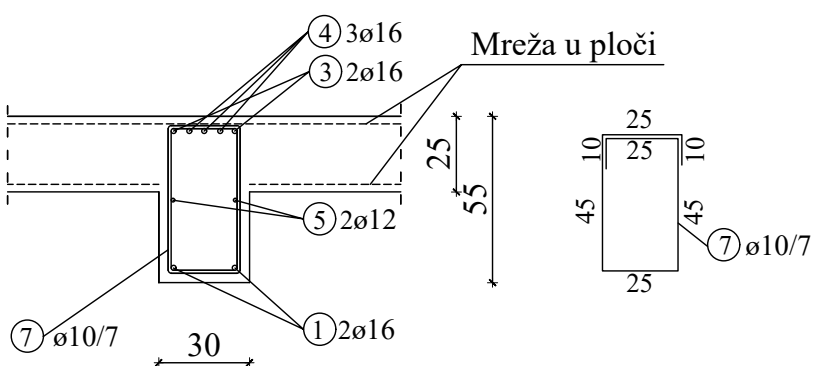


M 1:25

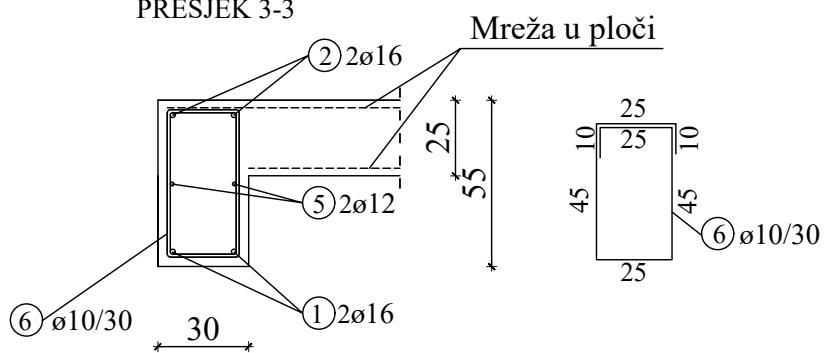
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2

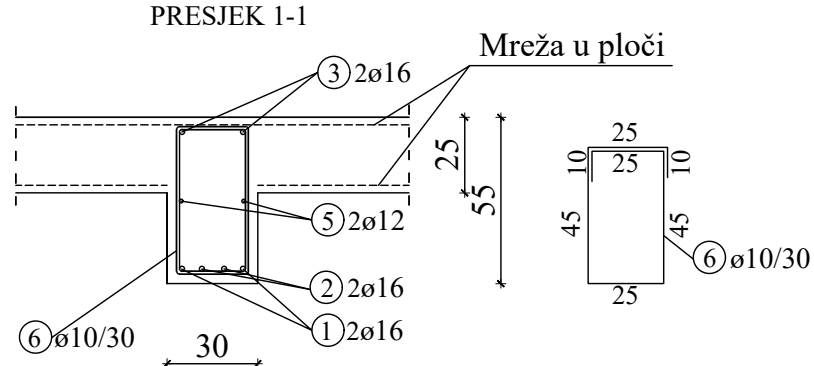


PRESJEK 3-3

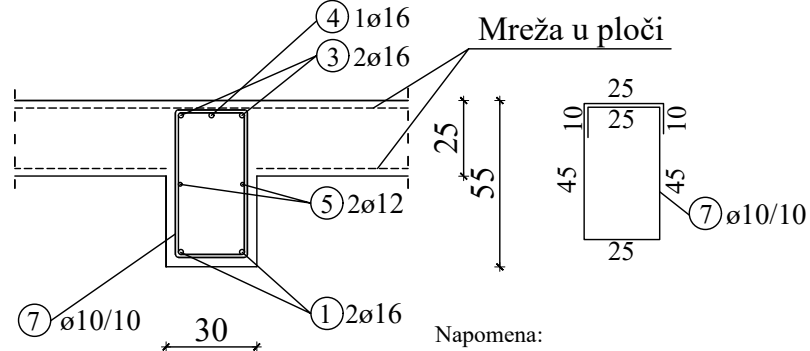


M 1:25

PRESJEK 1-1

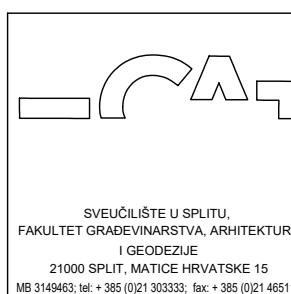


PRESJEK 2-2



Napomena:

Sve ostale grede pozicija 100 armirane su jednakom armaturom kao gređni nosač G101, pa nisu posebno prikazivane.



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

GRAĐEVINA:

Stambena zgrada  
Split

VRSTA PROJEKTA:

Projekt konstrukcije

RAZINA PROJEKTA:

GLAVNI PROJEKT

SADRŽAJ:

Armaturni plan grede pozicije 100

MJERILO:

1:200 (1:100,1:25)

DATUM:

srpanj, 2021.

PROJEKTANT:

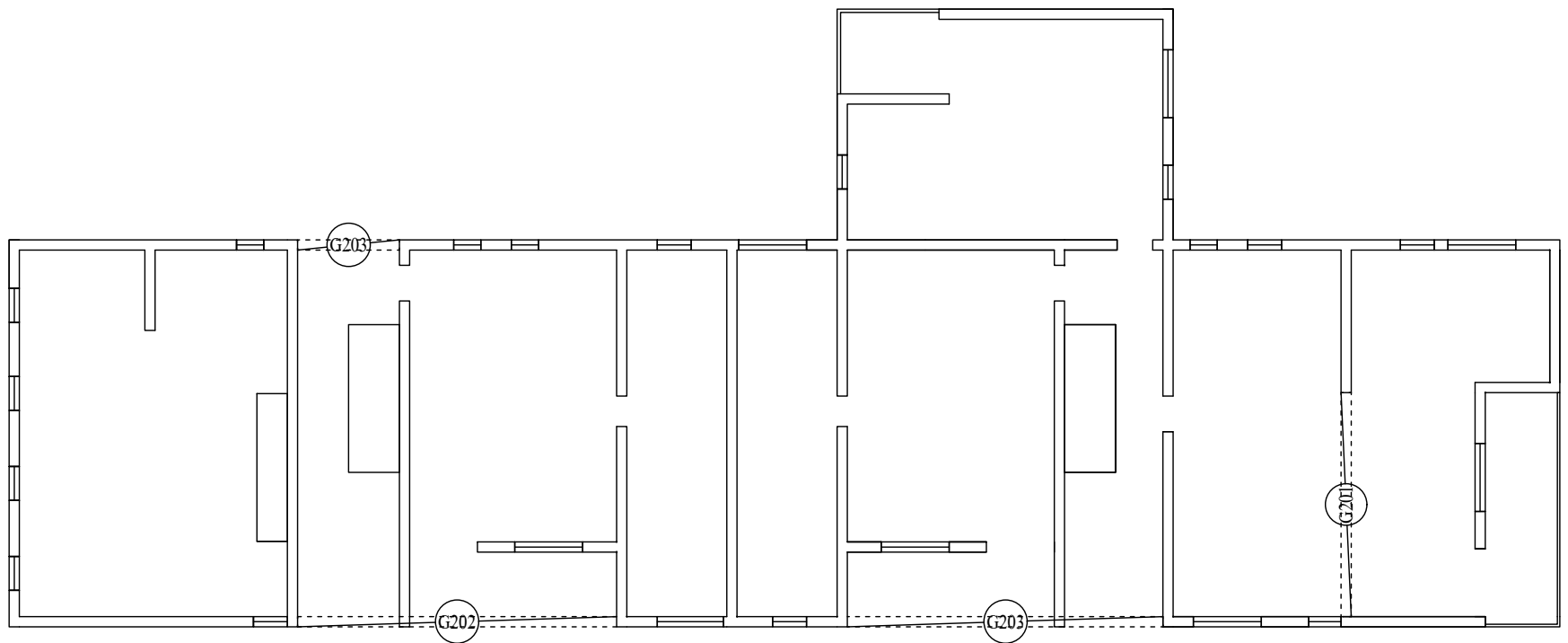
Katarina Barišić

BROJ PRILOGA:

15

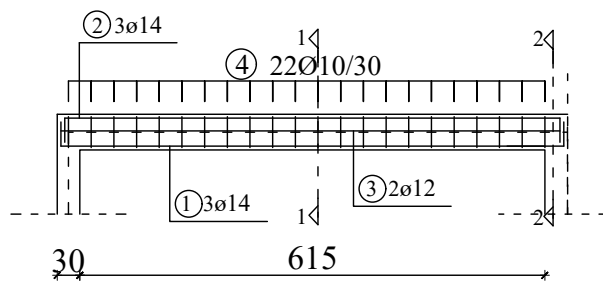
# Plan pozicija greda 201(301,401,501) i 202(302,402,502)

M 1:200



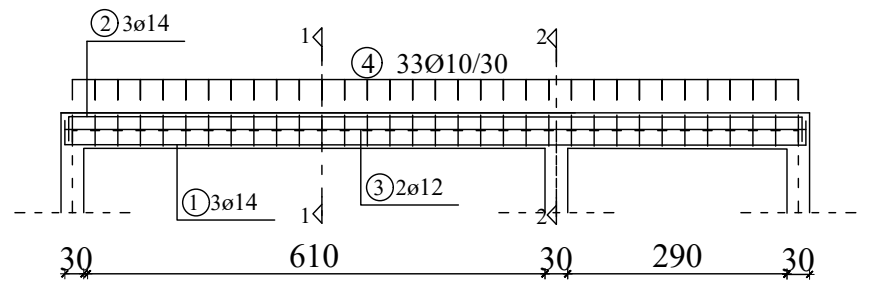
## Armaturni plan grede pozicije 201

M 1:100



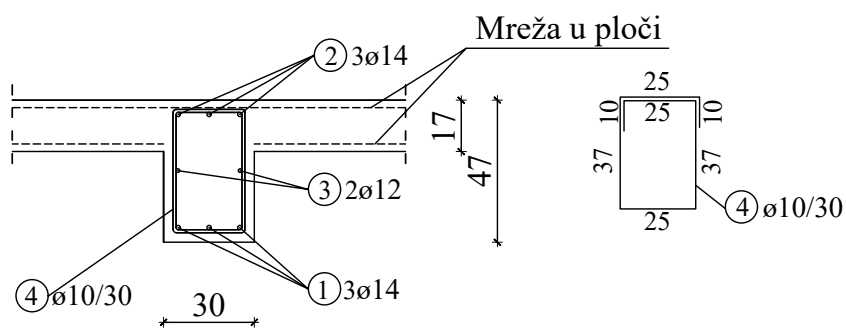
## Armaturni plan grede pozicije 202

M 1:100

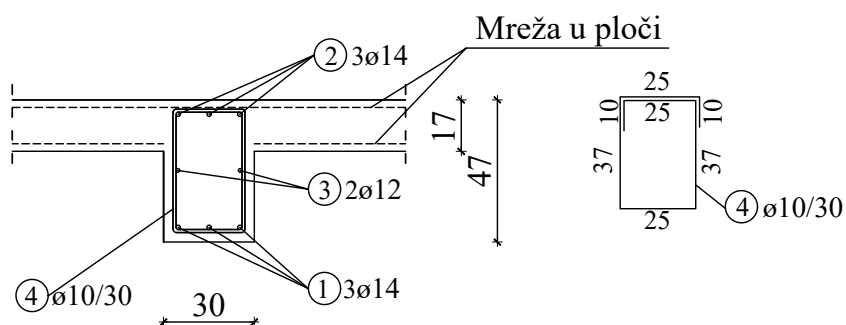


M 1:25

PRESJEK 1-1

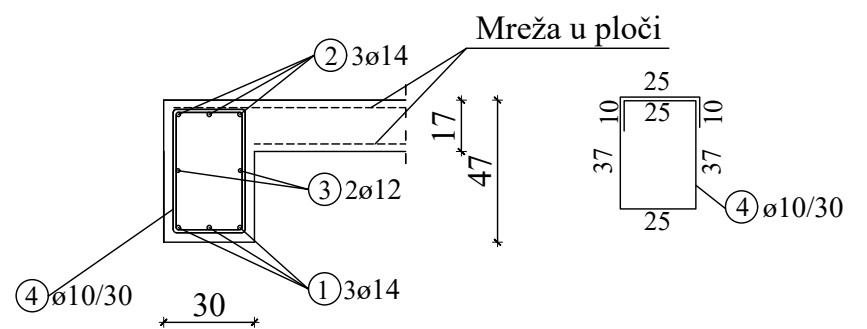


PRESJEK 2-2

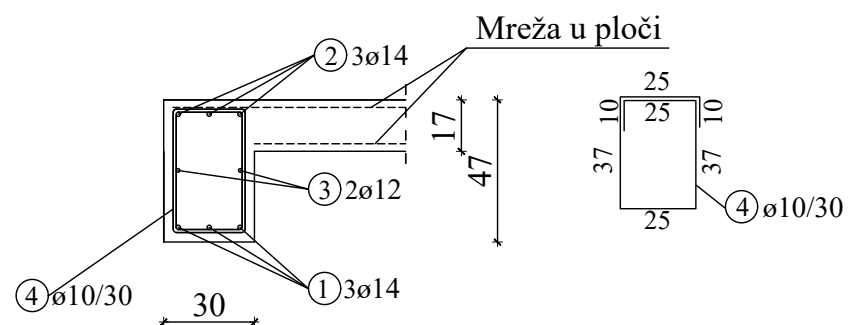


M 1:25

PRESJEK 1-1

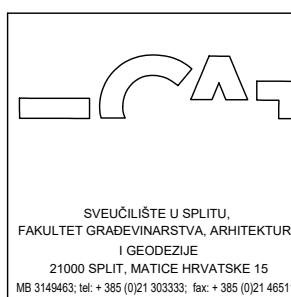


PRESJEK 2-2



Napomena:

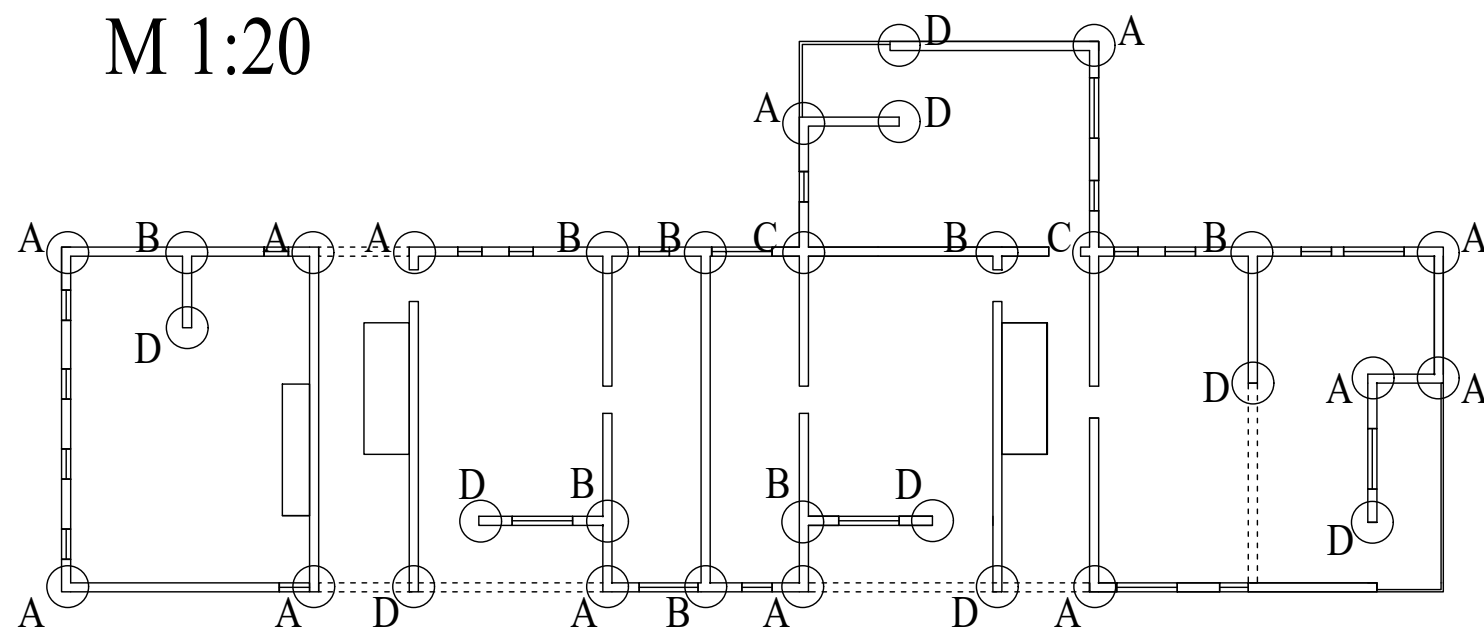
Gredni nosač G203 armiran je na isti način kao i gredni nosač G202, pa ga nije potrebno posebno prikazivati.



INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200(1:100,1:25)
GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
SADRŽAJ: Armaturni plan grede pozicije 200(300,400,500)	BROJ PRILOGA: <b>16</b>

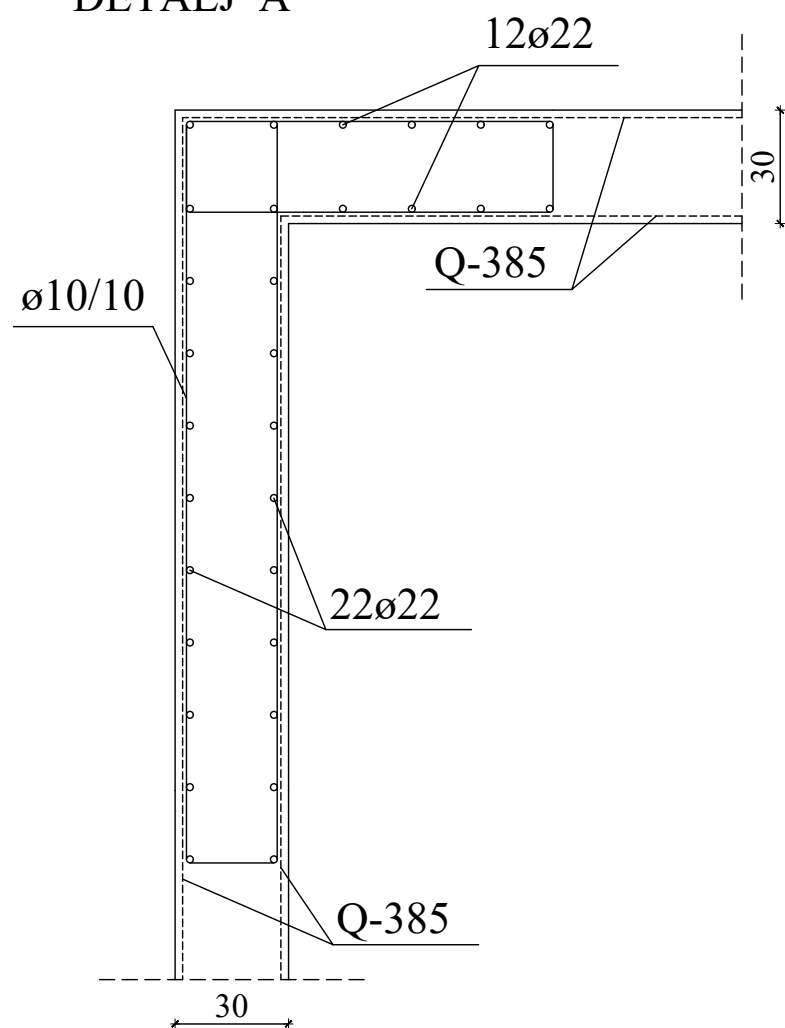
# Plan pozicija i armatura zidova

M 1:20

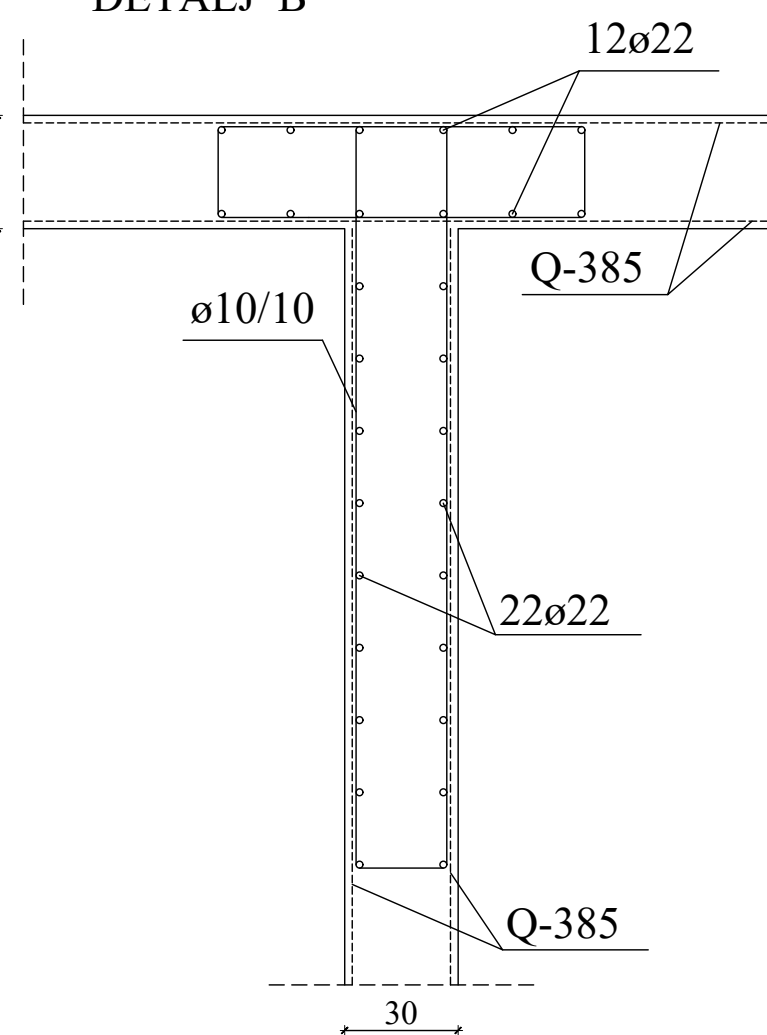


Napomena: Plan pozicija je u mjerilu M 1:250

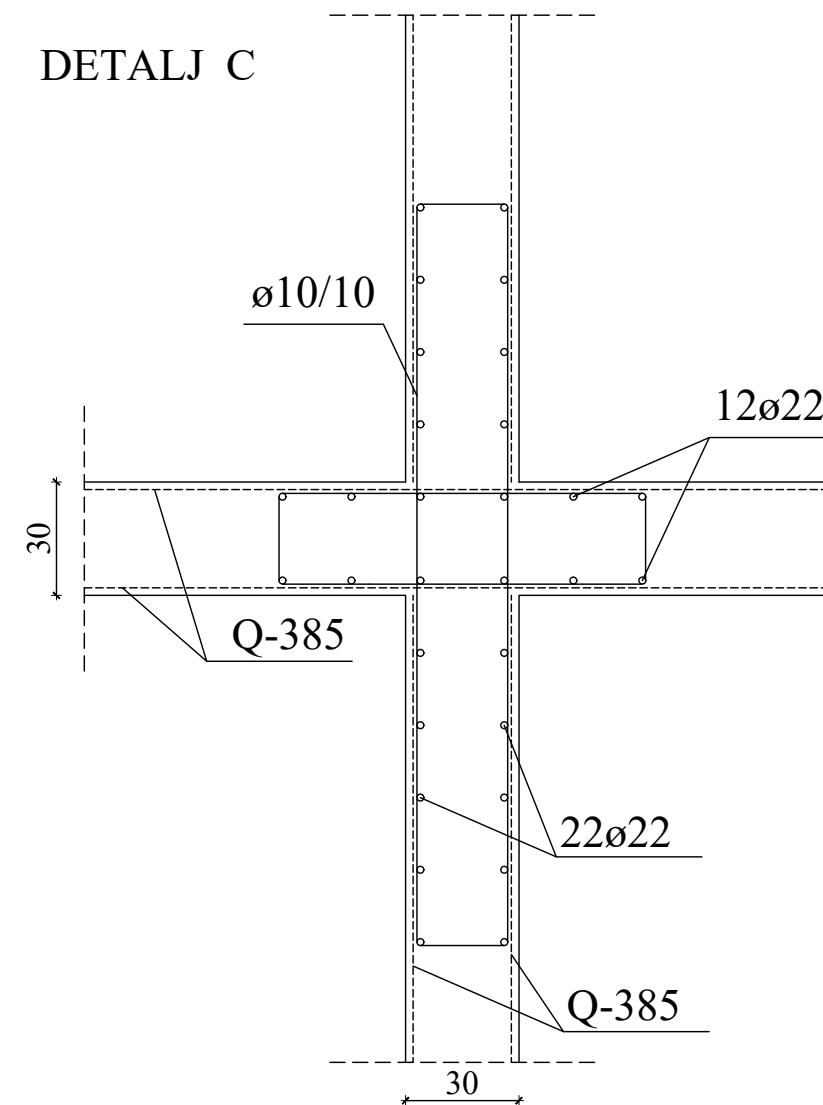
DETALJ A



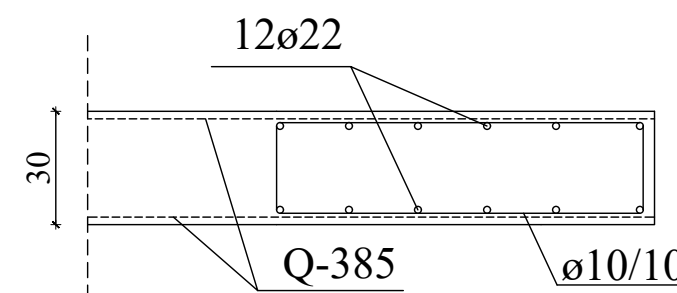
DETALJ B




DETALJ C



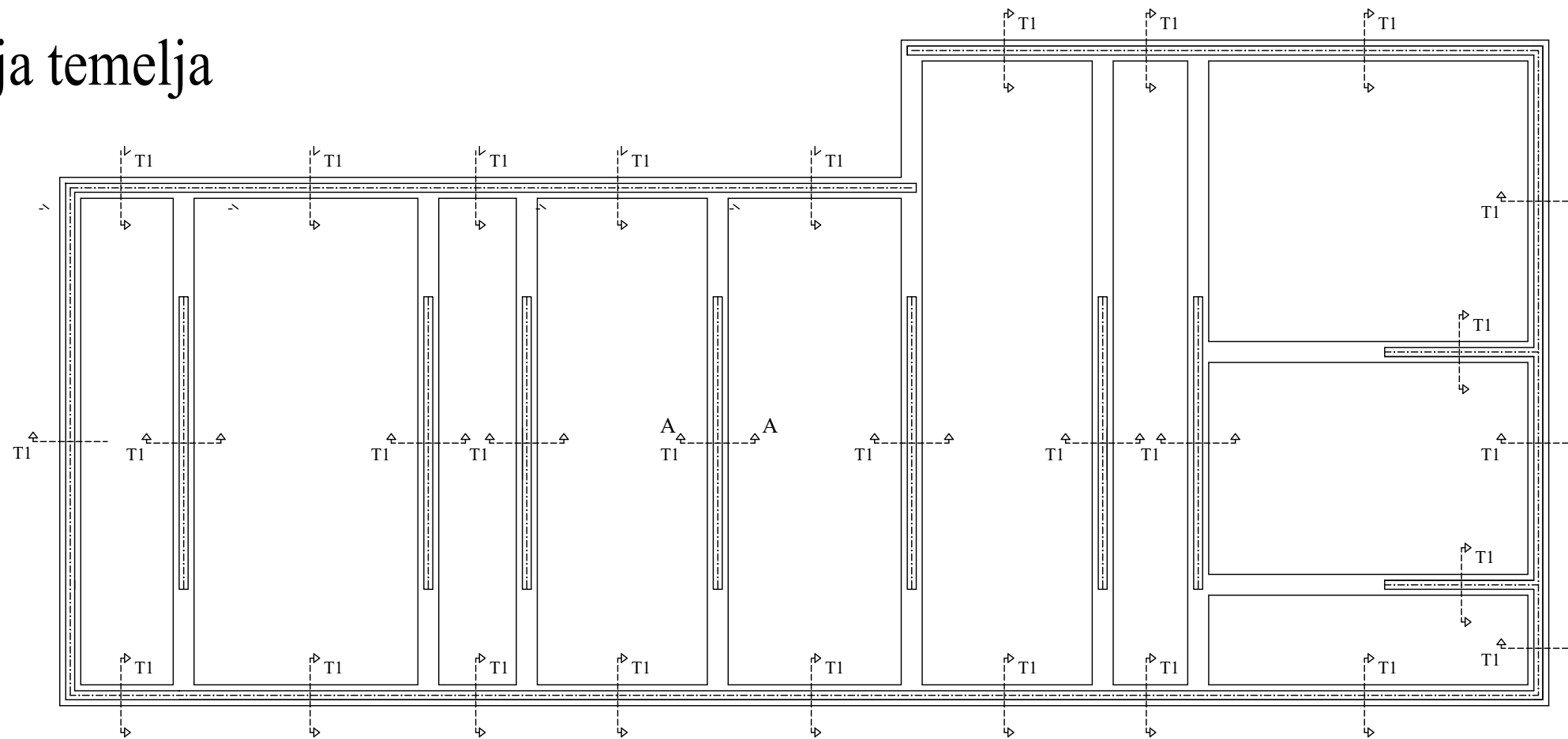
DETALJ D



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
	SADRŽAJ: Plan pozicija i armatura zidova	BROJ PRILOGA: 17

# Plan pozicija temelja

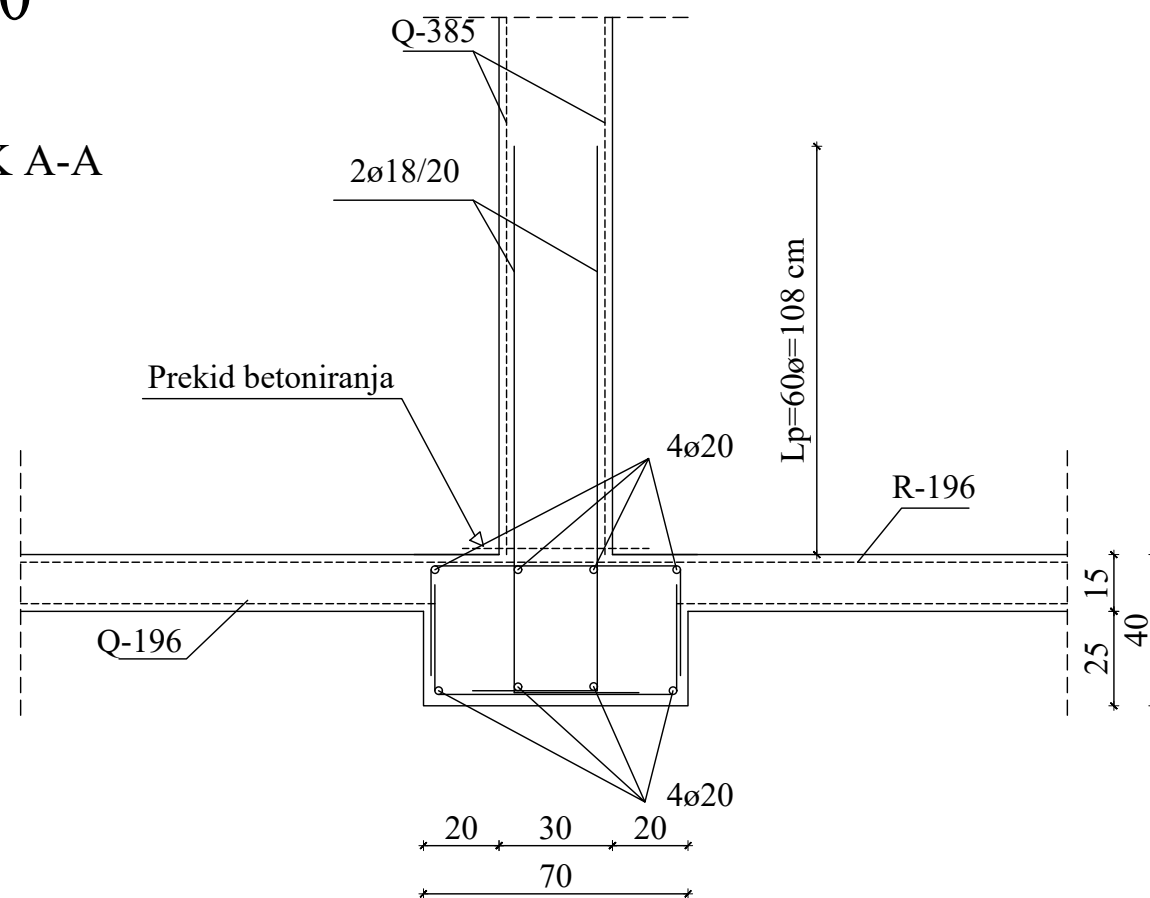
M 1:200




# Armatura temelja

M 1:20

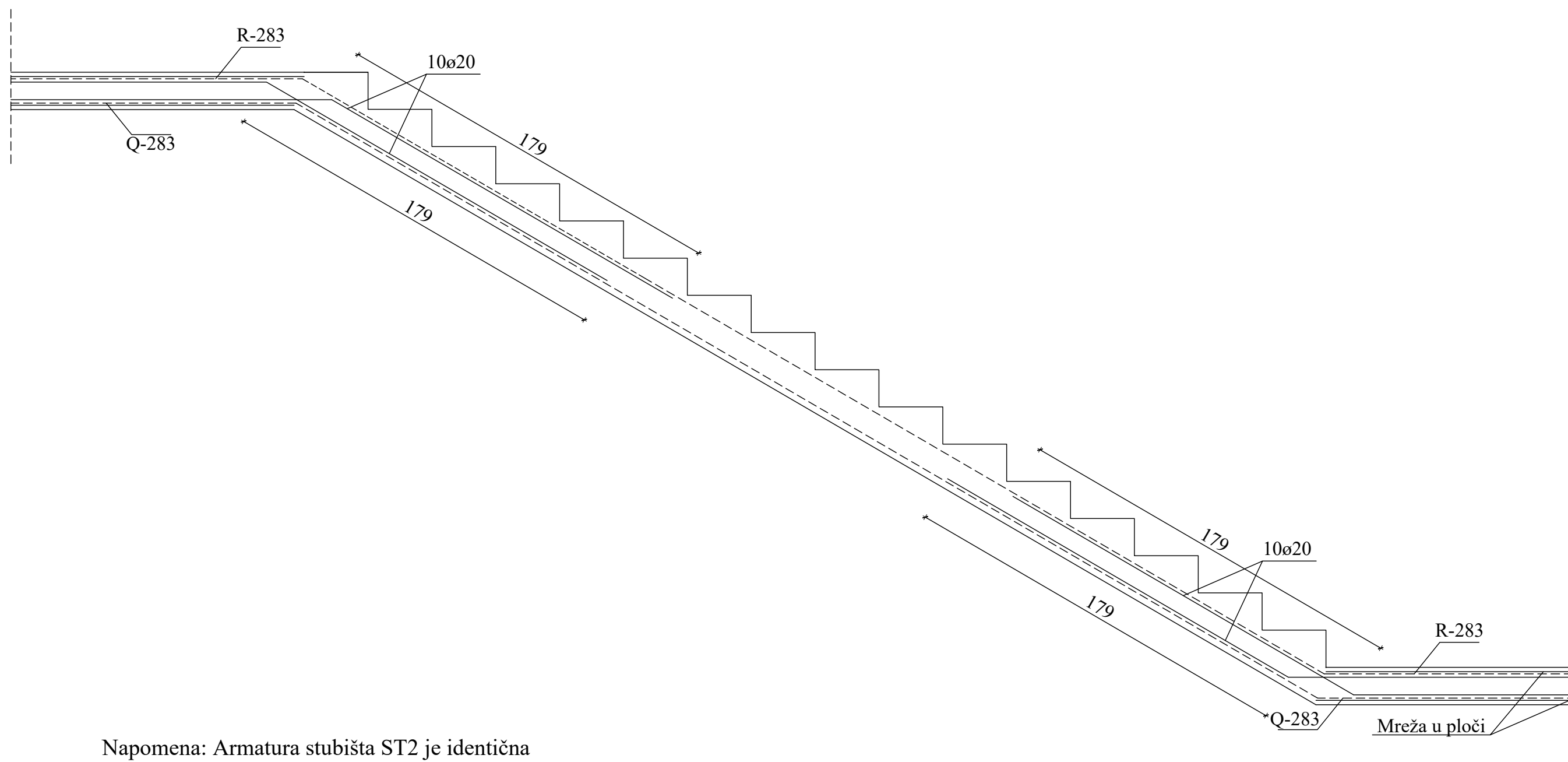
PRESJEK A-A




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:20(1:200)
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	SADRŽAJ: Plan pozicija i armatura temelja
		BROJ PRILOGA: <b>18</b>

# Armatura stubišta ST1

M 1:20



Napomena: Armatura stubišta ST2 je identična stubištu ST1 te ju nije potrebno posebno prikazivati.

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Stambena zgrada Split	DATUM: srpanj, 2021.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	PROJEKTANT: Katarina Barišić
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	
	SADRŽAJ: Armatura stubišta	BROJ PRILOGA: 19