

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

---

Kekez, Josipa

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:235143>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-09**



*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**

**Josipa Kekez**

**Split, 2019.**

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

**Josipa Kekez**

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

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

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

### ***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt poslovno – stambene zgrade u Put Brodarice u Splitu. Građevina se sastoji od dva dijela, a to su niži i viši toranj s ukupno 4, odnosno 6 katova iznad prizemlja i garažom ispod zemlje kojom su tornjevi povezani.

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

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

***Ključne riječi:*** poslovno-stambena zgrada, armirano-betonska konstrukcija, glavni projekt

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

### ***Abstract:***

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

The building has two parts. There are lower and higher tower with 4 and 6 floors above the ground floor and the garage under the earth which the towers are connected with.

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 includes: a technical description of the construction, calculation of the bearing structural elements and characteristic construction design.

***Keywords:*** business and residential building, reinforced concrete structure, main design





STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

SMJER: **KONSTRUKCIJE**

KANDIDAT: **Josipa Kekez**

BROJ INDEKSA: **678**

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

PREDMET: **Betonske konstrukcije**

## **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

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

Opis zadatka: Na temelju zadanih arhitektonskih podloga potrebno je izraditi glavni projekt poslovno-stambene zgrade. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračun nosivih elemenata konstrukcije
- građevinske nacрте

U Splitu, ožujak 2019.

Voditelj Diplomskog rada:

Prof.dr.sc.Alen Harapin

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

1	TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE .....	1
1.1	Općenito ( projektni zadatak ).....	1
1.2	Oblik i veličina građevinske čestice .....	2
1.3	Namjena građevine .....	2
1.4	Konstruktivne pojedinosti – općenito .....	4
1.5	Konstruktivne pojedinosti - garaža .....	5
1.6	Konstruktivne pojedinosti – prizemlje.....	5
1.7	Konstruktivne pojedinosti – katovi.....	5
1.8	Lokacija i opterećenje .....	6
1.9	Izvedba.....	6
1.10	Materijali .....	7
2	GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	8
2.1	Podaci o istražnim radovima.....	8
2.2	Geološka i inženjersko – geološka istraživanja .....	8
2.3	Dubina podzemne vode .....	8
2.4	Temeljenje .....	9
3	PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	10
3.1	Općenito.....	10
3.2	Postizanje zahtjevane geometrije.....	10
3.3	Zemljani radovi.....	11
3.4	Betonski i armiranobetonski radovi .....	11
3.4.1	Beton.....	11
3.4.2	Betonski čelik .....	12
3.4.3	Prekidi betoniranje.....	13
3.4.4	Primijenjeni standardi.....	13
3.4.5	Kontrola ispitivanja .....	17
3.4.6	Dužnost izvođača.....	18
4	POSEBNI TEHNIČKI UVJETI .....	19
4.1.1	Oplate i skele .....	19
4.1.2	Transport i ugradnja betona.....	21
4.1.3	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama.....	22
4.1.4	Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	23
5	NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	23
6	UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	25
7	PLANOVI POZICIJA .....	27
8	ANALIZA OPTEREĆENJA .....	29

8.1	Stalno opterećenje.....	29
8.1.1	Vlastita težina .....	29
8.1.2	Dodatno stalno opterećenje .....	29
8.2	Promjenjivo opterećenje .....	33
8.2.1	Korisno opterećenje .....	33
8.2.2	Opterećenje snijegom .....	34
8.2.3	Opterećenje vjetrom .....	35
8.3	Izvanredno opterećenje .....	42
8.3.1	Seizmičko opterećenje .....	42
8.3.2	Rezultati dinamičke analize.....	45
9	NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA .....	53
9.1	Numerički model .....	53
9.2	Kombinacije opterećenja .....	54
9.2.1	Granično stanje nosivosti .....	54
9.2.2	Granično stanje uporabljivosti.....	54
10	DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....	55
10.1	Proračun ploča iznad garaže.....	55
10.1.1	Dimenzioniranje na savijanje .....	57
10.1.2	Kontrola pukotina.....	59
10.1.3	Kontrola progiba.....	61
10.2	Proračun ploče 1.kata .....	63
10.2.1	Dimenzioniranje na savijanje .....	65
10.2.2	Kontrola pukotina.....	67
10.2.3	Kontrola progiba.....	69
10.3	Proračun ploče zadnjeg kata.....	71
10.3.1	Dimenzioniranje na savijanje .....	73
10.3.2	Kontrola pukotina - ploča.....	75
10.3.3	Kontrola progiba.....	77
11	DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	79
11.1	Proračun stupova S1 u garaži .....	79
11.1.1	Proračun stupova S1 na savijanje i uzdužnu silu.....	80
11.1.2	Proračun stupa S1 na poprečnu silu.....	90
11.1.3	Proračun na proboj ploče iznad garaže za stupove S1.....	91
11.2	Proračun stupova S2 u prizemlju .....	93
11.2.1	Proračun stupova S2 na moment savijanja i uzdužnu silu.....	94
11.2.2	Proračun stupa S2 na poprečnu silu.....	103
11.2.3	Proračun na proboj ploče iznad garaže za stup S2 .....	104

11.3	Proračun karakterističnog zida zgrade .....	106
11.3.1	Proračun zidova na savijanje i uzdužnu silu.....	106
11.3.2	Proračun zidova na djelovanje poprečne sile .....	107
11.3.3	Rezultati proračuna karakterističnog zida zgrade.....	109
11.3.4	Proračun seizmičkog zida.....	112
11.4	Proračun karakterističnog zida garaže.....	116
11.4.1	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	118
11.4.2	Kontrola pukotina.....	119
11.4.3	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	120
11.4.4	Kontrola pukotina.....	121
12	DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA.....	122
12.1	Opterećenja.....	122
12.2	Dimenzioniranje na moment savijanja.....	124
13	PRORAČUN TEMELJA.....	125
13.1	Proračun temeljne trake ispod karakterističnog zida.....	126
13.1.1	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	129
13.2	Proračun temeljne trake ispod stupa.....	130
13.2.1	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	133
14	GRAFIČKI PRILOZI.....	134
15	LITERATURA .....	135

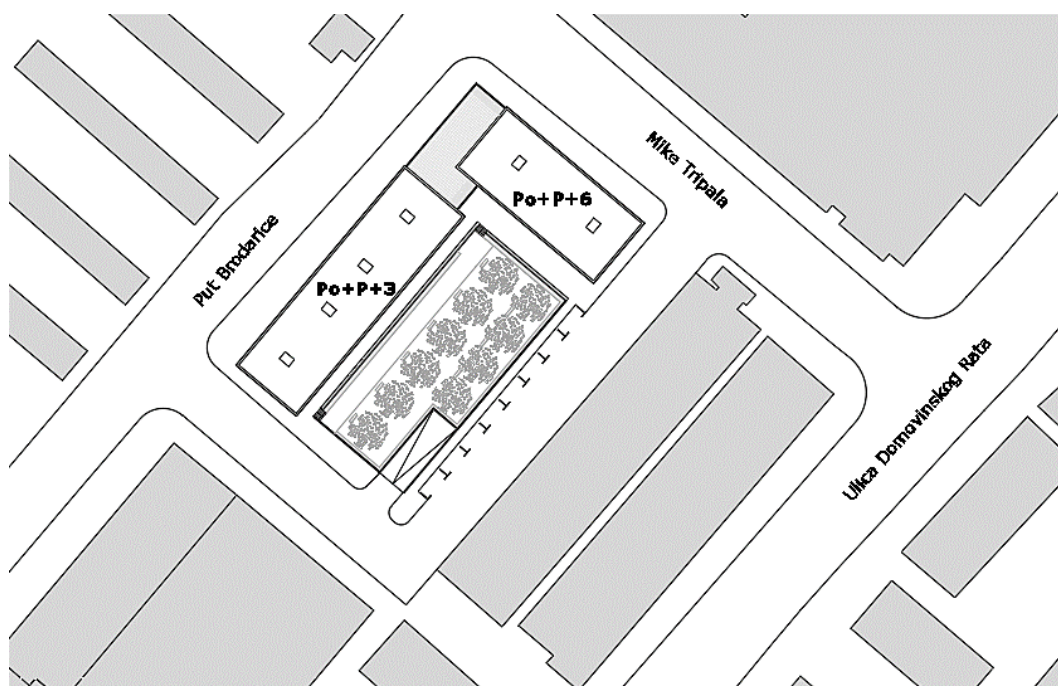
# 1 TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE

## 1.1 Općenito ( projektni zadatak )

U ulici Put Brodarice u Splitu nalazi se građevinska čestica na kojoj investitor ima namjeru izgraditi poslovno-stambenu zgradu.

Građevinska parcela površine je cca 4267,5 m<sup>2</sup>. Analizirajući lokaciju, oblik i veličinu građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu, a vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji, izrađeno je arhitektonsko rješenje samostojećeg poslovno-stambenog objekta.

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



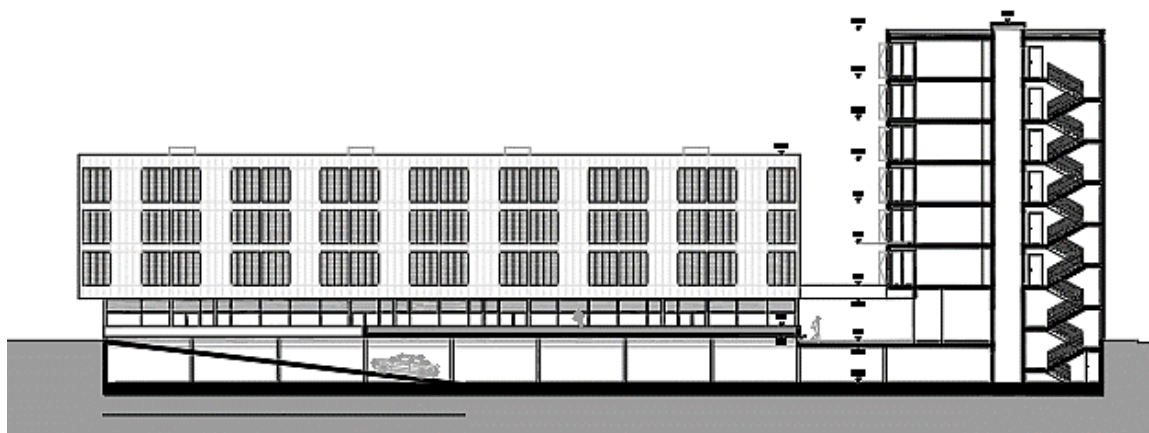
Slika 1.1. Situacija – položaj poslovno – stambene zgrade s obzirom na okolni teren

## 1.2 Oblik i veličina građevinske čestice

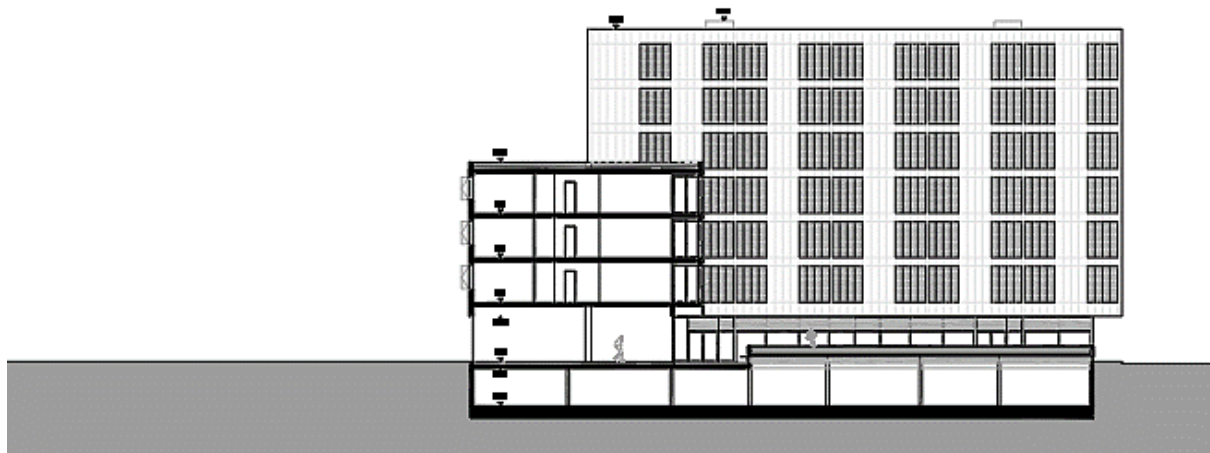
Novoformirana parcela je nepravilno oblika površine oko 4169,7 m<sup>2</sup>. Tlocrtna površina objekta je 3157,9 m<sup>2</sup>. Smještaj građevine na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog pristupa s glavnih prometnica koje se nalaze na sjevernoj, zapadnoj i istočnoj strani poslovno stambene zgrade, te pješačkog pristupa sa zapadne i istočne strane zgrade.

## 1.3 Namjena građevine

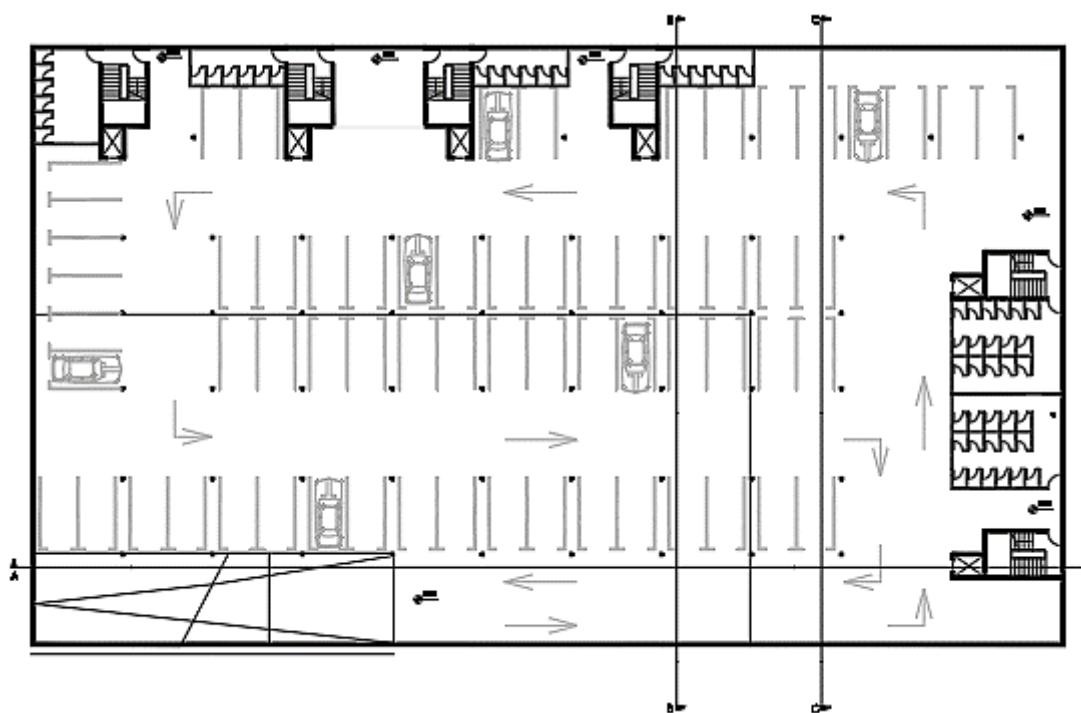
Namjena građevine je poslovno-stambena. Sadržaji građevine podijeljeni su prema katovima zgrada. Uzevši u obzir problem parking mjesta izrađena je podzemna garaža. Izgrađena su dva tornja od kojih jedan ima 4, a drugi 7 nadzemnih etaža. Vertikalnu komunikaciju podzemne garaže, poslovnih prostora u suterenu i stambenih katova čine stubišta i dizala. Ulaz u zgradu moguć je i kroz podzemnu garažu. Visina više zgrade je 22,20 m, a niže 13,30 m od nulte točke terena.



Slika 1.2. Presjek 1 poslovno - stambene zgrade



Slika 1.3. Presjek 2 poslovno - stambene zgrade



Slika 1.4. Tlocrt podzemne garaže



Slika 1.5. Tlocrt prizemlja s okolišem

Kolni prilaz na građevinsku parcelu, tj. u garažu je s istočne strane objekta, dok se pješački prilazi, tj. ulazi u zgradu nalaze sa zapadne i istočne strane. Sa ceste se ulazi rampom u podzemnu garažu.

Okolni teren zgrada prikladno će se hortikulturalno urediti. Svi infrastrukturni priključci izvest će se prema posebnim zahtjevima komunalnih i javnih poduzeća ili stručnih službi grada i županije.

#### 1.4 Konstruktivne pojedinosti – općenito

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

Debljina ploče nad garažom je  $d = 35$  cm, a u tornjevima je debljina ploče  $d = 20$  cm.

Nosivi zidovi su također armirano - betonski,  $d = 20$  cm u garaži i  $d = 30$  cm u tornjevima, 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.

### **1.5 Konstruktivne pojedinosti - garaža**

Konstrukcija ploče garaže je armirano - betonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonskih ploča ( $d = 35$  cm).

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

Vertikalni nosivi sustav su stupovi kružnog presjeka dimenzija  $\varnothing 50$  cm. Obodni i unutrašnji zidovi su debljine 20 cm.

Materijal izrade je beton klase C 30/37.

### **1.6 Konstruktivne pojedinosti – prizemlje**

Konstrukcija ploče prizemlja je armirano - betonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonskih ploča  $d=35$  cm.

Vertikalni nosivi sustav su stupovi kružnog presjeka dimenzija  $\varnothing 50$  cm, obodni i unutrašnji zidovi su debljine  $d=30$  cm.

Materijal izrade je beton klase C 30/37.

### **1.7 Konstruktivne pojedinosti – katovi**

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

Betonska ploča izvodi se lijevanjem na licu mjesta u oplati. U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente uglavnom kroz skice armature. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ( $\geq 0.1\%$  površine betonskog presjeka).

## 1.8 Lokacija i opterećenje

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

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u III. zonu opterećenja vjetrom.

## 1.9 Izvedba

Iskop građevinske jame do nivoa - 3.77 m ispod nivoa prizemlja buduće građevine izvršit će se u širokom iskopu s vertikalnim zasjekom (10:1). Pristup jami predviđen je na mjestu buduće rampe.

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

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

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

## **1.10 Materijali**

### a) 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).

### b) 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). Za temelje se može upotrijebiti beton niže klase.

## **2 GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ**

### **2.1 Podaci o istražnim radovima**

Geotehnički istražni radovi su se sastojali od obilaska terena s prospekcijskim pregledom i detaljnim geološkim kartiranjem, izrade fotodokumentacije, georadarskog snimanja, seizmičkog snimanja i iskopa i pregleda 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.

### **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 -3,77 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**

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

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

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

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

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

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

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

### **3.3 Zemljani radovi**

#### **a) 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 iskapati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- Ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa
- Za vrijeme rada na iskopu, pa do završetka 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

#### **b) Nasipi**

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

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

Nasipavanje izvoditi po propisanim debljinama slojeva i s propisanom zbijenošću.

Kontrola

zbijenosti vrši se probno po slojevima i obvezno na vrhu.

### **3.4 Betonski i armiranobetonski radovi**

#### **3.4.1 Beton**

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

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

projekta konstrukcije i projekta betona. Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona (kojeg je dužan izraditi Izvođač), a u svemu sukladno s:

- „Tehničkim 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 očvrstnalog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima. Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora.

Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu

betona, važećim propisima i pravilima struke.

### **3.4.2 Betonski čelik**

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

- nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
- 1.dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
- nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
- 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)



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

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodataka A norme

nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog

propisa za 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.

Ni jedno 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**

Nome 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 Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1/A2 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

HRN EN 12390-6 Ispitivanje očvrtnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka

HRN EN 12390-7 Ispitivanje očvrtnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrtnulog betona

HRN EN 12390-8 Ispitivanje očvrtnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom

prCEN/TS Ispitivanje očvrtnulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem  
12390-9

ISO 2859-1 Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine

ISO 3951 Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti

HRN U.M1.057 Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton

HRN U.M1.016 Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza

HRN EN 480-11 Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrtnulom betonu

- HRN EN12504-1 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
- HRN EN 12504-2 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
- HRN EN 12504-3 Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
- HRN EN 12504-4 Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
- prEN 13791:2003 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

Norme za čelik za armiranje – osnovne 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)
- nHRNEN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
- nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
- nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
- nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

Norme za čelik za armiranje – Ostale norme

- HRN EN 10020 Definicije i razredba vrsta čelika
- HRN EN 10025 Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
- HRN EN 10027-1 Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
- HRN EN 10027-2 Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
- EN 10079 Definicije čeličnih proizvoda

- HRN EN 10204 Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
- prEN ISO 17660 Zavarivanje čelika za armiranje
- HRN EN 287-1 Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
- HRN EN 719 Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
- HRN EN 729-3 Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
- HRN EN ISO 4063 Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
- HRN EN ISO 377 Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
- HRN EN 10002-1 Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
- HRN EN ISO 15630-1 Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturene šipke i žice
- HRN EN ISO 15630-2 Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

#### 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 i istraživanje građevine*

Članak 20.

- (1) Ispitivanje određenih dijelova građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu te prethodna istraživanja bitna za projektiranje, građenje ili održavanje građevina, obavljaju ovlaštene osobe.
- (2) Ovlaštenje za obavljanje poslova iz stavka 1. ovoga članka daje i oduzima ministar.
- (3) Uvjete za obavljanje poslova ispitivanja i istraživanja iz stavka 1. ovoga članka 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 prethodnih istraživanja, sredstva kojima pravna osoba dokazuje ispunjavanje tih uvjeta u postupku davanja ovlaštenja iz stavka 2. ovoga članka te uvjete za produženje i oduzimanje tog ovlaštenja, propisuje ministar pravilnikom.
- (4) Uvjete za obavljanje poslova iz stavka 3. ovoga članka koji se odnose na ispitivanje i istraživanje vezano uz zaštitu od 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).

Članak 185.

- (1) U provedbi 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.
- (2) 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.
- (3) Način otklanjanja nedostataka, odnosno nepravilnosti iz stavka 2. ovoga članka upisuje se u građevinski dnevnik.

### 3.4.5 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)“.

### **3.4.6 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 koje 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 redosljedu 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 armaturne mreže

## **4 POSEBNI TEHNIČKI UVJETI**

### **4.1.1 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 ispušćenja.

Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

Nadvišenja oplata dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja.

Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka.

Ukoliko se za učvršćenje oplata rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplata ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet.

Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran.

Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

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

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

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

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

Oplata se mora skidati prema određenom redoslijedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa.

Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata.

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

Sve skele moraju biti stabilne, 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 oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.



#### 4.1.2 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 uklješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

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

### 4.1.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama

Niska početna temperatura svježeg betona ima višestruko povoljan utjecaj na poboljšanje uvjeta za betoniranje masivnih konstrukcija. Stoga je sniženje temperature svježeg betona i održavanje iste u propisanim granicama od posebnog značaja. Za održavanje temperature svježeg betona unutar dopuštenih 25 °C, neophodno je poduzeti sljedeće mjere:

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

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

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

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

Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redoslijed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim.

U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja.

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

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

#### **4.1.4 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 2<sup>h</sup>.

## **5 NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA**

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

-Zakon o otpadu (NN 34/95)

-Pravilnik o vrstama otpada (NN 27/96)

-Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)

Prema zakonu o otpadu građevni otpad spada u interni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži 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 i
- 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, oprашivanje, 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, aluminijski, 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**

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja.

Ipak, relativno agresivna sredina zahtijeva povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete.

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

pukotine u ab konstrukciji; veće deformacije (progibe) ab elemenata;  
moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona);  
koroziju armature; raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s drvenih i metalnih elemenata;  
otpadanje žbuke sa zidova ili stropova; moguća vlaženja ili procurivanja vode s krova ili fasade, pri čemu je potrebno posebnu pažnju obratiti na krov. U tom smislu kosi krov je potrebno pregledavati najmanje jednom godišnje te spriječiti moguću pojavu nakupljanja zemlje i rasta biljaka u uvalama koje mogu dovesti do začepeljivanja oluka i prodora vode u građevinu.

Spojeve različitih elemenata konstrukcije kao što su spojevi zidova s krovom, prozora s fasadom, vanjskih vrata s konstrukcijom i sl.

Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba (kućni majstor) na licu mjesta. U slučaju pojave znatnijih sumnjivih mjesta, prije sanacije potrebno je provesti istražne radove da bi se utvrdilo stvarno stanje. Nakon izvršenih istražnih radova potrebno je napraviti plan sanacije i hitno provesti mjere za dovođenje konstrukcije u ispravno stanje.

Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

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

## **7 PLANOVI POZICIJA**

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

Ploče su označavane velikim slovom P (P00, P100...) i pripadajućim brojem, grede su označavane velikim slovom G (G100,G200,..) i pripadajućim brojem, stupovi velikim slovom S (S100,S200..) i pripadajućim brojem te temeljne stope velikim slovom T.

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

Svi računalni proračuni su izvršeni računalnim programom "Scia Engineer 18.1."

Zbog opširnosti projekta prikazani su samo oni rezultati koji su smatrani relevantnim. Svi ulazni i izlazni podaci se mogu, na zahtjev, dobiti kod autora ovog projekta. Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

Sva opterećenja uzeta prema:

HRN ENV 1991-1 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 ANALIZA OPTEREĆENJA

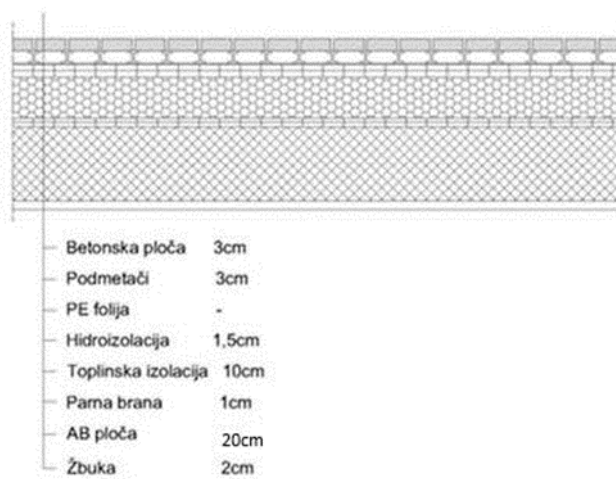
### 8.1 Stalno opterećenje

#### 8.1.1 Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Scia Engineer 18.1.

#### 8.1.2 Dodatno stalno opterećenje

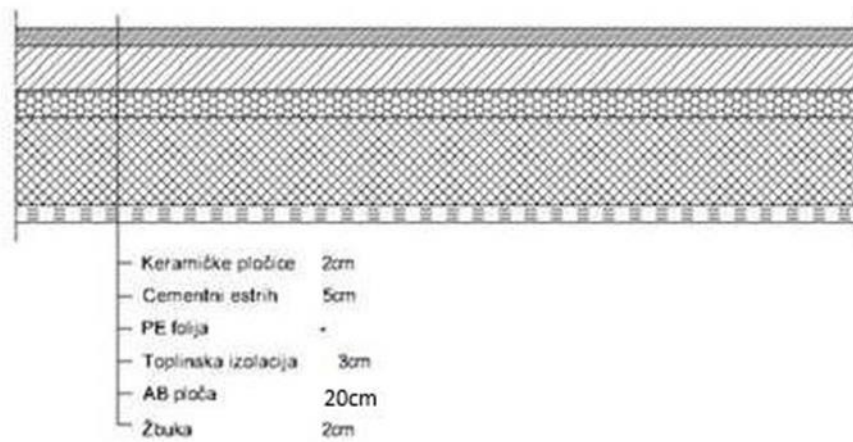
##### a) Ploča krova



Tablica 8.1 – karakteristični iznos opterećenja slojeva ravnog krova

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Betonska ploča	0,03	25	0,750
Podmetači	0,03		
PE folija	-	-	-
Hidroizolacija	0,015x2	5,90	0,177
Toplinska izolacija	0,1	1,5	0,30
Parna brana	0,01x2	0,15	0,003
AB ploča	0,20	uključena	kroz program
Žbuka	0,02	19	0,38

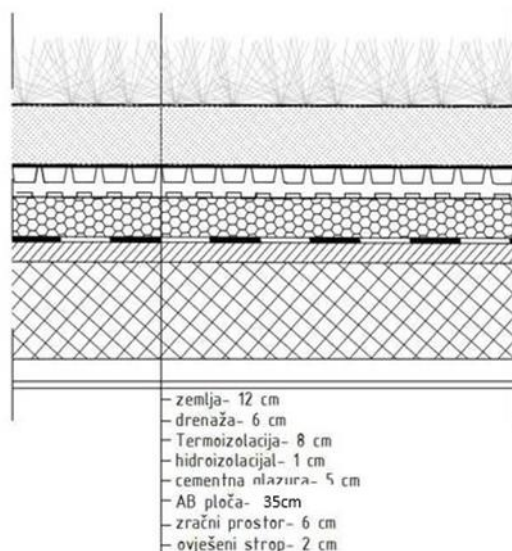
Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,0$  (kN/m<sup>2</sup>)

b) Pod između stanova

Tablica 8.2 – karakteristični iznos opterećenja slojeva katova

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Keramičke pločice	0,02	24	0,48
Cementni estrih	0,05	24	1,20
PE folija	-	-	-
Topl.-zvuč. izolacija	0,03	2,0	0,015
AB ploča	0,20	Uključenakroz program	
Žbuka	0,02	19	0,38

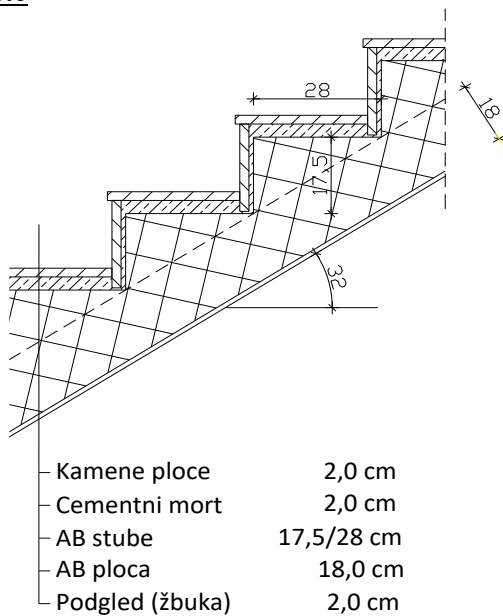
Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,1$  (kN/m<sup>2</sup>)

c) Ploča iznad garaže

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Zemlja	0,05	18	0,9
Drenaža	0,06	0,01	0,0006
Termoizolacija	0,08	1,5	0,12
Hidroizolacija	0,015x2	5,90	0,177
Cementna glazura	0,05	23	1,15
AB ploča	0,35	Uključena kroz program	
Zračni prostor	0,06	-	-
Ovješeni strop	0,02	0,15	0,003

Tablica 8.3 – karakteristični iznos opterećenja slojeva poda

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,4$  (kN/m<sup>2</sup>)

d) Stubište

Tablica 8.4- karakteristični iznos opterećenja slojeva katova

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Kamene ploče	0,02	28	0,56
Cementni mort	0,02	21	0,42
Stepenik	0,075	Uključen kroz program	
AB ploča	0,20	Uključena kroz program	
Žbuka	0,02	19	0,38

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,0(\text{kN/m}^2)$

## **8.2 Promjenjivo opterećenje**

### **8.2.1 Korisno opterećenje**

Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

- Ravni krov:  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta i poslovni prostori:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Pod iznad garaže:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$

NAPOMENA: Neće se raditi kombinacija korisnog opterećenja, tj. postavljanje korisnog opterećenja u najkritičnije položaje, već je korisno opterećenje uvećano za 20%.

- Ravni krov:  $q = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- Stambeni prostori:  $q = 2,0 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$
- Stubišta i poslovni prostori:  $q = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- Pod iznad garaže:  $q = 2,0 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$

### 8.2.2 Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom na krovu

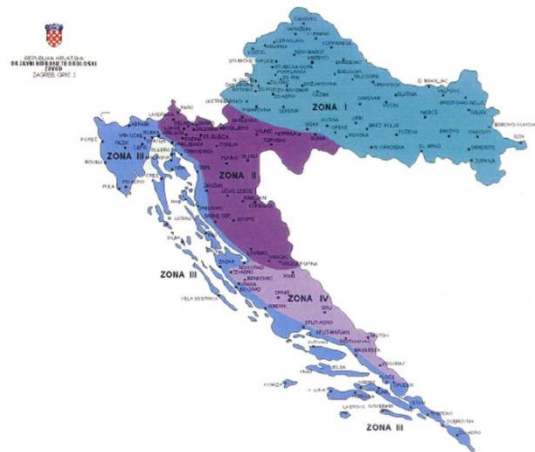
$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

-  $\mu_i$  - koeficijent oblika za opterećenje snijegom

- krov nagiba  $\alpha_1 = \alpha_2 \cong 5^\circ \Rightarrow \mu_1 = \mu_2 = 0,8$

Predmetni objekti se nalaze u Splitu. Prema preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično opterećenje snijegom je  $s_k = 0,45 \text{ kN/m}^2$  (Zona III - do 100 m nadmorske visine).

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	



-  $C_e$  - koeficijent izloženosti  $\Rightarrow C_e = 1,0$

-  $C_t$  - toplinski koeficijent  $\Rightarrow C_t = 1,0$

$$\Rightarrow s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 (\text{kN} / \text{m}^2)$$

**NAPOMENA:** Opterećenje snijegom nije dodatno zadano već je uračunato u sklopu promjenjivog opterećenja.

### 8.2.3 Opterećenje vjetrom

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

$v_{b0}$  (ili  $v_{ref0}$  - u prednormi) je poredbena vrijednost brzine vjetra ovisna o geografskom položaju objekta (dana na karti). Poredbena vrijednost brzine vjetra je karakteristična srednja 10-minutna vrijednost brzine vjetra, neovisna o smjeru vjetra, vremenu i godišnjem dobu, na 10 m iznad površine otvorenog terena, koji može biti obrastao travom i grmljem i manjim preprekama.

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

$$v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b0}$$

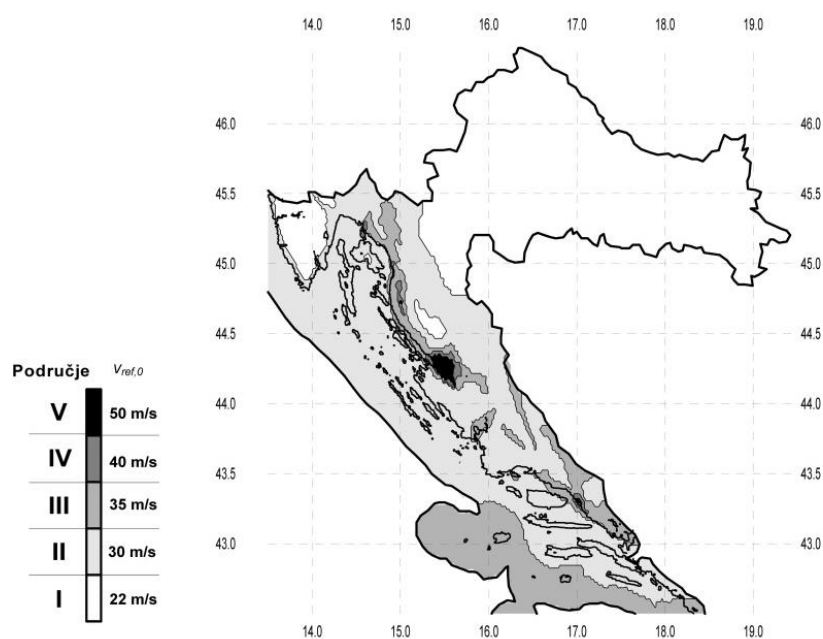
Koeficijent smjera vjetra ( $c_{DIR}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{DIR} = 1,0$ .

Koeficijent godišnjeg doba ( $c_{TEM}$ ) uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{TEM} = 1,0$ .

Koeficijent nadmorske visine ( $c_{ALT}$ ) koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz:

$$c_{ALT} = 1 + 0,0001 \cdot a_s$$

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



Srednja brzina vjetra na nekoj visini z:

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

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

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{za} \quad z \leq z_{\min} \quad - \text{koeficijent hrapavosti}$$

$$k_r = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{o,II}} \right)^{0,07} \quad - \text{koeficijent terena (dan u tablici)}$$

$$c_o(z) - \text{koeficijent topografije (uglavnom se uzima 1.0)}$$

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

Maksimalna visina  $z_{\max}$  se obično uzima 200 m.

Turbulencija vjetra na visini z iznad terena dana je izrazom:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{za} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{za} \quad z \leq z_{\min}$$

Pa je maksimalni tlak brzine vjetra :

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_z}{2} \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$$q_b = \frac{\rho_z}{2} \cdot v_b^2(z)$$

$$\rho_z = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Za, npr. ravna područja, kod kojih je  $I_v = 1.0$ , Faktor izloženosti je prikazan na dijagramu u ovisnosti kategorije terena i visine iznad terena.

Rezultirajuća sila vjetra:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad - \text{sila vjetra na vanjske plohe; } c_{pe} - \text{koeficijent vanjskog tlaka}$$

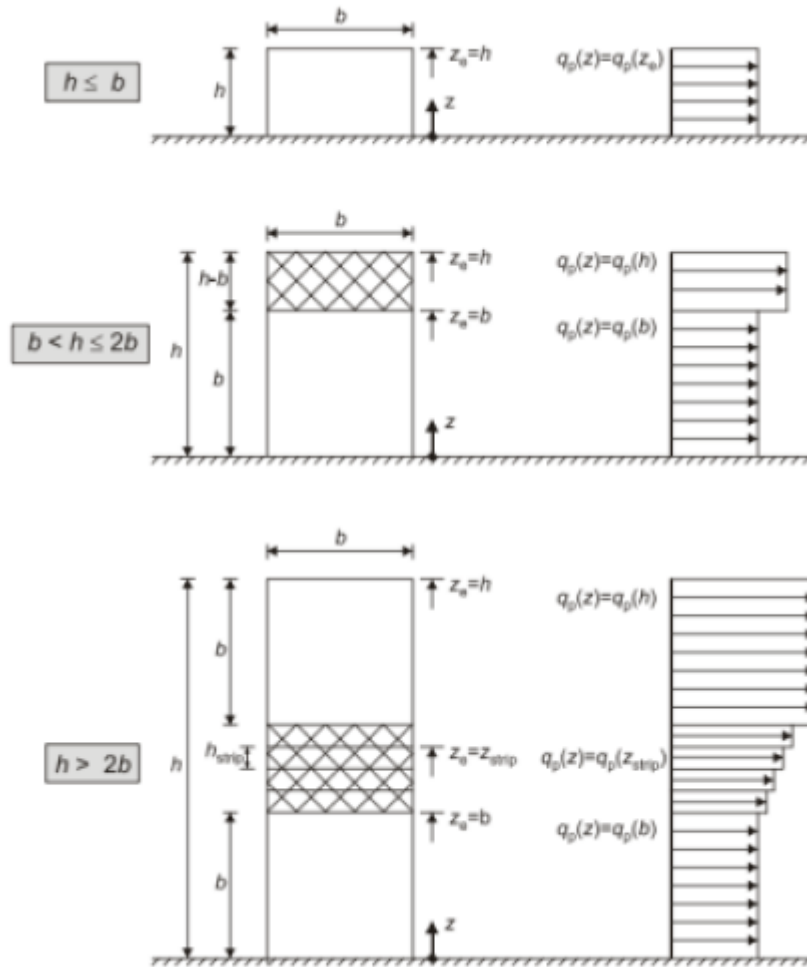
$$W_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi} \quad - \text{sila vjetra na unutarnje plohe; } c_{pi} - \text{koeficijent unutarnjeg tlaka}$$

$z_e$  - referentna visina objekta



Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka  $c_{pe}$

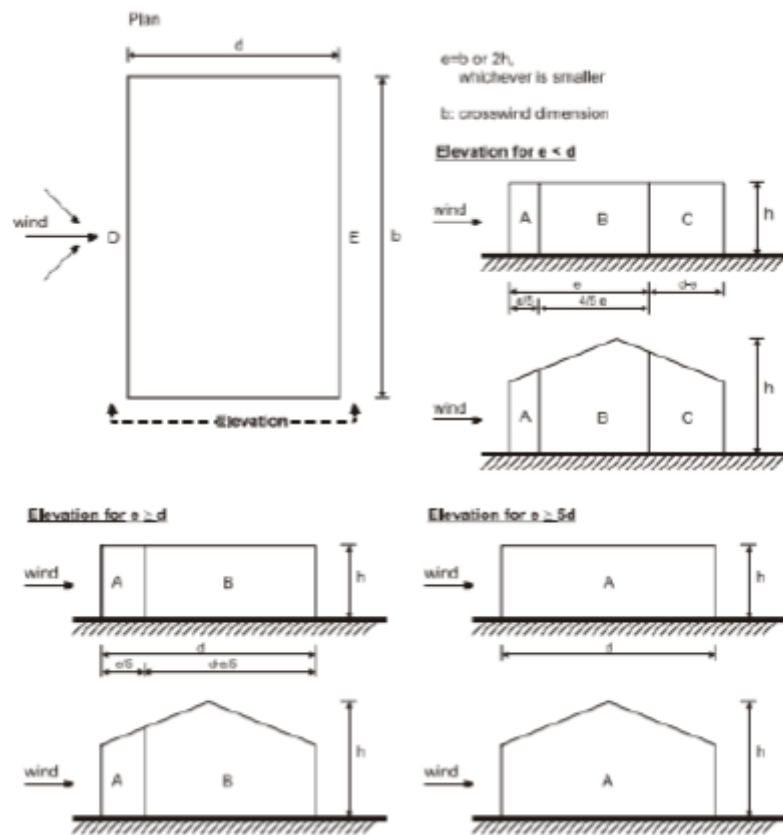
- 1) Referentna visina objekta  $z_e$  – određuje se prema odnosu  $h/b$



Slika 8.5 Referentna visina  $z_e$  u ovisnosti o  $h$  i  $b$ , te odgovarajući profil brzina

2) Podjela zgrade na zone

– vertikalni zidovi

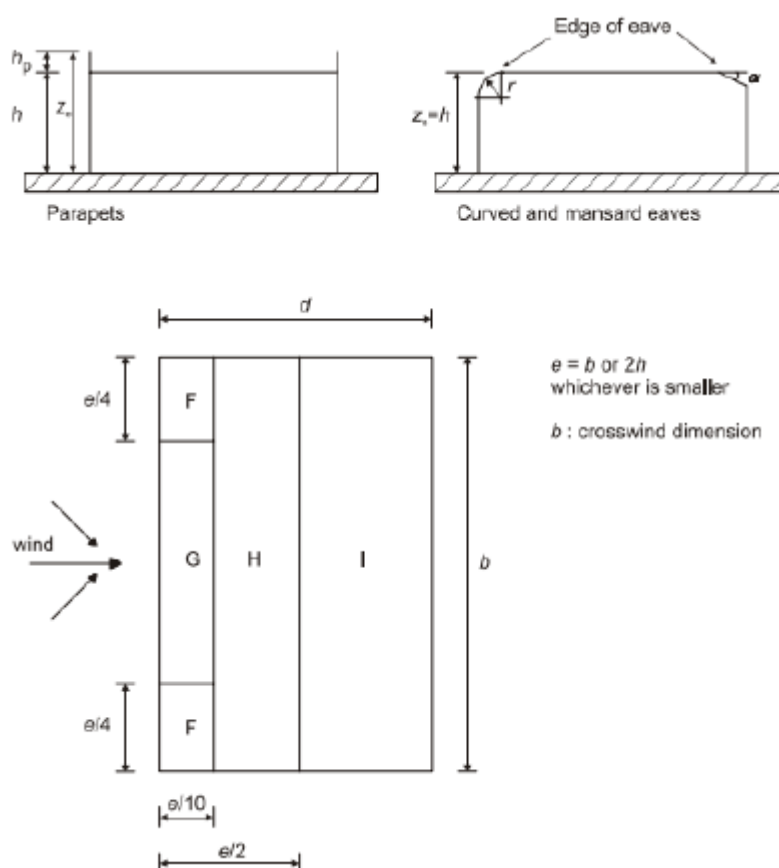


Slika 8.6 Područja djelovanja vanjskog tlaka za vertikalne zidove

Tablica 8.7 Koeficijenti vanjskog tlaka na vertikalne zidove

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

– ravni krov



Slika 8.8 Područja djelovanja vanjskog tlaka za ravne krovove

Tablica 8.9 Koeficijenti vanjskog tlaka na ravne krovove

Roof type		Zone							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Sharp eaves		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
With Parapets	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
		-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
		-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
		-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

## Rezultati proračuna zgrade

## Lijeva niža zgrada

Tablica 8.10 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_p$ 

$v_{b,0}=35 \text{ m/s}$ , $k_r=0,234$ , $z_{\min}=10 \text{ m}$ , $z_0=1 \text{ m}$	
$z_e \text{ (m)}$	14,43
$v_{b,0} \text{ (m/s)}$	25
$C_{DIR}$	1
$C_{TEM}$	1
$v_b \text{ (m/s)}$	25
$c_r(z)$	0,625
$k_r$	0,234
$z$	14,43
$C_0$	1
$\rho_{zr} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	1,25
$q_p(z)$	0,156

## Desna viša zgrada

Tablica 8.11 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_p$ 

$v_{b,0}=35 \text{ m/s}$ , $k_r=0,234$ , $z_{\min}=10 \text{ m}$ , $z_0=1 \text{ m}$	
$z_e \text{ (m)}$	23,34
$v_{b,0} \text{ (m/s)}$	25
$C_{DIR}$	1
$C_{TEM}$	1
$v_b \text{ (m/s)}$	325
$c_r(z)$	0,737
$k_r$	0,234
$z$	23,34
$C_0$	1
$\rho_{zr} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	1,25
$q_p(z)$	0,683

Opterećenje za X-smjer

-viša zgrada

$$\frac{d}{h} = \frac{15,45}{23,34} = 0,66$$

$$e = 35,30m$$

$$q(23,34m) = 0,683 \frac{kN}{m^2}$$

za  $d < e$  ( $15,45 > 35,30$ ) za  $d > e$  ( $51,3 > 15,45$ )

područje A:  $c_p(10) = 1$   $w_e = 0,683 \frac{kN}{m^2}$

područje B:  $c_p(10) = 0,8$   $w_e = 0,546 \frac{kN}{m^2}$

područje C:  $c_p(10) = 0,5$   $w_e = 0,08 \frac{kN}{m^2}$

-niža zgrada

$$\frac{d}{h} = \frac{51,3}{14,43} = 3,55$$

$$e = 15,45m$$

$$q(14,43m) = 0,156 \frac{kN}{m^2}$$

područje A:  $c_p(10) = 1$   $w_e = 0,156 \frac{kN}{m^2}$

područje B:  $c_p(10) = 0,8$   $w_e = 0,125 \frac{kN}{m^2}$

Opterećenje za Y-smjer

-viša zgrada

$$\frac{d}{h} = \frac{15,45}{23,34} = 0,66$$

$$e = 15,45m$$

$$q(23,34m) = 0,683 \frac{kN}{m^2}$$

za  $d \geq e$  ( $15,45 \geq 15,45$ ) za  $d < e$  ( $15,45 < 28,86$ )

područje A:  $c_p(10) = 1$   $w_e = 0,683 \frac{kN}{m^2}$

područje B:  $c_p(10) = 0,8$   $w_e = 0,546 \frac{kN}{m^2}$

-niža zgrada

$$\frac{d}{h} = \frac{15,45}{14,43} = 1,07$$

$$e = 28,86m$$

$$q(14,43m) = 0,156 \frac{kN}{m^2}$$

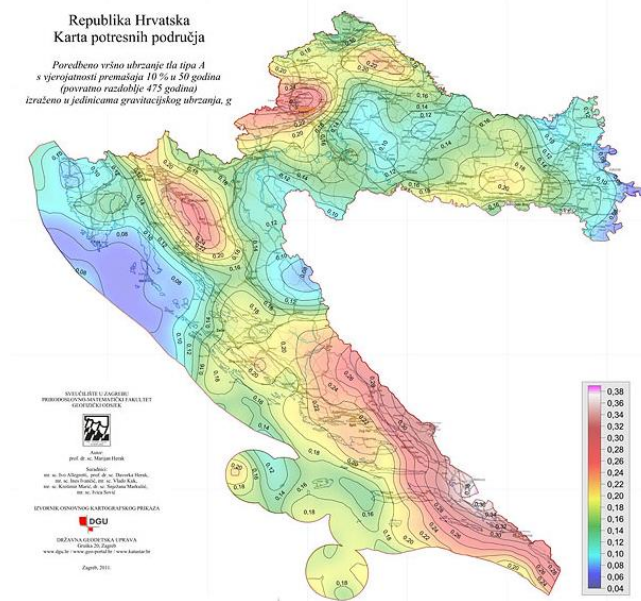
područje A:  $c_p(10) = 1$   $w_e = 0,156 \frac{kN}{m^2}$

područje B:  $c_p(10) = 0,8$   $w_e = 0,125 \frac{kN}{m^2}$

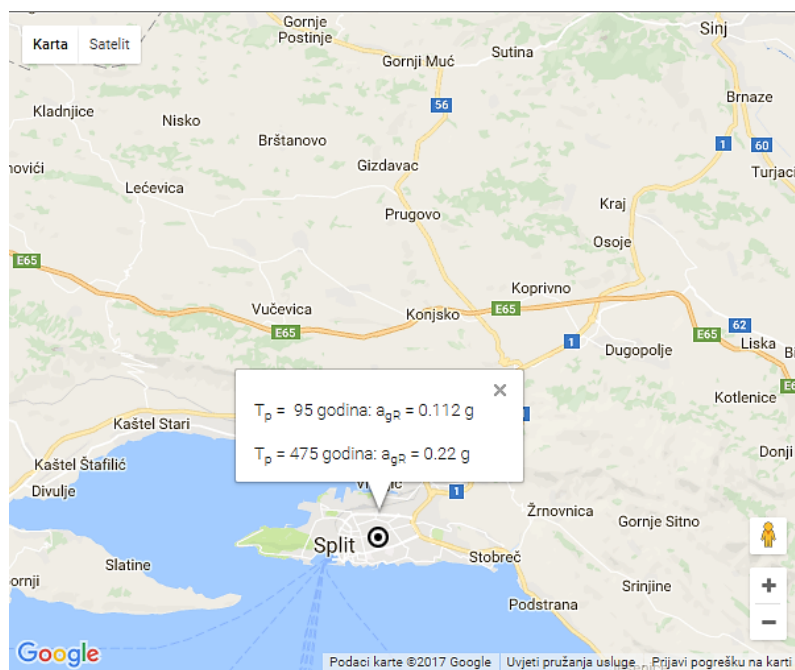
### 8.3 Izvanredno opterećenje

#### 8.3.1 Seizmičko opterećenje

Potresne sile proračunate su pojednostavljenim postupkom. Za proračun potresnog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Građevina se nalazi na području Splita gdje poredbeno vršno ubrzanje tla iznosi  $a_{gR} = 0,22g$  prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske. Računsko ubrzanje je očitano za povratni period 475 godina.



Slika 8.12 Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 8.13 Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Građevina je temeljena na tlu klase A, a pretpostavlja se srednja klasa (DCM) duktilnog ponašanja građevine.

Klasa tla	A
Računsko ubrzanje tla $a_g$	0,22g
Koeficijent računskog ubrzanja tla $\alpha = a_{gR}/g$	0,22
Faktor tla S za klasu tla A	1
Donja vrijednost faktora horizontalnog spektra odziva $\beta$	0,2
Granični periodi osciliranja za klasu tla A	$T_B=0,15s$ $T_C=0,40s$ $T_D=2,0s$

#### Proračun faktora ponašanja

- faktor ponašanja za klasu DCM

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$$

- osnovni faktor ponašanja:  $q_0 = 3 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \rightarrow$  za zidni sustav

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

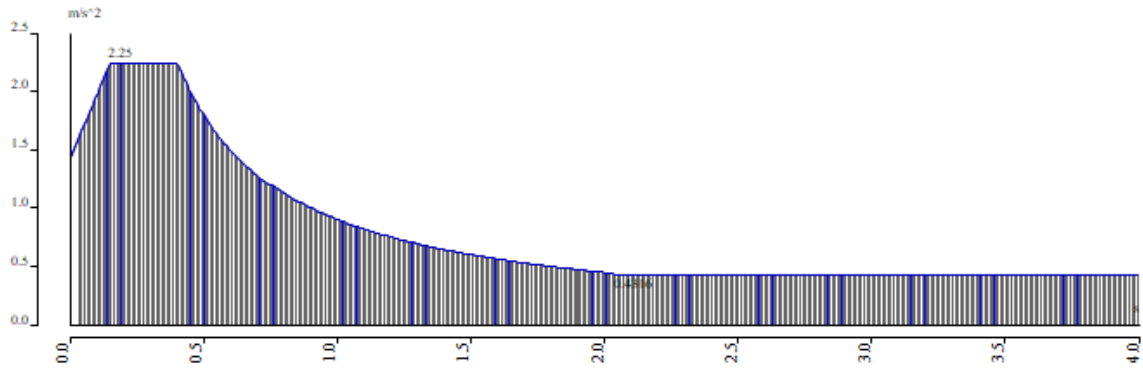
$$q_0 = 3 \cdot 1 = 3,0$$

- faktor prevladavajućeg sloma:  $k_w = \frac{1+\alpha_0}{3}$  uz uvjet  $0,5 \leq k_w \leq 1$ ;  $\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}}$

$$k_w = 1 \text{ za smjer } x \text{ i } y$$

- za zgrade nepravilne po visini faktor ponašanja se umanjuje za 20%

$$q = 0,8 \cdot q_0 \cdot k_w = 0,8 \cdot 3 \cdot 1 = 2,4$$



Slika 8.14 Normirani računski spektar odgovora

Potresno opterećenje je automatski generirano na temelju sudjelujućih masa generiranih iz opterećenja vlastitom težinom, dodatnog stalnog opterećenja i jednog dijela korisnog opterećenja: 1,0 mG(vlastita težina) + 1,0 mdG(dodatno stalno) + 0,3 m Q(korisno).

Na temelju tih ulaznih podataka napravljena je modalna analiza iz koje su dobiveni vlastiti oblici konstrukcije i njima pripadajući periodi sa sudjelujućim masama.

U nastavku su prikazani rezultati dinamičke analize posebno za svaki toranj poslovno stambenog kompleksa. Rezultati su prikazani odvojeno za svaki toranj zbog toga što na taj način dobivamo točniji uvid jer se dinamički ponašaju neovisno jedan o drugome.



### 8.3.2 Rezultati dinamičke analize

a) Aktivirana masa pri djelovanju potresa

#### Calculation protocol

##### Solution of Free Vibration

Number of 2D elements	26018
Number of 1D elements	15
Number of mesh nodes	21927
Number of equations	131562
Combination of mass groups	MC 1 CM1
Number of frequencies	100
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	06.06.2019 17:16
End of calculation	06.06.2019 17:24

##### Sum of masses

[kg]	X	Y	Z
Combination of mass groups 1	11588087.08	11588087.08	11588087.08

##### Modal participation factors

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	15.7763	0.3983	2.5109	0.0003	0.4094	0.0004	0.0788	0.0003	0.1796
2	21.0243	0.2989	3.3461	0.2589	0.0011	0.0072	0.0128	0.0156	0.0847
3	27.4948	0.2285	4.3759	0.3076	0.0029	0.0003	0.0016	0.0022	0.0768
4	29.6660	0.2118	4.7215	0.0753	0.0016	0.0015	0.0035	0.0006	0.0000
5	32.9836	0.1905	5.2495	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	33.0013	0.1904	5.2523	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	33.1363	0.1896	5.2738	0.0001	0.0001	0.0022	0.0003	0.0018	0.0001
8	33.1620	0.1895	5.2779	0.0000	0.0000	0.0005	0.0008	0.0004	0.0000
9	33.3271	0.1885	5.3042	0.0002	0.0005	0.0111	0.0021	0.0093	0.0005
10	33.3416	0.1884	5.3065	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000
11	33.3601	0.1883	5.3094	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
12	33.4037	0.1881	5.3164	0.0000	0.0000	0.0005	0.0036	0.0005	0.0001
13	36.8690	0.1704	5.8679	0.0000	0.0044	0.0460	0.0075	0.0264	0.0018
14	38.2806	0.1641	6.0925	0.0051	0.0003	0.2061	0.1040	0.1386	0.0001
15	39.7029	0.1583	6.3189	0.0000	0.0000	0.0008	0.0007	0.0011	0.0000
16	39.7278	0.1582	6.3229	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0004	0.0000
17	40.0262	0.1570	6.3704	0.0000	0.0000	0.0006	0.0008	0.0000	0.0000
18	40.0343	0.1559	6.3717	0.0001	0.0000	0.0602	0.0001	0.0003	0.0000
19	40.0434	0.1559	6.3731	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	40.0482	0.1569	6.3739	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
21	40.0582	0.1569	6.3755	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	40.0595	0.1568	6.3757	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	40.0662	0.1568	6.3767	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	40.0682	0.1568	6.3771	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	45.6164	0.1377	7.2601	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
26	48.4765	0.1296	7.7153	0.0017	0.0447	0.0324	0.2412	0.0159	0.0606
27	50.6641	0.1240	8.0634	0.0016	0.1354	0.0153	0.0037	0.0514	0.1853
28	53.5351	0.1174	8.5204	0.0021	0.0381	0.0651	0.0681	0.0266	0.0000
29	56.7952	0.1106	9.0392	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
30	56.8173	0.1106	9.0427	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
31	57.7002	0.1089	9.1833	0.0013	0.0102	0.0113	0.0026	0.0044	0.0010
32	61.2297	0.1026	9.7450	0.0006	0.0001	0.0007	0.0560	0.0001	0.0002
33	63.8764	0.0984	10.1662	0.0007	0.0002	0.0024	0.0002	0.0014	0.0000
34	65.6685	0.0957	10.4515	0.0009	0.0197	0.0105	0.0127	0.0170	0.0063
35	68.5128	0.0917	10.9041	0.0024	0.0002	0.1287	0.0048	0.0630	0.0000
36	70.0586	0.0897	11.1502	0.0066	0.0000	0.0039	0.0010	0.0097	0.0001
37	72.2335	0.0870	11.4963	0.0000	0.0212	0.0739	0.0427	0.0569	0.0059
38	74.9110	0.0839	11.9224	0.0000	0.0000	0.0046	0.0081	0.0013	0.0000
39	76.3905	0.0823	12.1579	0.0005	0.0156	0.1217	0.0476	0.1199	0.0211
40	79.3094	0.0792	12.6225	0.0230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038	0.0011
41	79.6870	0.0788	12.6826	0.0176	0.0001	0.0002	0.0002	0.0008	0.0069
42	79.9760	0.0786	12.7286	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
43	80.5755	0.0780	12.8240	0.0002	0.0008	0.0069	0.0038	0.0068	0.0061
44	80.9183	0.0776	12.8785	0.0000	0.0002	0.0106	0.0051	0.0476	0.0011
45	81.9022	0.0767	13.0351	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
46	83.1213	0.0756	13.2292	0.0000	0.0048	0.0009	0.0001	0.0007	0.0003
47	84.1065	0.0747	13.3860	0.0002	0.0057	0.0096	0.0025	0.0136	0.0093
48	84.2655	0.0746	13.4113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49	84.8321	0.0741	13.5014	0.0010	0.0003	0.0000	0.0000	0.0027	0.0006

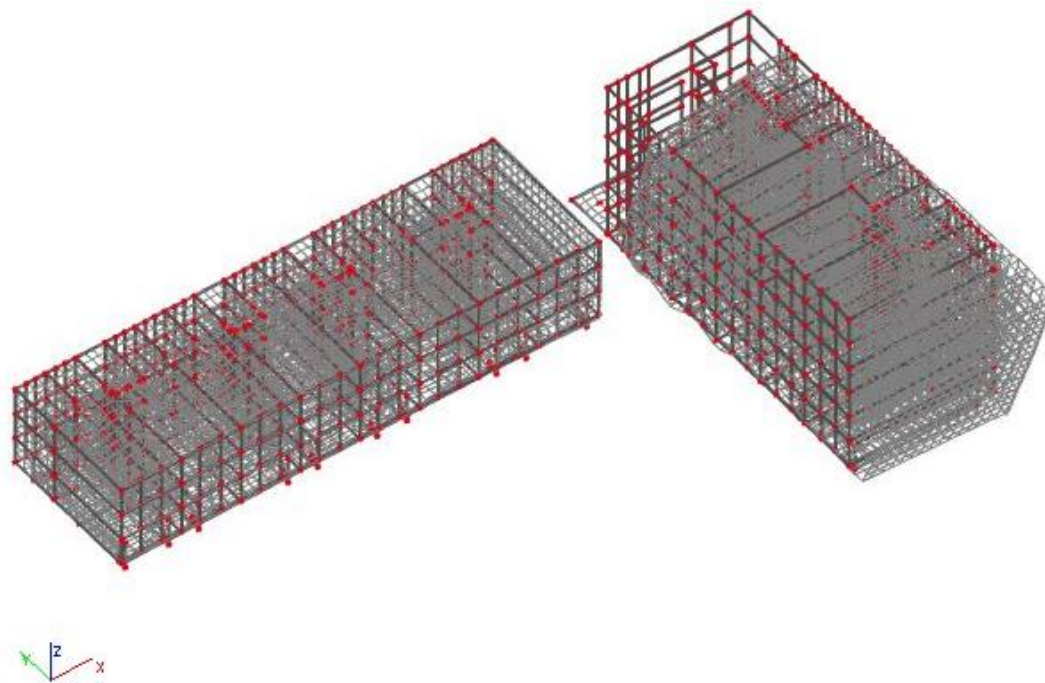


50	84.8653	0.0740	13.5067	0.0002	0.0002	0.0006	0.0000	0.0334	0.0087
51	85.2174	0.0737	13.5628	0.0000	0.0002	0.0020	0.0009	0.0021	0.0001
52	86.2540	0.0728	13.7277	0.0010	0.0006	0.0054	0.0020	0.0047	0.0006
53	86.7107	0.0725	13.8004	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001
54	86.8550	0.0723	13.8234	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	87.6609	0.0717	13.9517	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	88.0183	0.0714	14.0085	0.0356	0.0007	0.0000	0.0001	0.0410	0.0064

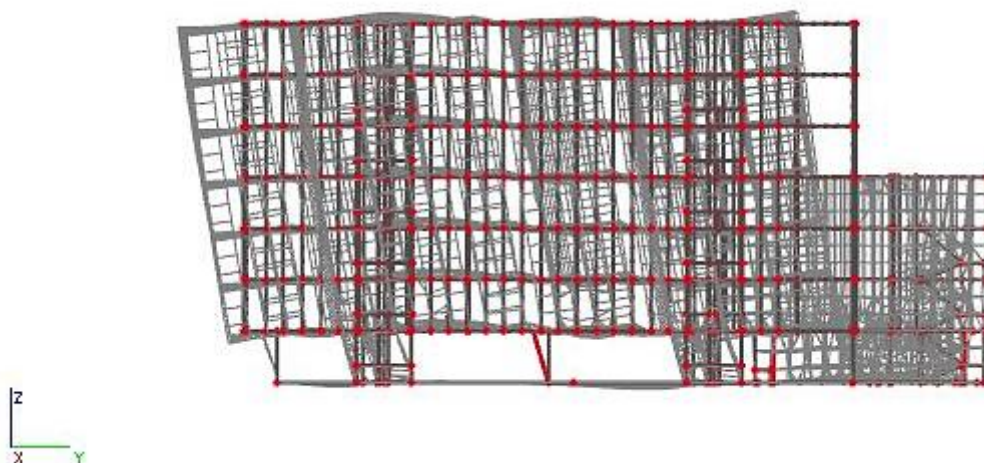
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
57	88.2330	0.0712	14.0427	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	88.5592	0.0739	14.0946	0.0024	0.0002	0.0003	0.0000	0.0033	0.0007
59	88.9378	0.0706	14.1549	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0006	0.0001
60	89.0013	0.0706	14.1650	0.0001	0.0000	0.0007	0.0012	0.0037	0.0001
61	89.1231	0.0705	14.1844	0.0003	0.0006	0.0013	0.0002	0.0000	0.0009
62	89.3602	0.0703	14.2221	0.0000	0.0000	0.0004	0.0011	0.0003	0.0001
63	89.4922	0.0702	14.2431	0.0003	0.0002	0.0016	0.0002	0.0000	0.0002
64	90.1289	0.0697	14.3445	0.0067	0.0000	0.0001	0.0000	0.0014	0.0013
65	90.7689	0.0692	14.4463	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66	91.3064	0.0688	14.5319	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
67	91.5316	0.0686	14.5677	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
68	92.0447	0.0683	14.6494	0.0007	0.0000	0.0008	0.0000	0.0009	0.0003
69	92.2511	0.0681	14.6822	0.0001	0.0001	0.0017	0.0008	0.0033	0.0001
70	92.4120	0.0680	14.7078	0.0011	0.0000	0.0012	0.0001	0.0012	0.0004
71	92.9854	0.0676	14.7991	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000
72	93.2474	0.0674	14.8408	0.0052	0.0005	0.0147	0.0054	0.0000	0.0002
73	93.2737	0.0674	14.8450	0.0000	0.0004	0.0003	0.0018	0.0038	0.0003
74	93.4804	0.0672	14.8779	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
75	93.6747	0.0671	14.9088	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
76	94.5579	0.0664	15.0494	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77	94.6761	0.0664	15.0682	0.0009	0.0001	0.0018	0.0002	0.0019	0.0001
78	94.8725	0.0662	15.0994	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79	95.1091	0.0661	15.1371	0.0003	0.0001	0.0003	0.0004	0.0003	0.0000
80	95.3558	0.0659	15.1763	0.0002	0.0016	0.0001	0.0007	0.0003	0.0003
81	95.6442	0.0657	15.2223	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82	95.6801	0.0657	15.2280	0.0003	0.0030	0.0001	0.0011	0.0003	0.0007
83	95.7849	0.0656	15.2446	0.0000	0.0005	0.0002	0.0004	0.0000	0.0001
84	96.1836	0.0653	15.3081	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000
85	96.2332	0.0653	15.3160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86	96.2527	0.0653	15.3191	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
87	96.4805	0.0651	15.3554	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
88	96.5321	0.0651	15.3636	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
89	96.8443	0.0649	15.4133	0.0023	0.0002	0.0034	0.0000	0.0052	0.0001
90	97.2854	0.0646	15.4834	0.0004	0.0000	0.0004	0.0009	0.0006	0.0004
91	97.5470	0.0644	15.5251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0002
92	98.2020	0.0640	15.6293	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
93	99.3191	0.0633	15.8071	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94	101.2782	0.0620	16.1189	0.0008	0.0025	0.0006	0.0002	0.0004	0.0000
95	101.4432	0.0619	16.1452	0.0011	0.0003	0.0000	0.0009	0.0014	0.0009
96	101.5645	0.0619	16.1645	0.0040	0.0031	0.0004	0.0013	0.0004	0.0022
97	103.9499	0.0604	16.5441	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
98	104.3106	0.0602	16.6015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
99	104.3214	0.0602	16.6033	0.0001	0.0001	0.0000	0.0004	0.0001	0.0000
100	104.9287	0.0599	16.6999	0.0050	0.0009	0.0049	0.0015	0.0029	0.0020
				0.7798	0.7344	0.8211	0.7405	0.7571	0.6810

Skupljeno je prosječno 80 % mase u tri glavna smjera deformacija (Wx, Wy, Wz\_ Rotation) koja promatramo za 100 modova.

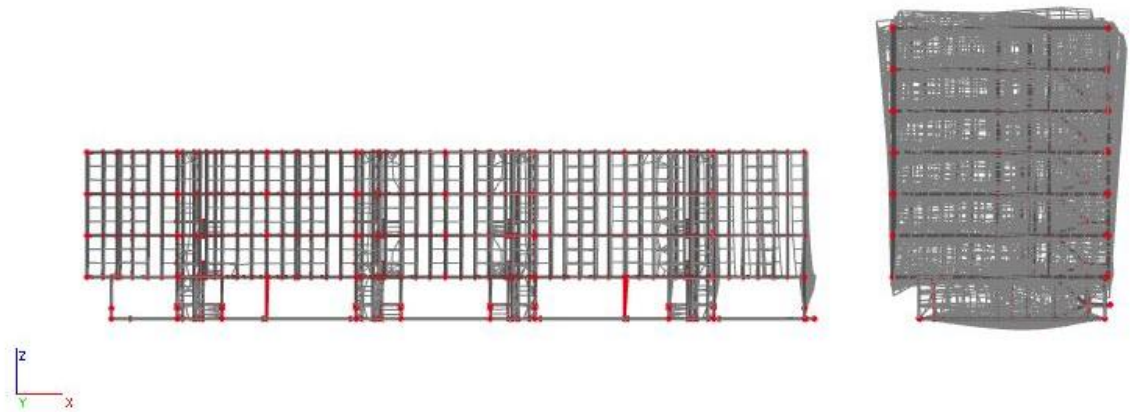
b) Grafički prikaz deformacija uslijed nekoliko karakterističnih modova osciliranja



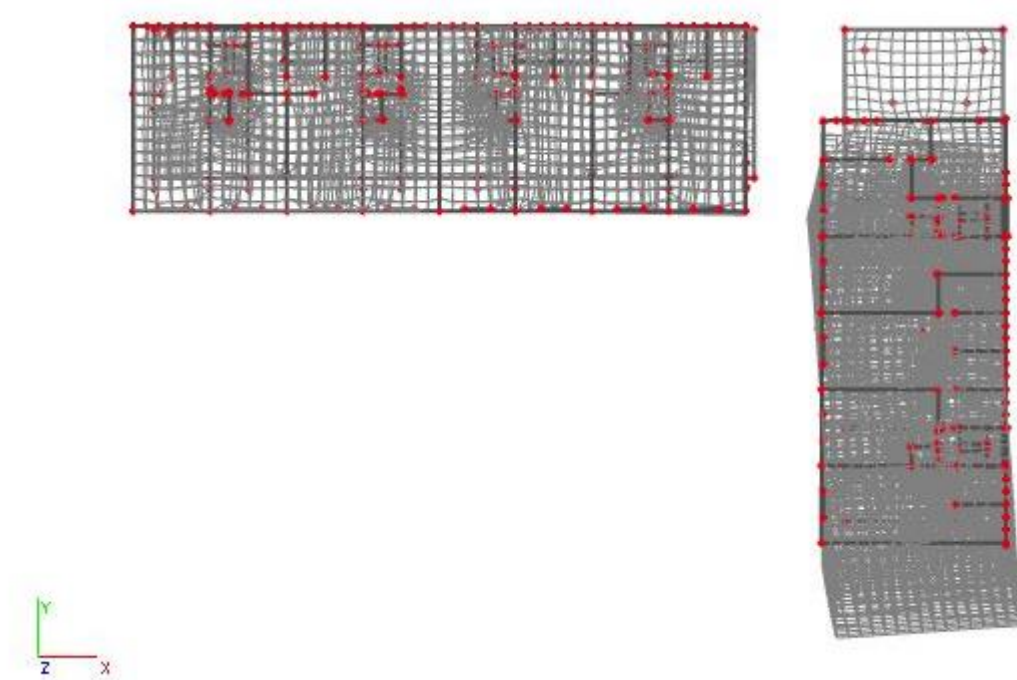
Slika 8.15 Translacija u smjeru globalne osi y -1.mod(3D prikaz)



Slika 8.16 Translacija u smjeru globalne osi y -1.mod(prikaz oko osi X)

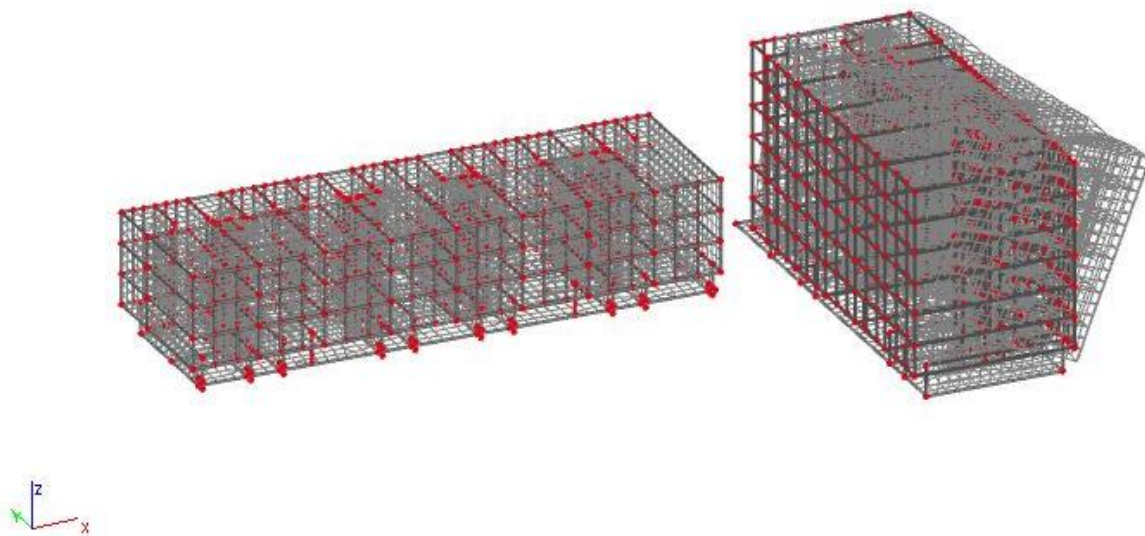


Slika 8.17 Translacija u smjeru globalne osi y -1.mod(prikaz oko osi Y)

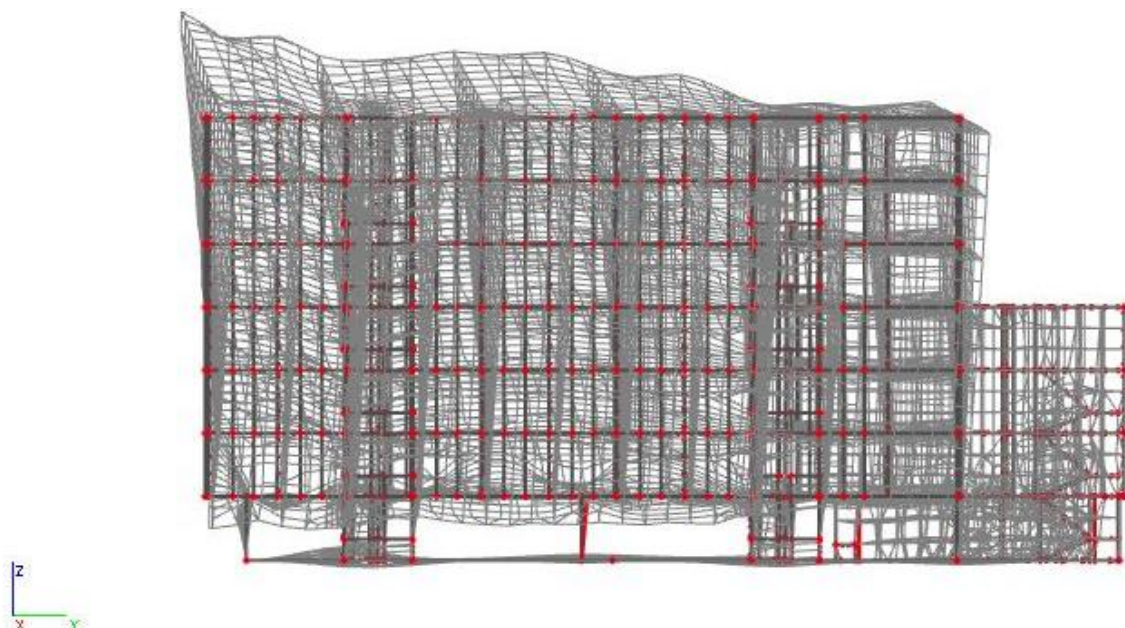


Slika 8.18 Translacija u smjeru globalne osi z -1.mod(prikaz oko osi Z)

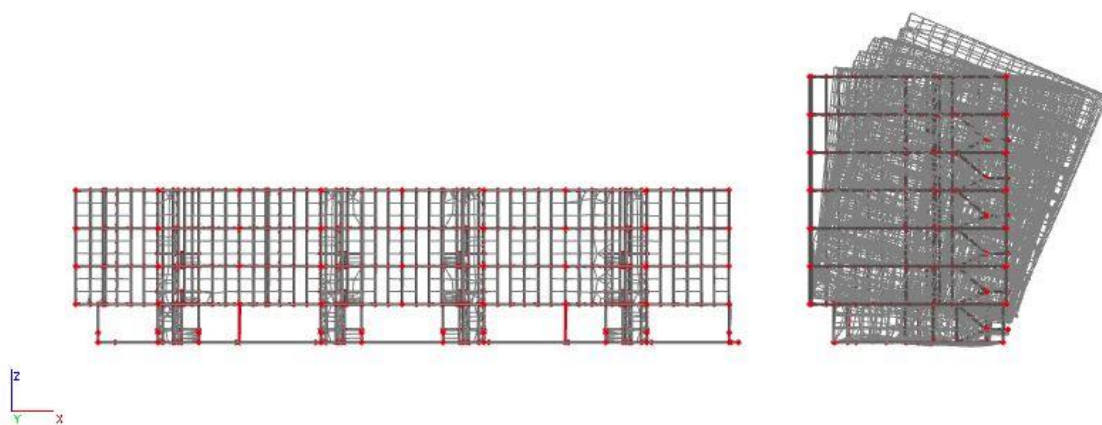




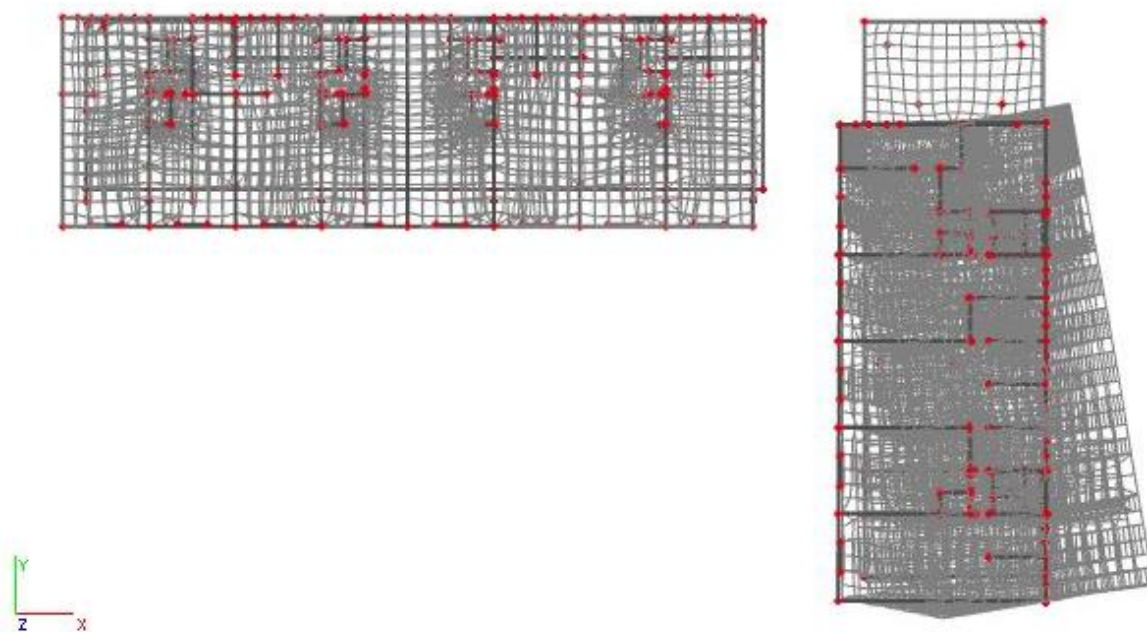
Slika 8.19 Translacija u smjeru globalne osi  $x$  -2.mod(3D prikaz)



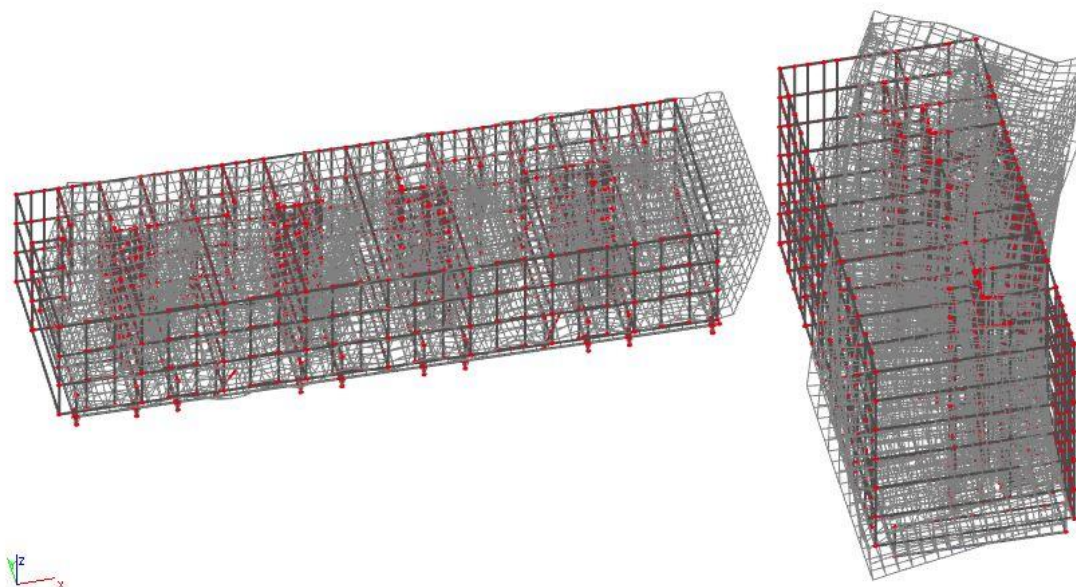
Slika 8.20 Translacija u smjeru globalne osi  $y$  -2.mod(prikaz oko osi  $X$ )



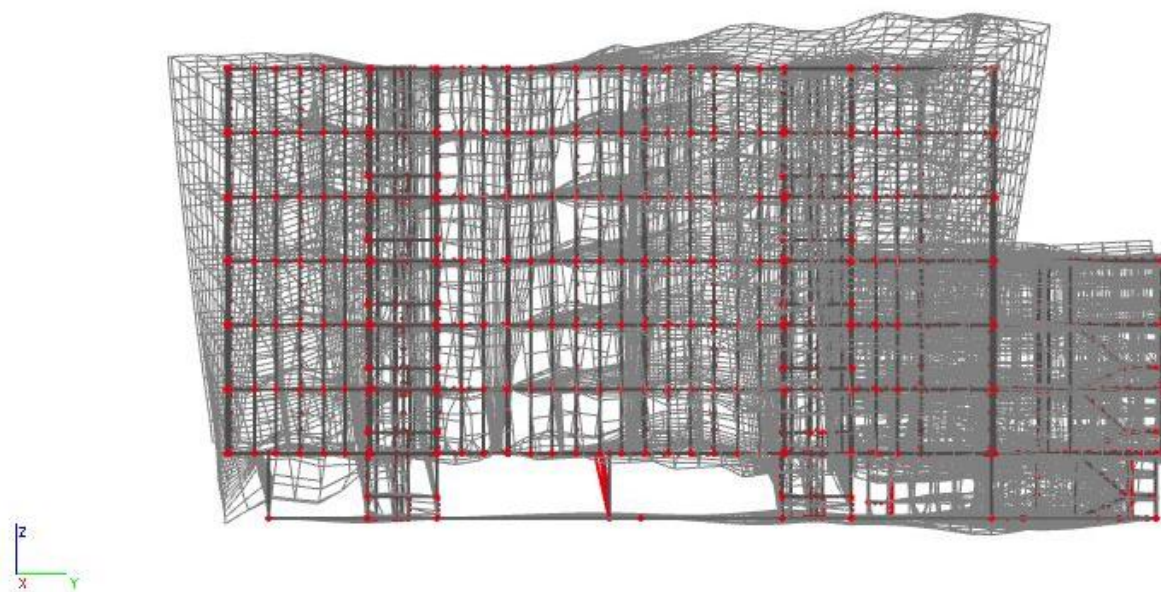
Slika 8.21 Translacija u smjeru globalne osi y -2.mod(prikaz oko osi Y)



Slika 8.22 Translacija u smjeru globalne osi y -2.mod(prikaz oko osi Z)

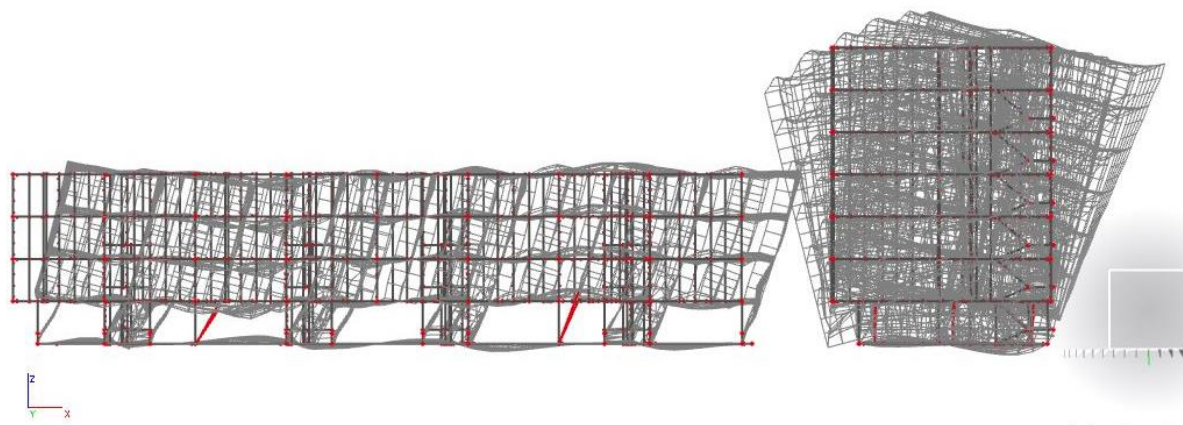


Slika 8.23 Torzija oko globalne osi z – 3.mod(3D prikaz)

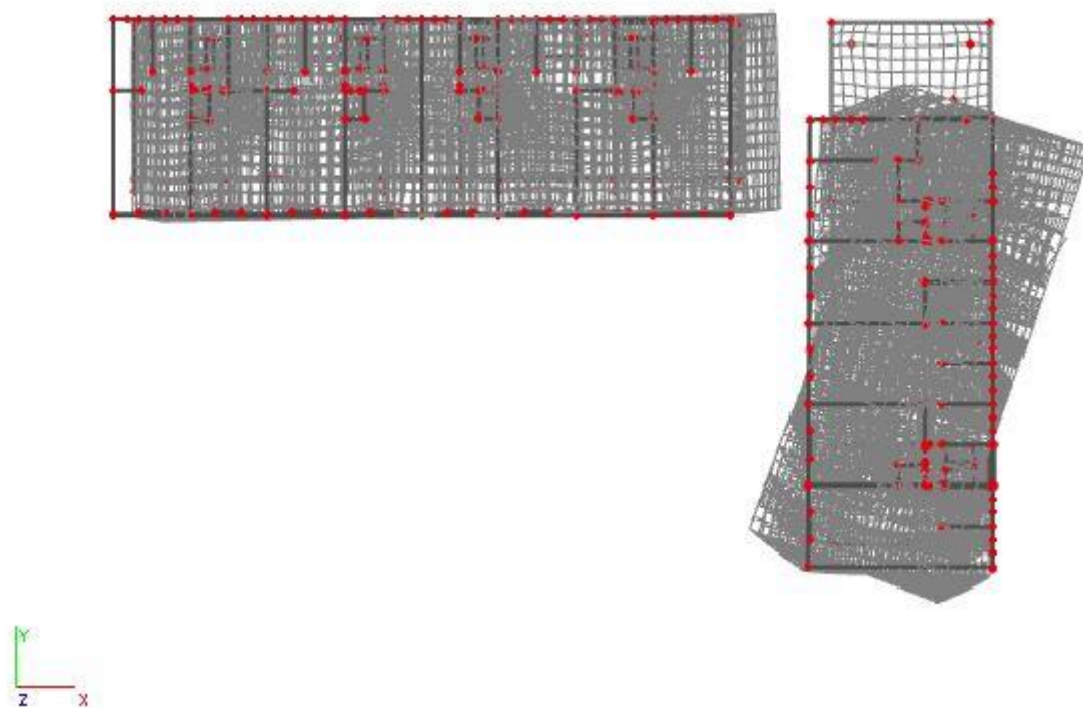


Slika 8.24 Torzija oko globalne osi z -3.mod(prikaz oko osi X))





Slika 8.25 Torzija oko globalne osi z -3.mod(prikaz oko osi Y)



Slika 8.26 Torzija oko globalne osi z -3.mod(prikaz oko osi X)

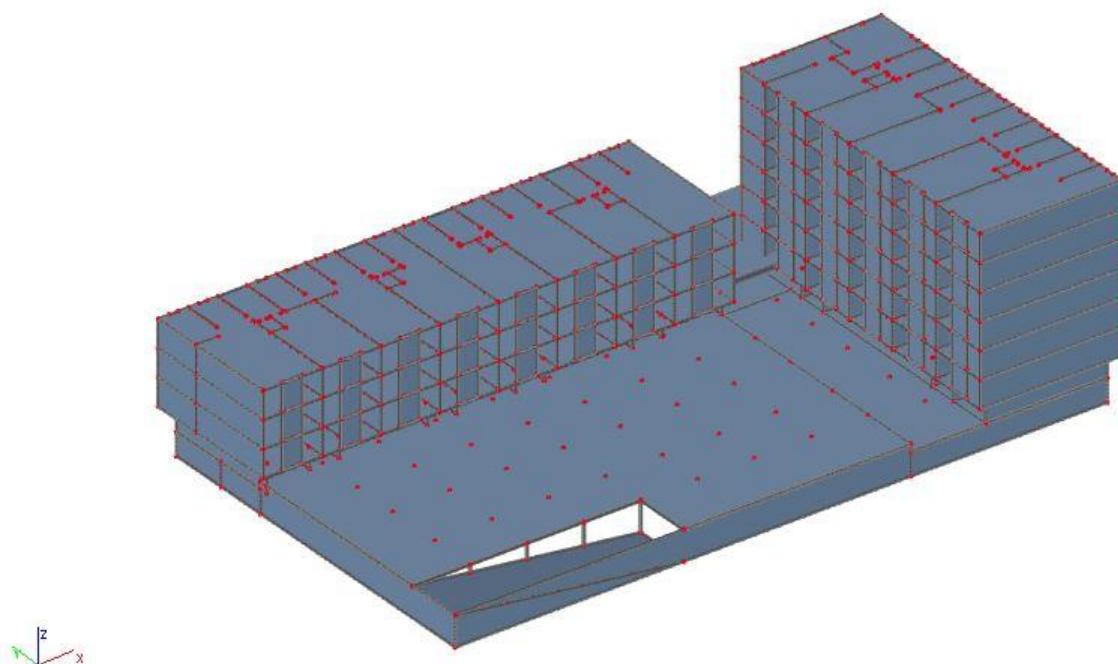


## 9 NUMERIČKI MODEL I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

### 9.1 Numerički model

Numerički model je izrađen u računalnom programu SciaEngineer 18.1. Modelom su obuhvaćene sve ploče, stupovi i zidovi. Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije), dodatnim stalnim opterećenjem (nekonstruktivni slojevi konstrukcije), korisnim opterećenjem, snijegom, vjetrom u dva glavna smjera te seizmičkim opterećenjem (potresom) u dva glavna smjera pri čemu su sva opterećenja, osim seizmičkog koje je generirano kroz računalni program, zadana kao raspodijeljena opterećenja po pločama i zidovima.

Zidovi su armirano-betonski debljine 30 cm, modelirani kao 2D elementi. Stupovi su armirano-betonski kvadratnog i kružnog poprečnog presjeka dimenzija 20x20 cm i  $\phi 50$  cm u garaži te prizemlju dimenzija  $\phi 30$  cm te su svi modelirani kao štapni elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano-betonske ploče debljine 20 cm, a iznad garaže debljine 35 cm i modelirane kao pločasti elementi. Svi nosivi elementi su klase betona C 30/37.



Slika 9.1. Prikaz numeričkog modela

## 9.2 Kombinacije opterećenja

Rezultati numeričkog proračuna su prikazani za računsko granično opterećenje koje se dobiva kao kombinacija stalnog, dodatno stalnog, korisnog, vjetra i potresnog opterećenja, prema izrazima navedenim u nastavku.

### 9.2.1 Granično stanje nosivosti

Osnovne kombinacije djelovanja:

$$\text{CO 1} : 1,35 (g+\Delta g) + 1,5q$$

$$\text{CO 2} : 1,35 (g+\Delta g)+0,9(1,5q+1,5W_x)$$

$$\text{CO 3} : 1,35 (g+\Delta g) +0,9(1,5q+1,5W_y)$$

Seizmičke kombinacije djelovanja:

$$\text{GSN} - \text{KS}_x : 1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0S_x$$

$$\text{GSN} - \text{KS}_y : 1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0S_y$$

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

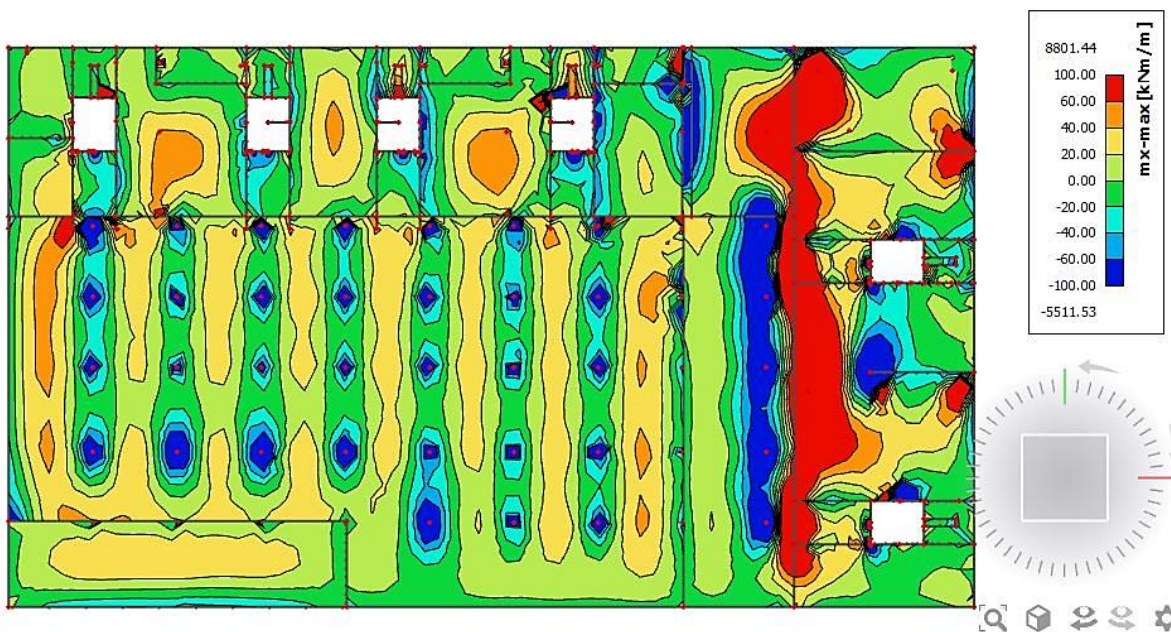
### 9.2.2 Granično stanje uporabljivosti

$$\text{GSU 1} : 1,0 (g+\Delta g) + 1,0q$$

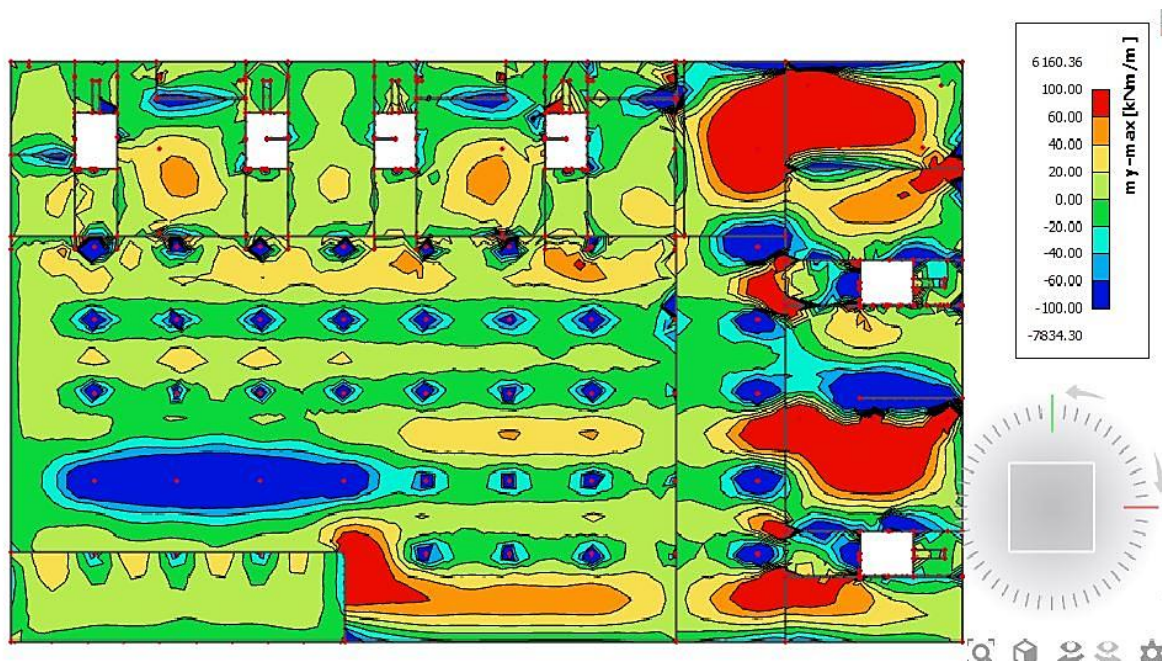
$$\text{GSU 2} : 1,0 (g+\Delta g) + 1,0s$$

## 10 DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 10.1 Proračun ploča iznad garaže

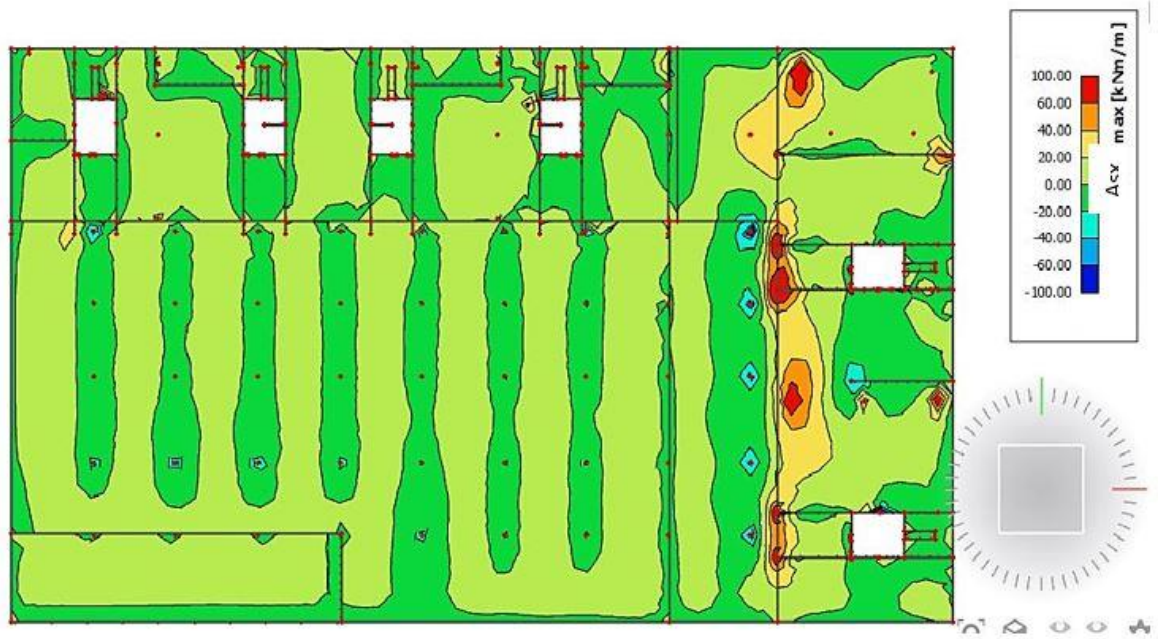


Slika 10.1. Prikaz momenata savijanja - $m_x$

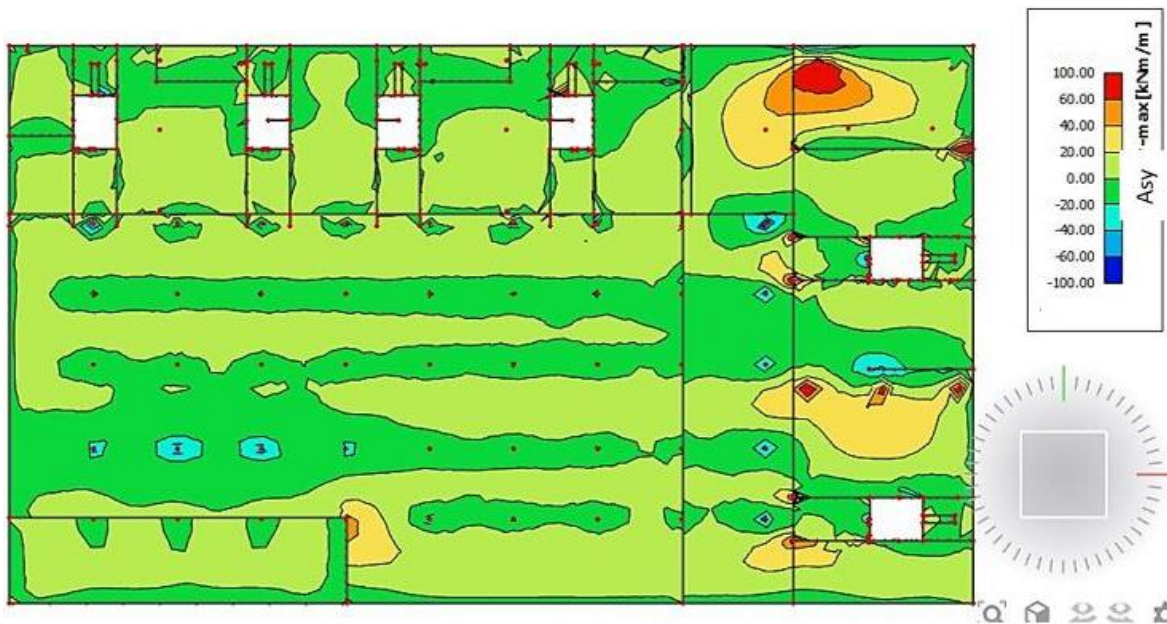


Slika 10.2. Prikaz momenata savijanja - $m_y$



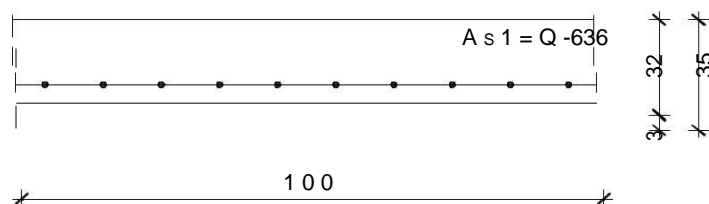


Slika 10.3. Prikaz potrebne armature  $A_{sx}$



Slika 10.4. Prikaz potrebne armature  $A_{sy}$

## 10.1.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.5. Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

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

$$B 500 B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$b = 100 \text{ cm}, \quad h = 35 \text{ cm}, \quad d = 32 \text{ cm}$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 35 = 3,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 35 = 70 \text{ cm}^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	335	3,35	325,63	41,97	0,09
R/Q	-	385	3,85	325,63	48,23	0,13
R/Q	-	424	4,24	325,63	53,12	0,12
R/Q	-	503	5,03	325,63	63,02	0,14
R	-	524	5,24	325,63	65,65	0,15
R/Q	-	636	6,36	325,63	79,68	0,18
R/Q	-	785	7,85	325,63	98,34	0,22

Sva armatura je veća od minimalne i manja od maksimalne. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju uvijek birati veću od izračunate, a armaturu na ležajevima u skladu s izračunatom. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima. Ako se u obzir uzmu i preklopi  $\geq 40$  cm:

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	257	3,05	325,63	38,19	0,09
R/Q	-	283	3,36	325,63	42,05	0,10
R/Q	-	335	3,97	325,63	49,78	0,11
R/Q	-	385	4,57	325,63	57,21	0,13
R/Q	-	424	5,03	325,63	63,00	0,14
R/Q	-	503	5,97	325,63	74,74	0,17
R	-	524	6,21	325,63	77,86	0,18
R/Q	-	636	7,54	325,63	94,50	0,21
R/Q	-	785	9,31	325,63	116,64	0,27

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 80,94 \text{ kNm}$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{80,94 \cdot 100}{100 \cdot 32^2 \cdot 2,0} = 0,039$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,2\text{‰}, \quad \zeta = 0,962, \quad \xi = 0,107$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{80,94 \cdot 100}{0,962 \cdot 32 \cdot 43,5} = 6,04 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: Q -636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja:

$$M_{Ed,min} = 285,42 \cdot 1/3 = 95,14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{95,14 \cdot 100}{100 \cdot 32^2 \cdot 2,0} = 0,046$$

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

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{95,14 \cdot 100}{0,959 \cdot 32 \cdot 43,5} = 7,13 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: R - 785 + preklop 40 cm ( $A_s = 9,31 \text{ cm}^2$ )

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

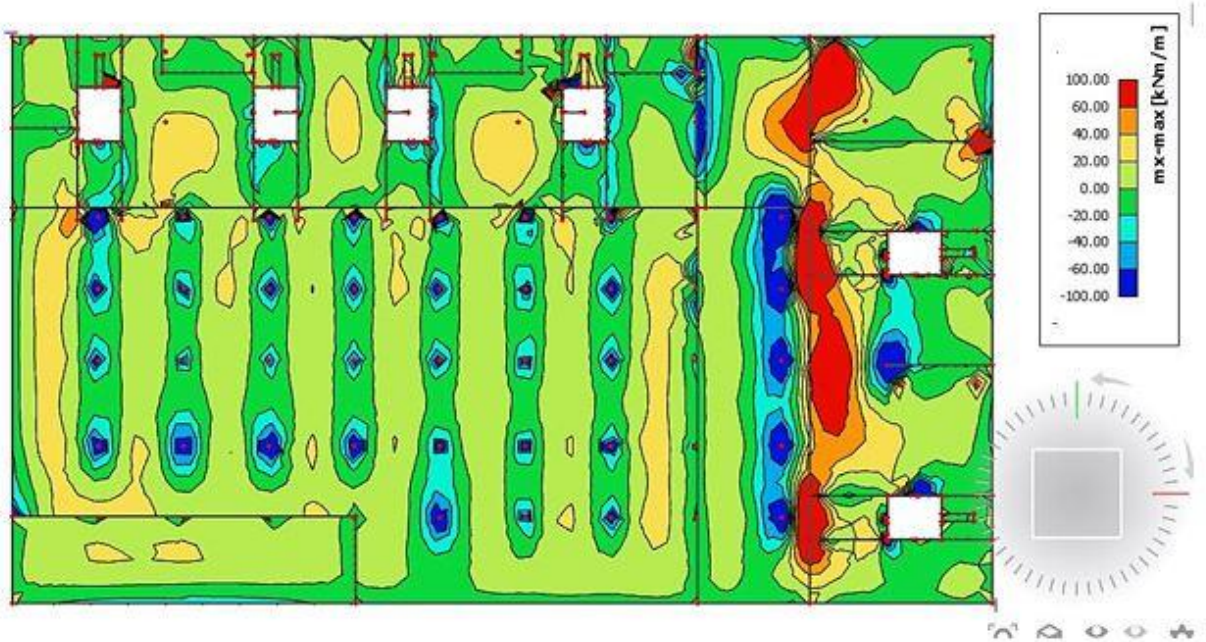


### 10.1.2 Kontrola pukotina

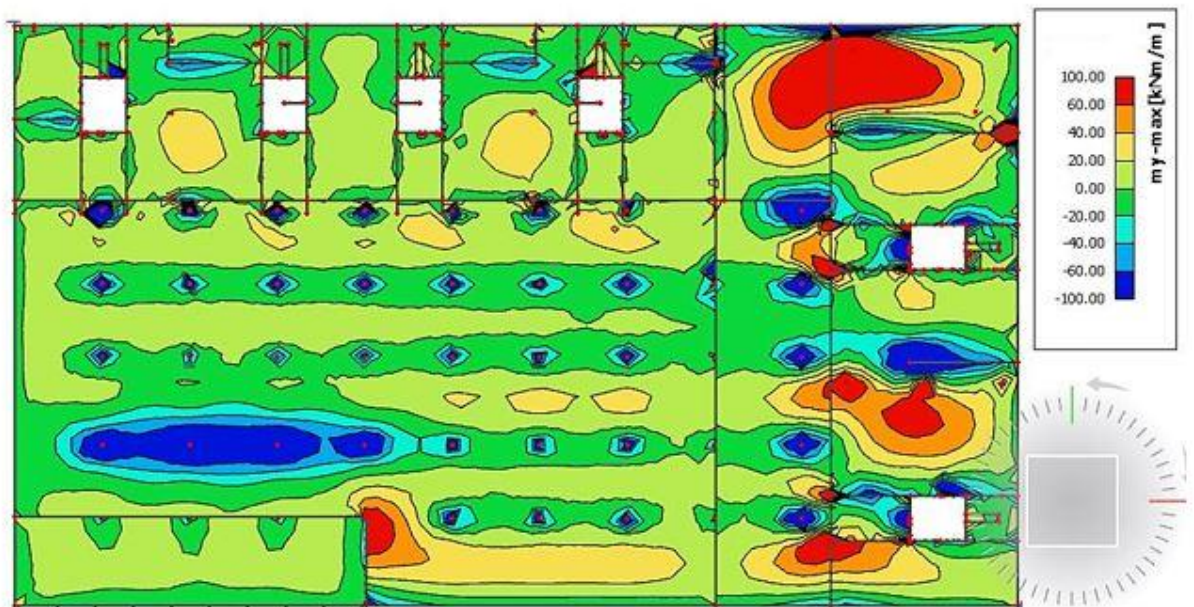
Mjerodavni moment za kontrolu pukotina su dobiveni iz numeričkog modela za kombinaciju GSU:1,0 G+1,0 Dg+1,0 Q.

Granična vrijednost širine pukotina : $w_g=0,3$  mm(EC2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $S_{r,max}(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}) < W_g$



Slika 10.6. Prikaz momenata  $M_x$ -GSU



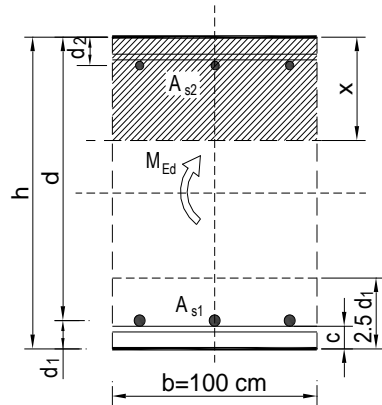
Slika 10.7. Prikaz momenata  $M_y$ -GSU

Maksimalna vrijednost momenta u polju za mjerodavnu kombinaciju iznosi :  
 $M_{Ed,max}=78,51 \text{ kNm}$ .

Odabrana armatura: Q -636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

Maksimalna vrijednost momenta na ležaju za mjerodavnu kombinaciju iznosi :  
 $M_{Ed,max}=127,28 \text{ kNm}$ .

$b =$	100,0 cm	$d =$	32,0 cm	$h =$	35,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	7,54 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
$M_{Ed} =$	78,5 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	343,21 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4,98 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0101		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,001104 >	$0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,001030		
$\varnothing =$	9,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	254,19 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,281 mm	<	$w_g$		

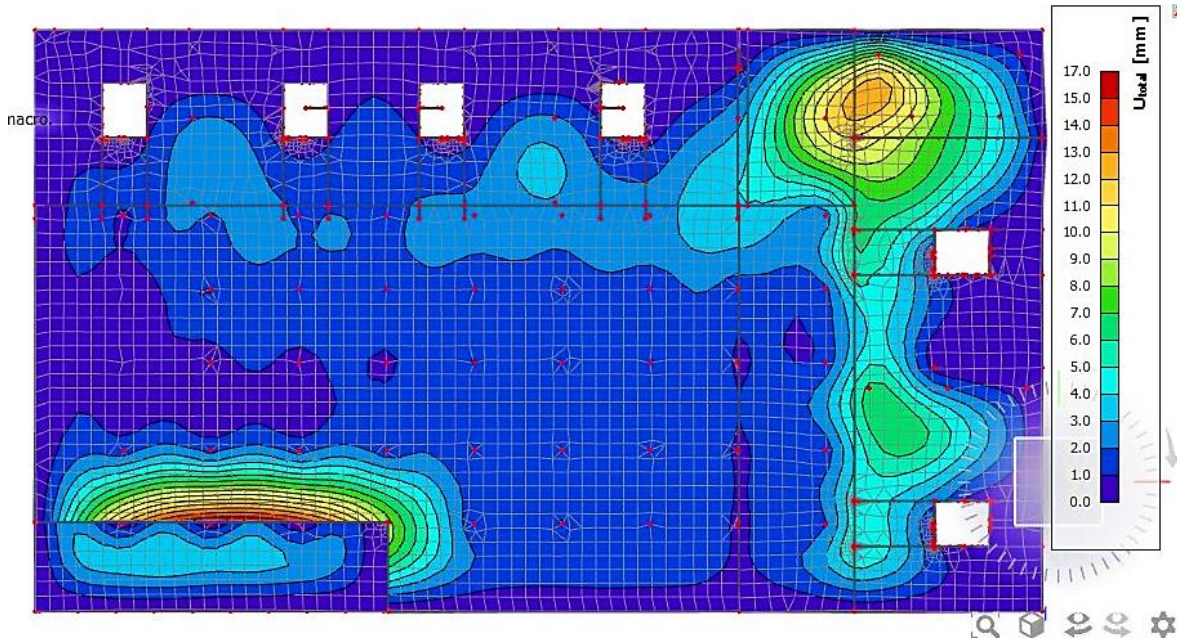


-Odabrana armatura zadovoljava uvjet dozvoljene širine pukotina.



### 10.1.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.8. Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU

$$\text{Granični progib: } f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{17130}{250} = 68,52 \text{ mm}$$

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

$$M_{Ed,polje} = 78,51 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,ležaj} = 127,28 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{|M_{Ed,rub} + M_{Ed,ležaj}|}{|M_{Ed,polje}|} = \frac{|0 + 127,28|}{|78,51|} = 1,62$$

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

= 0,087 koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$l = 1713 \text{ cm}$  raspon elementa

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

$r_{tot}$  – ukupna zakrivljenost

$r_m$  – zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

$r_{csm}$  – zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 31938,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ – modul elastičnosti betona}$$

$$E = 200000 \frac{N}{mm^2} - \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{200000}{31938,77} = 6,26 - \text{omjer module elastičnosti i čelika}$$

$$I_i = I_p + \alpha_e \cdot (A_{S1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2\right)^2 + A_{S2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1\right)^2)$$

– moment tromosti za neraspucano stanje

$$I_i = 357291,67 + 6,26 \cdot \left(7,54 \cdot \left(\frac{35}{2} - 3\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{35}{2} - 3\right)^2\right) = 367215,55 cm^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_i} = \frac{7851}{3194 \cdot 367215,55} = 0,0000067 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{S1}}}\right) = 5,04 - \text{položaj neutralne osi}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_e \cdot [A_{S1} \cdot (d - x)^2 + A_{S2} \cdot (x - d_2)^2]$$

– moment tromosti za raspucalo stanje

$$I_{II} = 1066,87 + 3200,6 + 34307,21 = 38574,68 cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{7851}{3194 \cdot 38574,68} = 0,000064 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} f_{ck} = 30 MPa$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 35^2}{6} = 5920,83 kNcm = 59,21 kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{5920,83}{30,32 \cdot 7,54} = 25,90 \frac{kN}{cm^2} = 259 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{S1}} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{S1}} = \frac{7851}{30,32 \cdot 7,54} = 34,34 \frac{kN}{cm^2} = 343,4 \frac{N}{m^2}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 - \text{koef. raspodjele}$$

$$\beta_1 = 1 - \text{koef. koji uzima u obzir vrstu armature}$$

$$\beta_2 = 0,5 - \text{koef. koji uzima u obzir trajanje opterećenja}$$

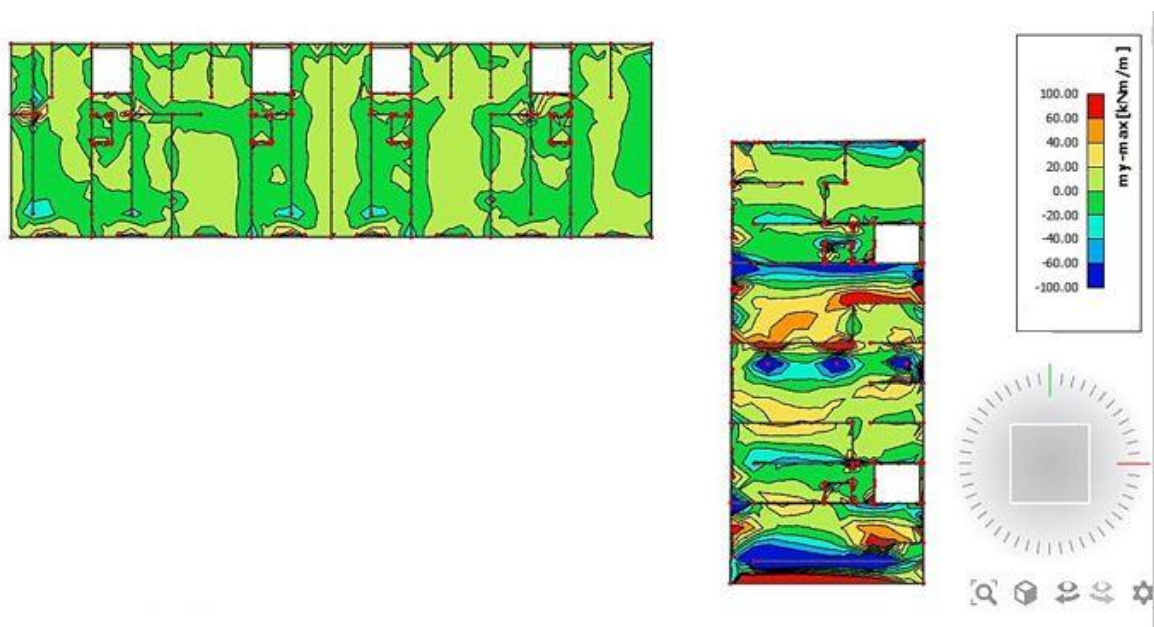
$$\zeta = 1 - 1 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{259}{343,4}\right)^2 = 0,715$$

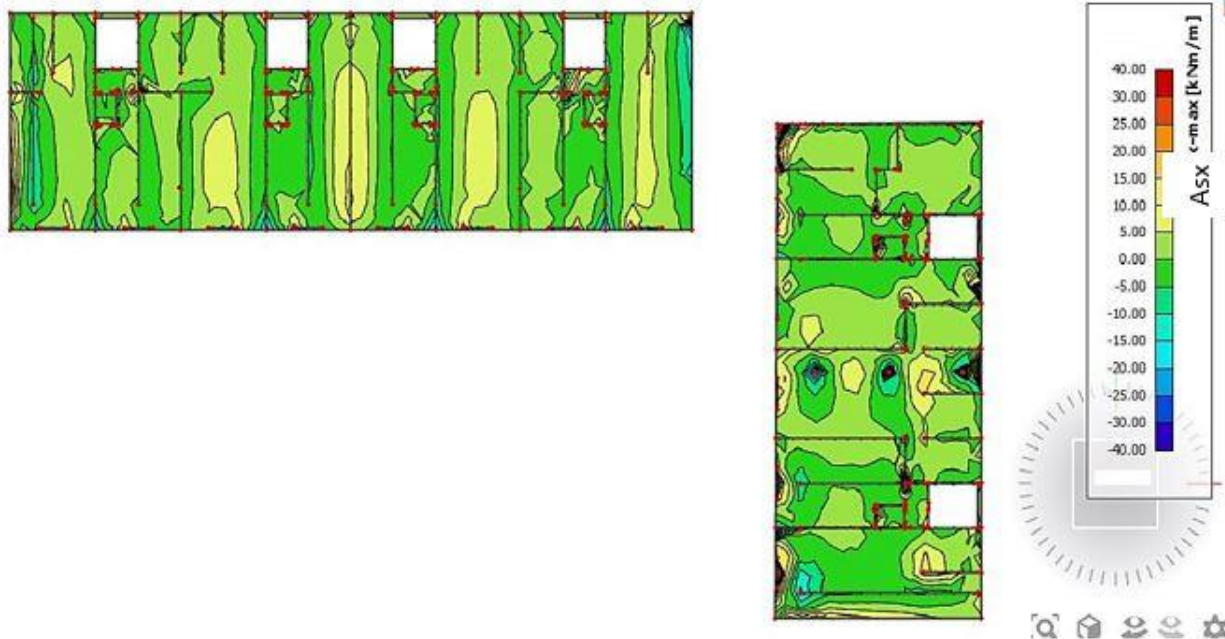
$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,715 \cdot 0,0000067 + (1 - 0,715) \cdot 0,000064 = 0,000023 \frac{1}{cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,087 \cdot 1713^2 \cdot 0,000023 = 5,87 cm < v_{lim} = 6,85 cm$$

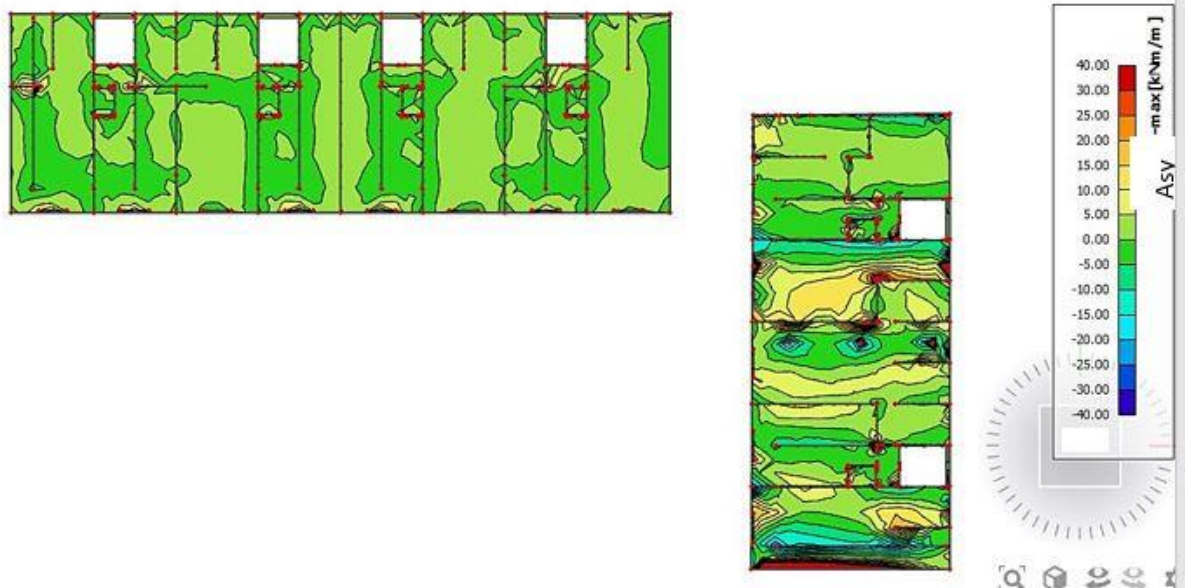
-Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## 10.2 Proračun ploče 1.kata

Slika 10.9. Prikaz momenata savijanja  $-m_x$ Slika 10.10. Prikaz momenata savijanja  $-m_y$

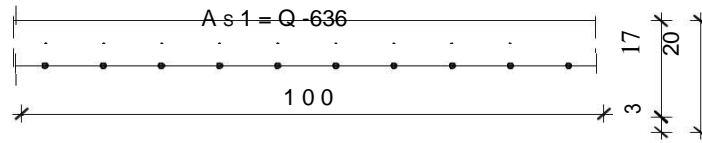


Slika 10.11. Prikaz potrebne armature  $A_{sx}$



Slika 10.12. Prikaz potrebne armature  $A_{sy}$

### 10.2.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.13. Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

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

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\ cm, \quad h = 20\ cm, \quad d = 17\ cm$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 20 = 2,0\ cm^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 20 = 40\ cm^2$$



U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici uz uvećanje preklopa  $\geq 40$  cm zbog preraspodjele momenata :

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	257	3,05	91,90	38,19	0,15
R/Q	-	283	3,36	91,90	42,05	0,17
R/Q	-	335	3,97	91,90	49,78	0,20
R/Q	-	385	4,57	91,90	57,21	0,23
R/Q	-	424	5,03	91,90	63,00	0,25
R/Q	-	503	5,97	91,90	74,74	0,30
R	-	524	6,21	91,90	77,86	0,31
R/Q	-	636	7,54	91,90	94,50	0,38
R/Q	-	785	9,31	91,90	116,64	0,47

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 90,03$  kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{90,03 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,156$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{90,03 \cdot 100}{0,892 \cdot 17 \cdot 43,5} = 13,65 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 2x Q -636 + preklop 40 cm ( $A_s = 2 \times 7,54 = 15,08 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja:

$$M_{Ed,min} = 296,67 \cdot 1/3 = 98,89 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{98,89 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,171$$

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

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{98,89 \cdot 100}{0,892 \cdot 17 \cdot 43,5} = 15,00 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 2x R -636 + preklop 40 cm ( $A_s = 2 \times 7,54 = 15,08 \text{ cm}^2$ )

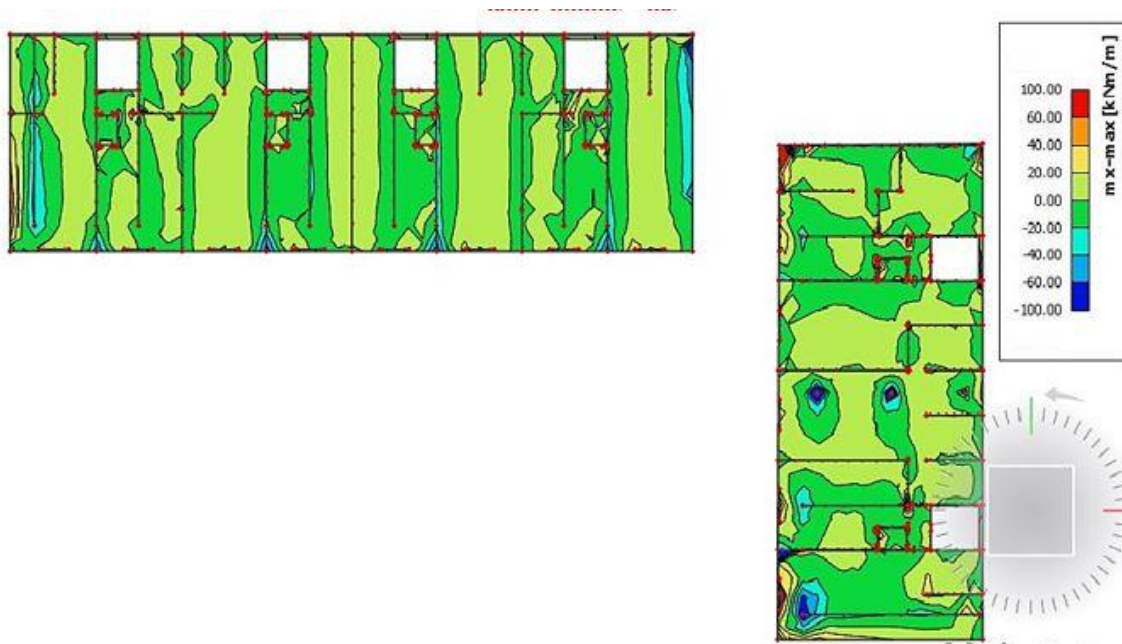
Napomena: Vrijednost momenta savijanja uzeta iz skale na slikama rezultata nije mjerodavna zbog toga što računalni program numerički daje rezultate u beskonačno maloj točki. Mjerodavna i realna vrijednost momenta savijanja je otprilike na 1/3 najvećih prikazanih rezultata što se vidi i prema boji iz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

## 10.2.2 Kontrola pukotina

Mjerodavni moment za kontrolu pukotina su dobiveni iz numeričkog modela za kombinaciju GSU:1,0 G+1,0 Dg+1,0 Q.

Granična vrijednost širine pukotina :  $w_g=0,3$  mm(EC2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $S_{r,max}(\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}) < w_g$

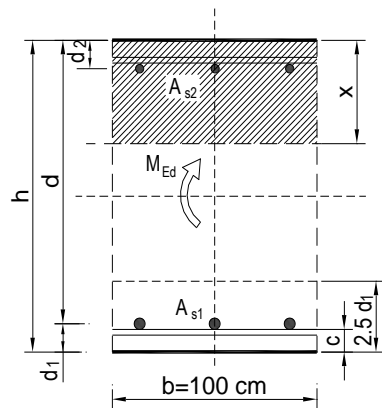


Slika 10.15. Prikaz momenata  $M_y$ -GSU

Maksimalna vrijednost momenta u polju za mjerodavnu kombinaciju iznosi  
:M<sub>Ed,max</sub>=69,56kNm.

Odabrana armatura: 2xQ -636 + preklop 40 cm (A<sub>s</sub> = 15,08 cm<sup>2</sup>)

b =	100,0 cm	d =	17,0 cm	h =	20,0 cm
f <sub>ck</sub> =	30,0 MN/m <sup>2</sup>	f <sub>ctm</sub> =	2,90 MN/m <sup>2</sup>	w <sub>g</sub> =	0,30 mm
A <sub>s1</sub> =	15,08 cm <sup>2</sup>	A <sub>s2</sub> =	0,00 cm <sup>2</sup>	d <sub>1</sub> = d <sub>2</sub> =	3,0 cm
E <sub>s</sub> =	200,00 GN/m <sup>2</sup>	E <sub>cm</sub> =	32,80 GN/m <sup>2</sup>	α <sub>e</sub> = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> =	6,10
M <sub>Ed</sub> =	69,6 kNm	k <sub>t</sub> =	0,40		
σ <sub>s</sub> =	299,18 MN/m <sup>2</sup>				
x =	4,75 cm	ρ <sub>p,eff</sub> =	0,0201		
(ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ) =	0,001172 >	0.6·σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> =	0,000898		
∅ =	9,0 mm	c =	3,00 cm		
k <sub>1</sub> =	0,8	k <sub>2</sub> =	0,50		
k <sub>3</sub> =	3,4	k <sub>4</sub> =	0,43		
s <sub>r,max</sub> =	178,09 mm				
W <sub>k</sub> = s <sub>r,max</sub> · (ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ) =	0,209 mm	<	w <sub>g</sub>		

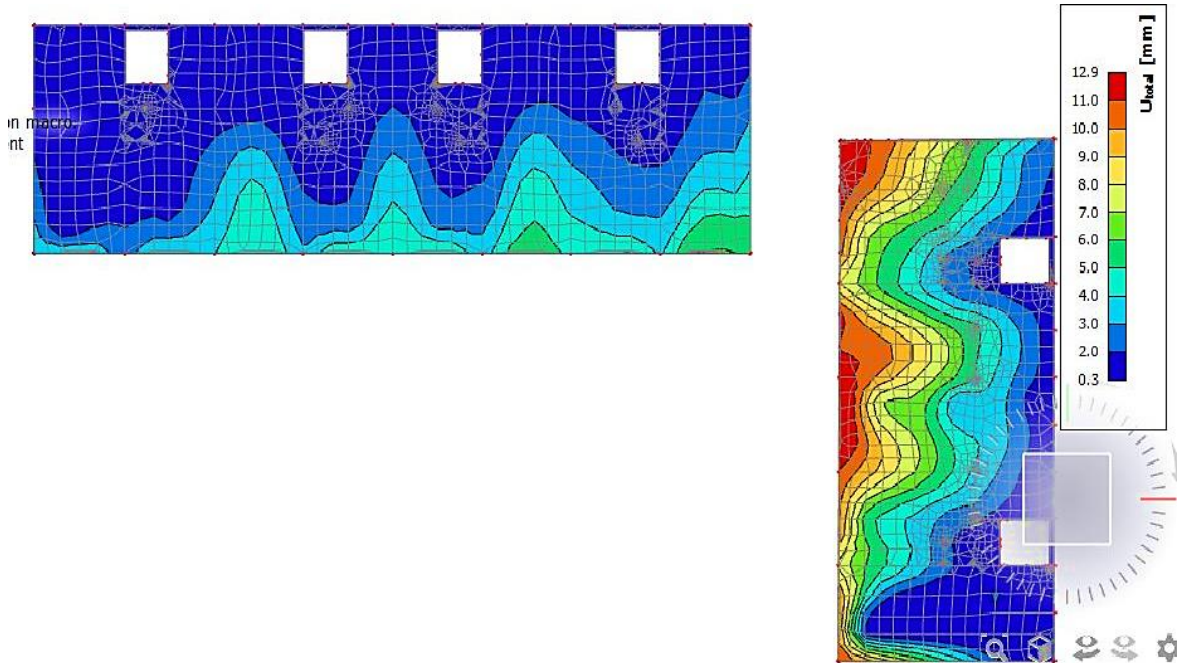


-Odabrana armatura zadovoljava uvjet dozvoljene širine pukotina.



### 10.2.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.16. Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{15600}{250} = 62,4 \text{ mm}$

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

$$M_{Ed,polje} = 69,56 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,ležaj} = 195,01 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{|M_{Ed,rub} + M_{Ed,ležaj}|}{|M_{Ed,polje}|} = \frac{|0 + 195,01|}{|69,56|} = 2,8$$

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

= 0,075 koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$l = 1560 \text{ cm}$  raspon elementa

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

$r_{tot}$  – ukupna zakrivljenost

$r_m$  – zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

$r_{csm}$  – zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 31938,77 \frac{N}{mm^2} - \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E = 200000 \frac{N}{mm^2} - \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{200000}{31938,77} = 6,26 - \text{omjer module elastičnosti i čelika}$$

$$I_i = I_p + \alpha_e \cdot (A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2\right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1\right)^2)$$

– moment tromosti za neraspucano stanje

$$I_i = 66666,67 + 6,26 \cdot \left(15,08 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3\right)^2\right) = 71292,31 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_i} = \frac{6956}{3194 \cdot 71292,31} = 0,00003 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = 4,8 - \text{položaj neutralne osi}$$

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

– moment tromosti za raspucalo stanje

$$I_{II} = 921,6 + 2764,8 + 14050,61 = 17737,01 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{6956}{3194 \cdot 17737,01} = 0,00012 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 \text{ kNcm} = 19,33 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1933,33}{15,4 \cdot 15,08} = 8,32 \frac{kN}{cm^2} = 83,2 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{6956}{15,4 \cdot 15,08} = 29,95 \frac{kN}{cm^2} = 299,5 \frac{N}{m^2}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 - \text{koef. raspodjele}$$

$\beta_1 = 1$  – koef. koji uzima u obzir vrstu armature

$\beta_2 = 0,5$  – koef. koji uzima u obzir trajanje opterećenja

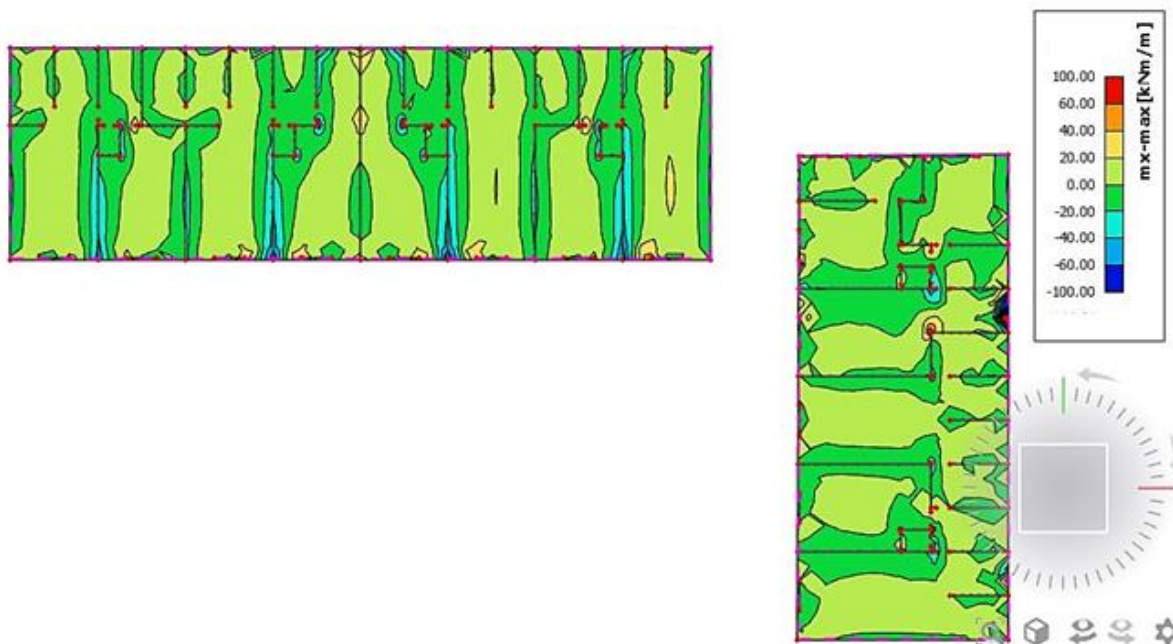
$$\zeta = 1 - 1 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{83,2}{299,5}\right)^2 = 0,961$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,961 \cdot 0,00003 + (1 - 0,961) \cdot 0,00012 = 0,000034 \frac{1}{cm}$$

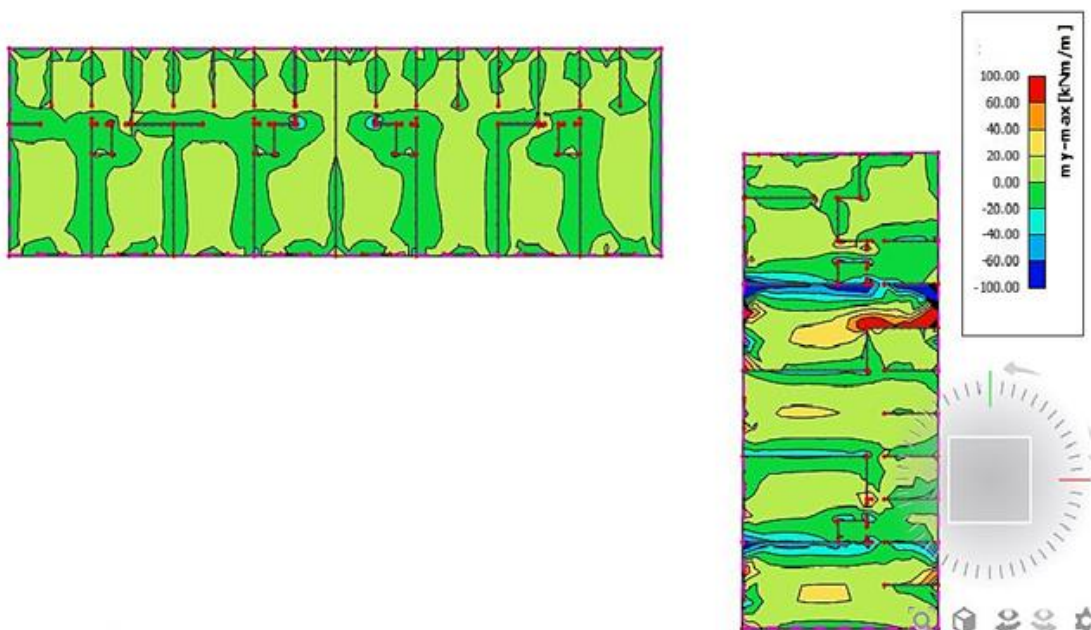
$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,075 \cdot 1560^2 \cdot 0,000034 = 6,2m < v_{lim} = 6,24cm$$

-Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

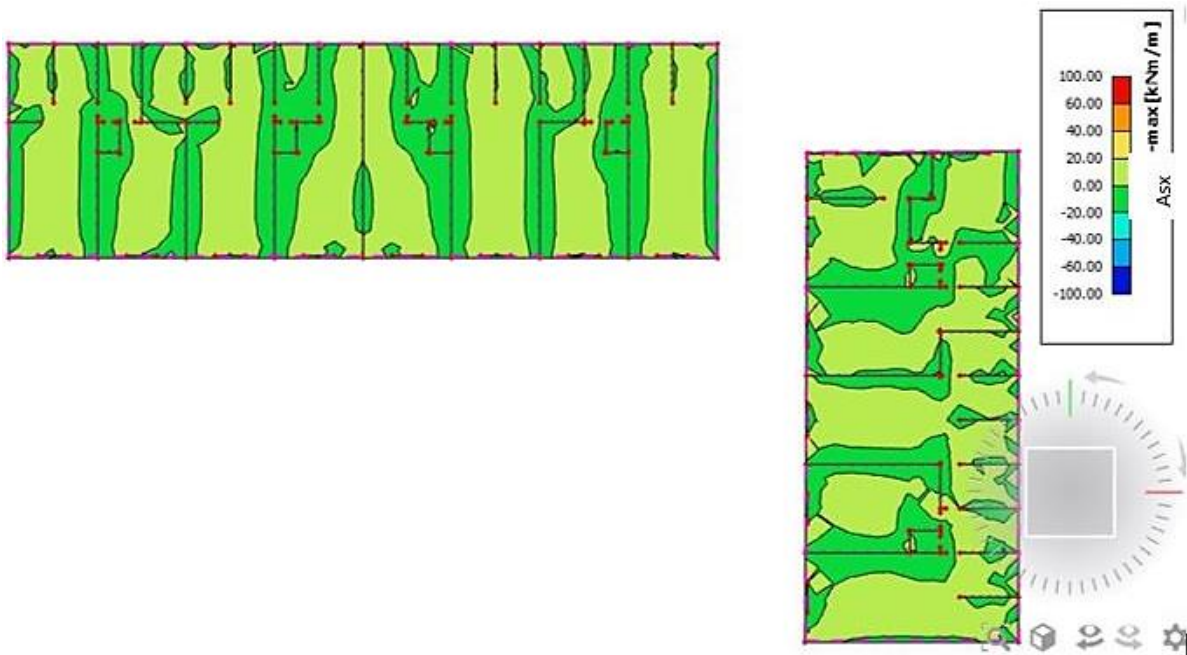
### 10.3 Proračun ploče zadnjeg kata



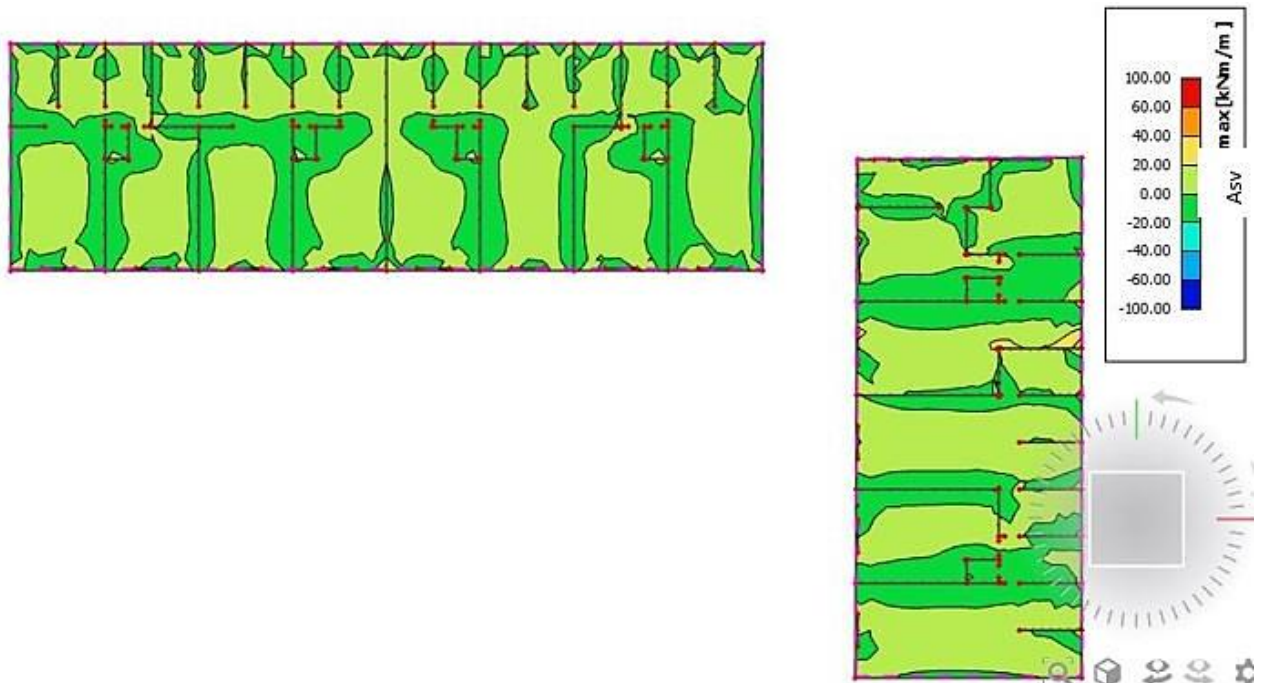
10.17. Prikaz momenata savijanja- $m_x$



Slika 10.18. Prikaz momenata savijanja –  $m_y$

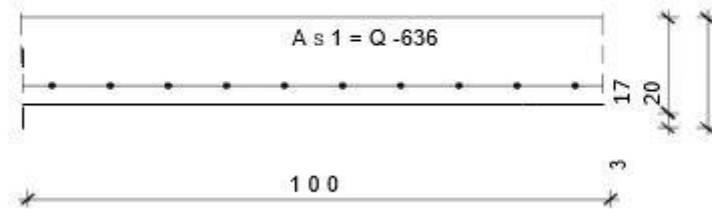


Slika 10.19. Prikaz potrebne armature  $A_{sx}$



Slika 10.20. Prikaz potrebne armature  $A_{sy}$

### 10.3.1 Dimenzioniranje na savijanje



Slika 10.21. Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

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

$$B 500 B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$b = 100 \text{ cm}, \quad h = 20 \text{ cm}, \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$\mu_{sds} = 0,159 \quad \zeta = 0,9 \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = \frac{3,5}{10}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 20 = 2,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 20 = 40 \text{ cm}^2$$

U sljedećoj tablici prikazani su ultimativni momenti nosivosti za odabranu mrežastu armaturu za dimenzije ploče prema prethodnoj slici uz uvećanje preklopa  $\geq 40$  cm zbog preraspodjele momenata :

Mreža			Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
			[ $cm^2/m'$ ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q	-	257	3,05	91,90	38,19	0,15
R/Q	-	283	3,36	91,90	42,05	0,17
R/Q	-	335	3,97	91,90	49,78	0,20
R/Q	-	385	4,57	91,90	57,21	0,23
R/Q	-	424	5,03	91,90	63,00	0,25
R/Q	-	503	5,97	91,90	74,74	0,30
R	-	524	6,21	91,90	77,86	0,31
R/Q	-	636	7,54	91,90	94,50	0,38
R/Q	-	785	9,31	91,90	116,64	0,47

Donja zona ploče (polje) -> pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 77,11 kNm$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{77,11 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,133$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 2,9\text{‰}, \quad \zeta = 0,910, \quad \xi = 0,225$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{77,11 \cdot 100}{0,910 \cdot 17 \cdot 43,5} = 11,46 cm^2$$

Odabrana armatura: 2x Q -636 + preklop 40 cm ( $A_s = 2 \times 7,54 = 15,08 cm^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi) -> negativni moment savijanja:

$$M_{Ed,min} = 147,17 \cdot 1/3 = 49,06 kNm$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}} = \frac{49,06 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,085$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 2,0\text{‰}, \quad \zeta = 0,938, \quad \xi = 0,167$$

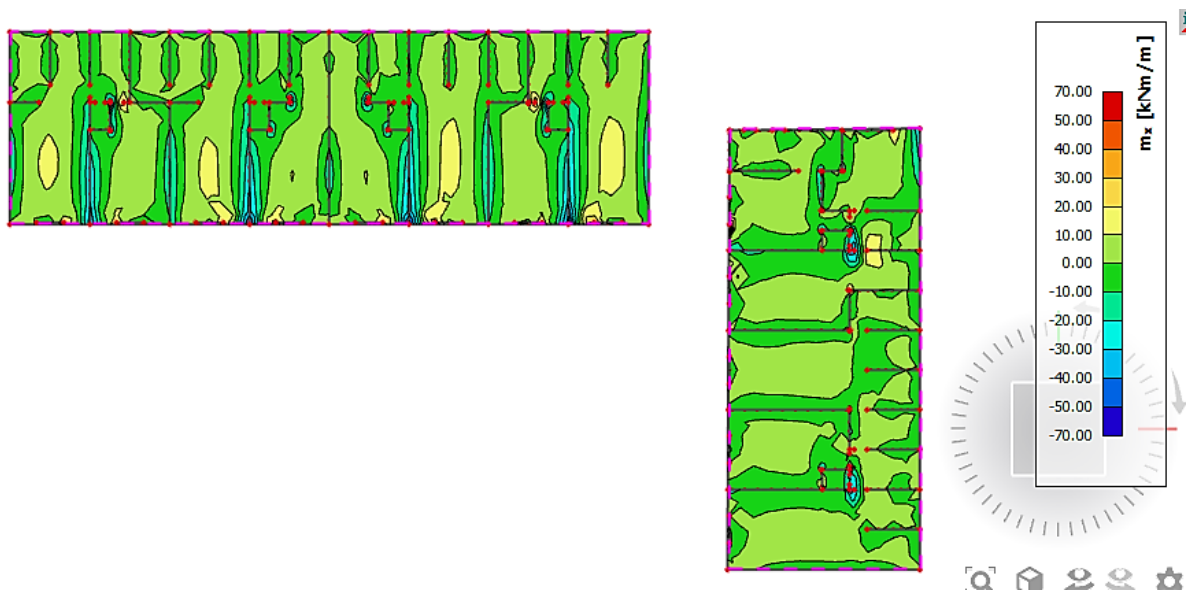
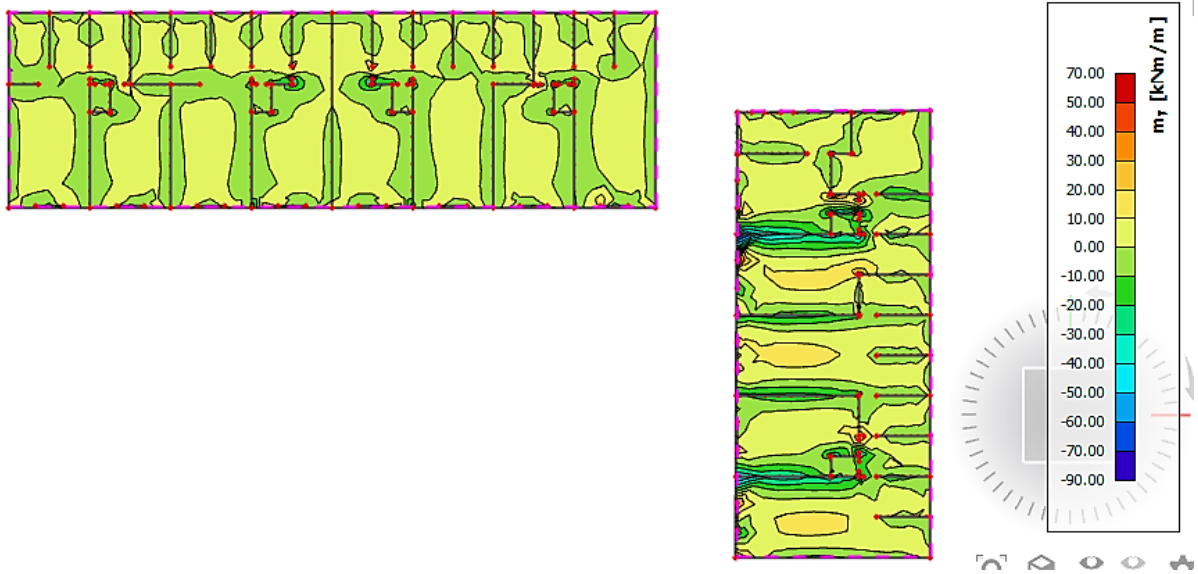
$$A_{s2} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{49,06 \cdot 100}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,5} = 7,07 cm^2$$

Odabrana armatura: R - 636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 cm^2$ )

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



## 10.3.2 Kontrola pukotina - ploča

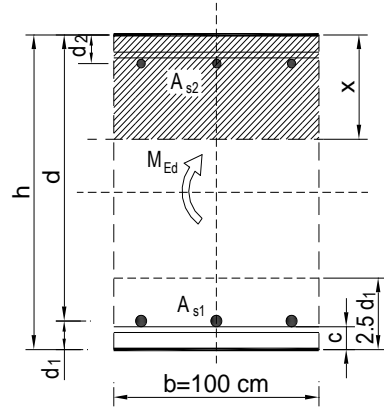
Slika 10.22. Prikaz momenata  $M_x$ -GSUSlika 10.23.. Prikaz momenata  $M_y$ -GSU

Maksimalna vrijednost momenta u polju za mjerodavnu kombinaciju iznosi

: $M_{Ed,max}=49,76\text{kNm}$ .

Odabrana armatura:  $2 \times Q - 636 + \text{preklop } 40 \text{ cm}$  ( $A_s = 15,08 \text{ cm}^2$ )

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	15,08 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
$M_{Ed} =$	49,8 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	214,02 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4,75 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0201		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000747 >	$0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000642		
$\varnothing =$	9,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	178,09 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,133 mm	<	$w_g$		

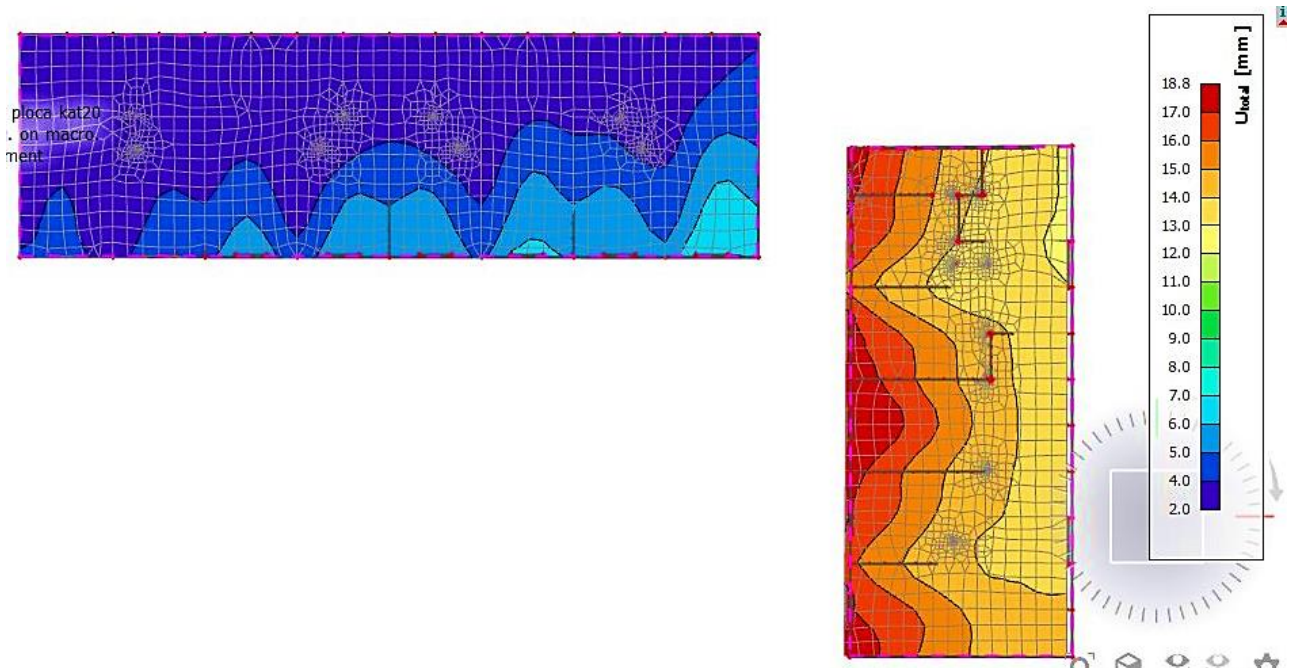


-Odabrana armatura zadovoljava uvjet dozvoljene širine pukotina.



### 10.3.3 Kontrola progiba

Mjerodavni progibi ploče su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q



Slika 10.24. Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{15600}{250} = 62,4 \text{ mm}$

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

$$M_{Ed,polje} = 49,76 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,ležaj} = 140,82 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{|M_{Ed,rub} + M_{Ed,ležaj}|}{|M_{Ed,polje}|} = \frac{|0 + 140,82|}{|49,76|} = 2,83$$

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

= 0,074 koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$l = 1560 \text{ cm}$  raspon elementa

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

$r_{tot}$  – ukupna zakrivljenost

$r_m$  – zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

$r_{csm}$  – zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 31938,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ – modul elastičnosti betona}$$

$$E = 200000 \frac{N}{mm^2} - \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{200000}{31938,77} = 6,26 - \text{omjer module elastičnosti i čelika}$$

$$I_i = I_p + \alpha_e \cdot (A_{S1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2\right)^2 + A_{S2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1\right)^2)$$

– moment tromosti za neraspucano stanje

$$I_i = 66666,67 + 6,26 \cdot \left(15,08 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{20}{2} - 3\right)^2\right) = 71292,31 cm^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_i} = \frac{4976}{3194 \cdot 71292,31} = 0,000022 \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{S1}}}\right) = 4,8 - \text{položaj neutralne osi}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_e \cdot [A_{S1} \cdot (d - x)^2 + A_{S2} \cdot (x - d_2)^2]$$

– moment tromosti za raspucalo stanje

$$I_{II} = 921,6 + 2764,8 + 14050,61 = 17737,01 cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{4976}{3194 \cdot 17737,01} = 0,00009 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} f_{ctm} \approx 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} f_{ck} = 30 MPa$$

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

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33 kNcm = 19,33 kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1933,33}{15,4 \cdot 15,08} = 8,32 \frac{kN}{cm^2} = 83,2 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{S1}} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{S1}} = \frac{4976}{15,4 \cdot 15,08} = 21,43 \frac{kN}{cm^2} = 214,3 \frac{N}{m^2}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 - \text{koef. raspodjele}$$

$$\beta_1 = 1 - \text{koef. koji uzima u obzir vrstu armature}$$

$$\beta_2 = 0,5 - \text{koef. koji uzima u obzir trajanje opterećenja}$$

$$\zeta = 1 - 1 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{83,2}{214,3}\right)^2 = 0,924$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,924 \cdot 0,000022 + (1 - 0,924) \cdot 0,00009 = 0,000029 \frac{1}{cm}$$

$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,074 \cdot 1560^2 \cdot 0,000029 = 5,22 cm < v_{lim} = 6,24 cm$$

-Odabrane dimenzije ploče i armatura zadovoljavaju u pogledu progiba.

## **11 DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE**

### **11.1 Proračun stupova S1 u garaži**

Stupovi S1 u garaži su predviđeni kao klasično armirano-betonski elementi. Stupovi S1 su kružnog poprečnog presjeka  $\varphi$  50 cm. Svijetla visina im iznosi 3,30 m.

Stupovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u kružnoj oplati na licu mjesta. Za sve stupove predviđen je beton C 30/37 te armatura B500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3,0 cm.

Rezne sile na stupovima očitane su iz numeričkog modela koji je prikazan u prilogima.

Ujedno su izračunate računске sile od više kombinacija opterećenja.

### 11.1.1 Proračun stupova S1 na savijanje i uzdužnu silu

Iz modela je očitana maksimalni moment za osnovnu kombinaciju, bez obzira je li on u X ili Y smjeru i njegova pripadna uzdužna sila. Nakon toga je očitana maksimalna uzdužna sila i njen pripadni moment. Ista stvar je napravljena i za potresnu kombinaciju. Utjecaj vitkosti stupova obuhvaćen je inženjerskom metodom povećanja momenta. Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe.

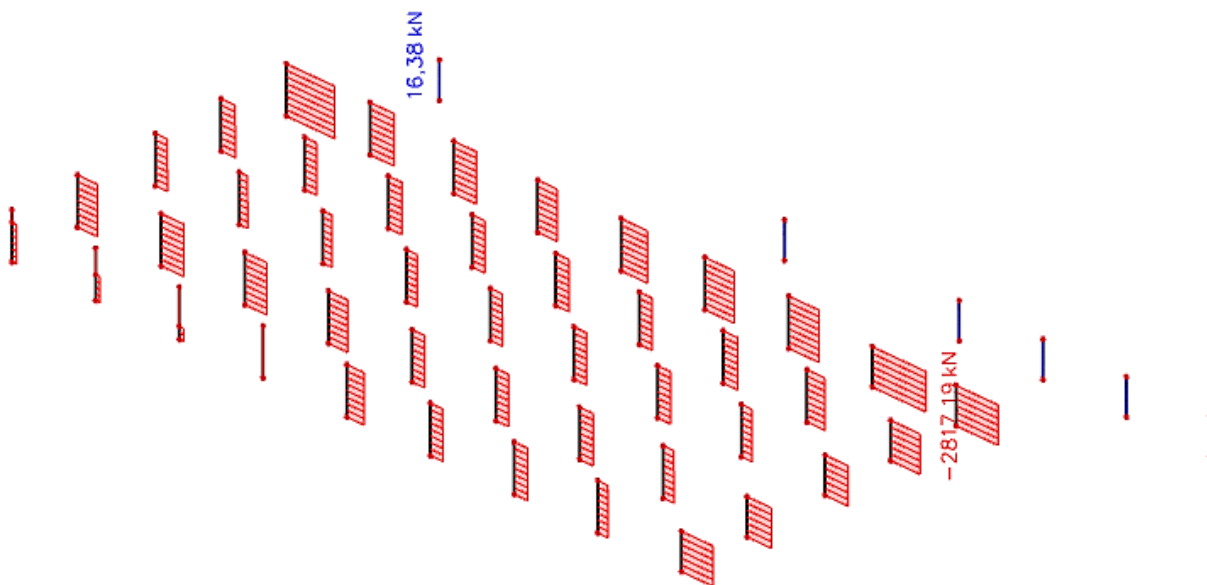
Rezultati reznih sila za svaki pojedini tip stupa, proračunati računalnom programom SciaEngineer 18.1, prikazani su u nastavku. Dijagram nosivosti betonskog presjeka s odabranom armaturom dobiven je pomoću računalnog programa Aspalathos Section Design.

Povećanje momenta zbog vitkosti stupa provedeno je približnim postupkom prema EC-2:

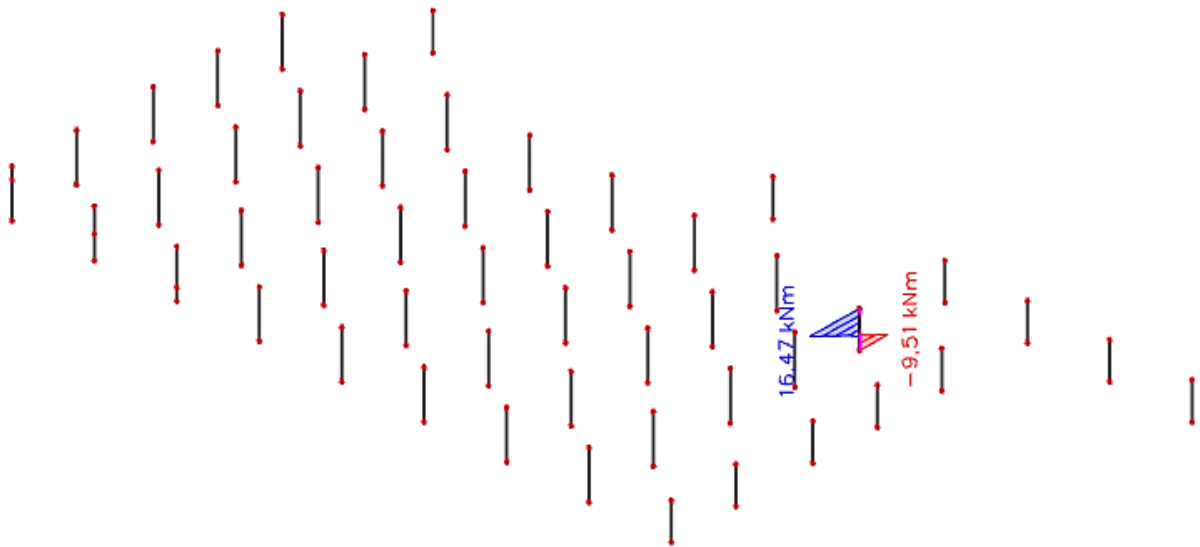
$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

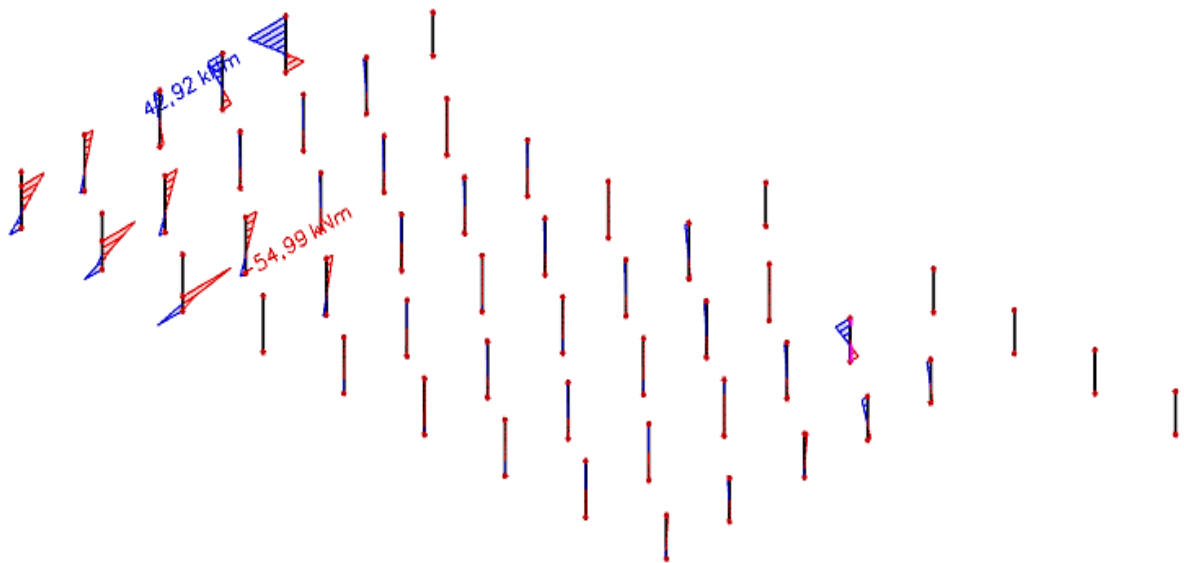
Mjerodavne rezne sile su očitane iz modela i dimenzioniranje je izvršeno za najkritičnije rezne sile.



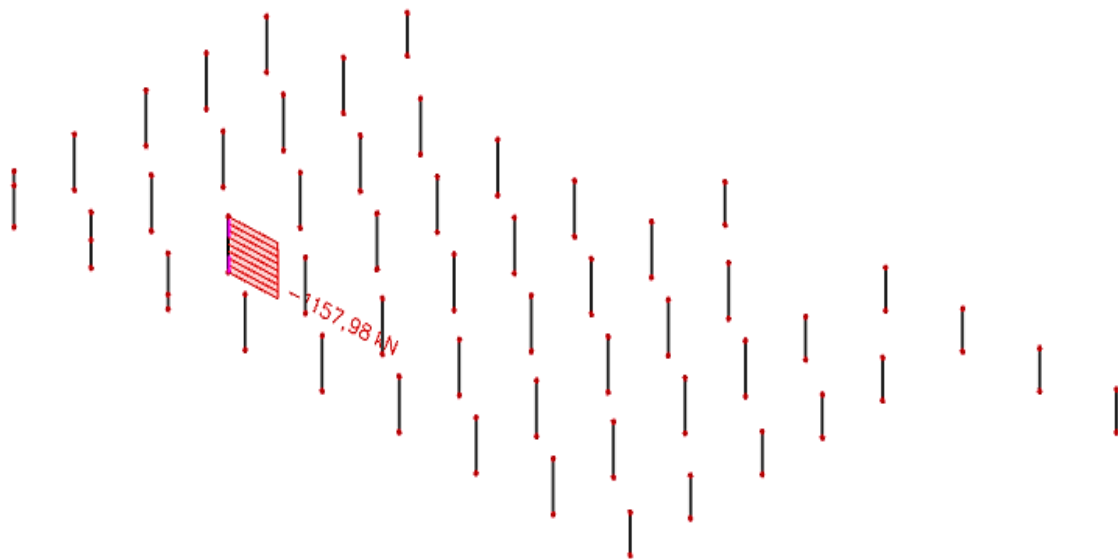
Slika 11.1. Prikaz maksimalne uzdužne sile za kombinaciju CO1



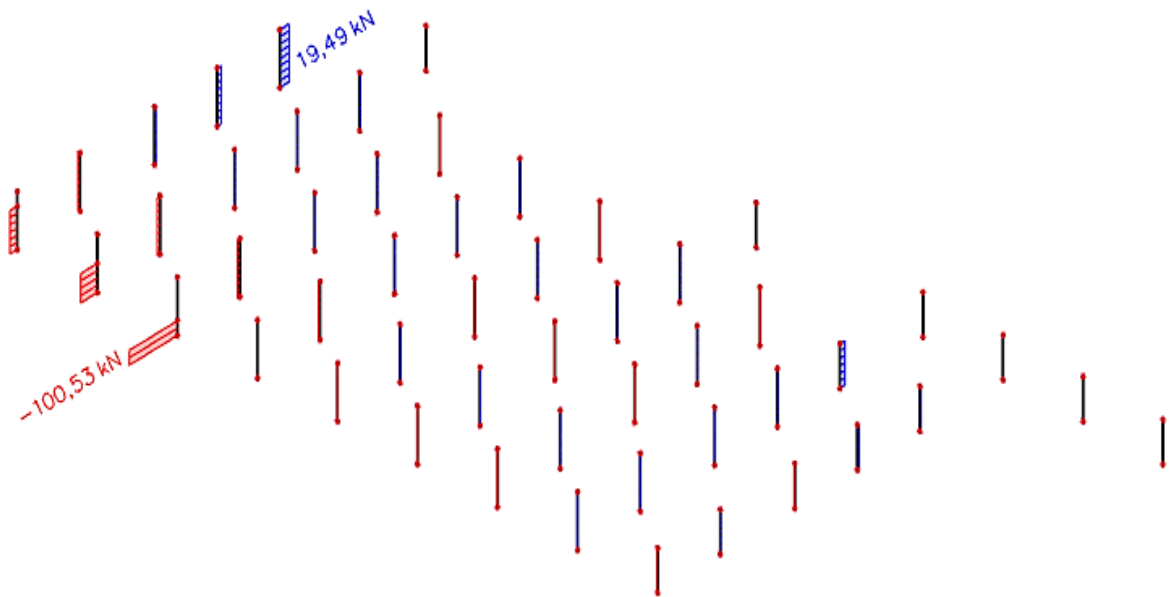
Slika 11.2. Prikaz pripadajućeg momenta za kombinaciju CO1



Slika 11.3. Prikaz maksimalnog momenta savijanja za kombinaciju CO1



Slika 11.4. Prikaz pripadajuće uzdužne sile za kombinaciju CO1



Slika 11.5. Prikaz maksimalne poprečne sile za kombinaciju CO1

Klasa betona: C30/37

Naprezanja u betonu ograničavamo na 45 % tlačne čvrstoće betona.

$$\sigma_{\text{doz}} = f_{\text{cd}} = 0,45 \cdot f_{\text{ck}} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma} = \frac{2528,33 \text{ kN}}{13,5 \cdot 1000 \text{ kPa}} = 0,187 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{0,187} = 0,43 \text{ m} = 43 \text{ cm}$$

odabrano:  $a = 50 \text{ cm}$

### Postupak povećanja početnog momenta savijanja

-Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment savijanja

$$M_{\text{rac}} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1,0 \quad ; \quad \gamma = 1,5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{ m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,3 = 4,62 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,62^2} = 7431,66 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 2817,19}{7431,66}} = 2,32$$

$$M_{\text{rac}} = \psi \cdot M = 2,32 \cdot 16,47 \text{ kNm} = 38,21 \text{ kNm}$$

-Maksimalni moment savijanja i pripadajuća uzdužna sila

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{ m}^4$$

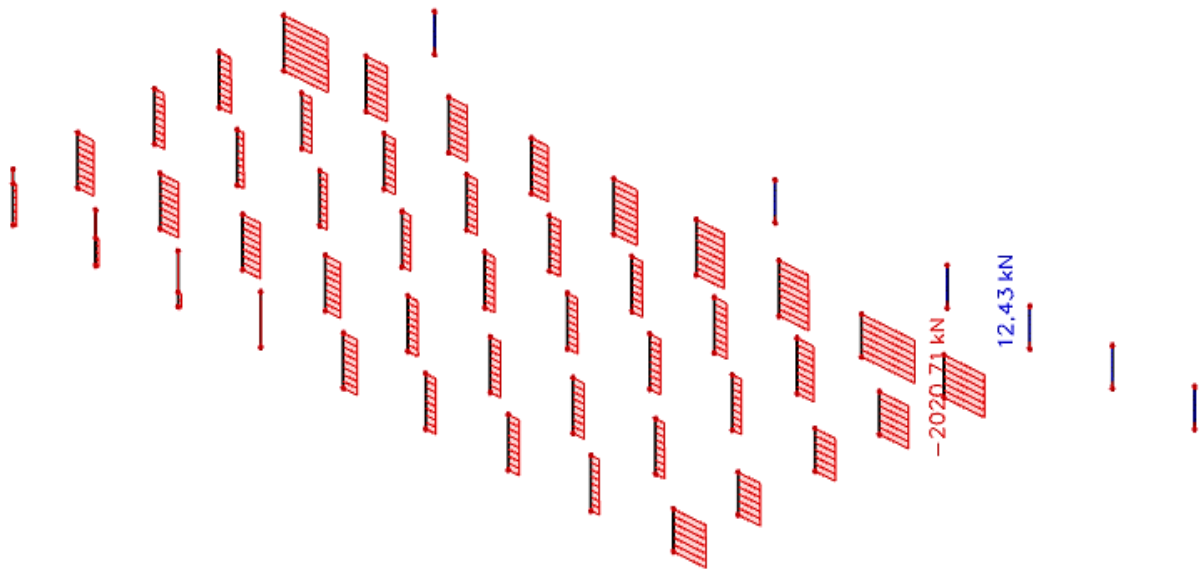
$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,3 = 4,62 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,62^2} = 7431,66 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 1157,98}{7431,66}} = 1,30$$

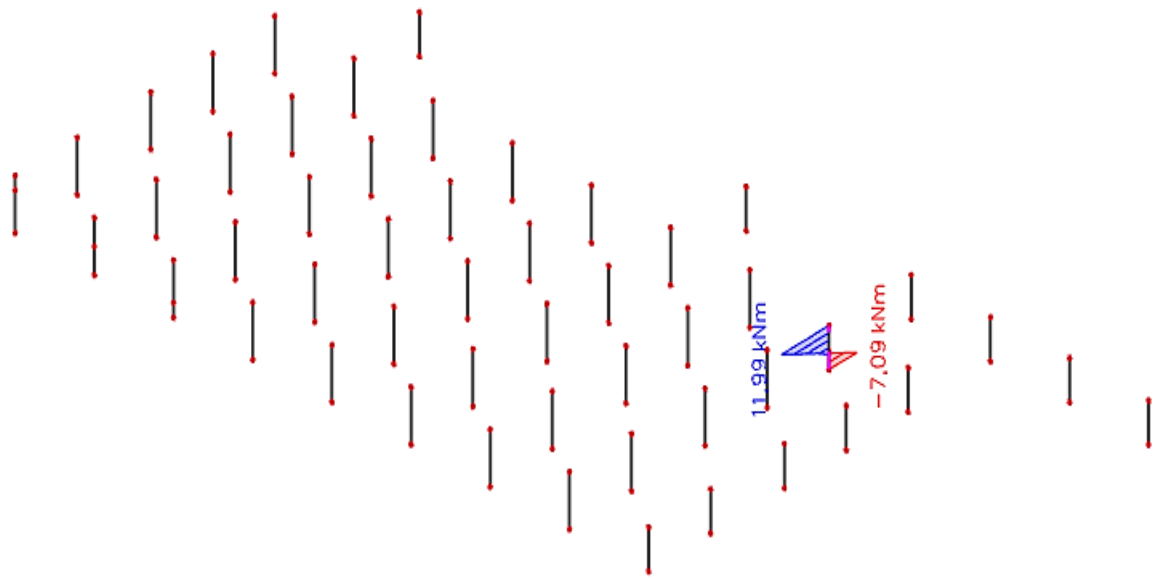
$$M_{rac} = \psi \cdot M = 1,30 \cdot 54,99 \text{ kNm} = 71,49 \text{ kNm}$$

### Potresna kombinacija

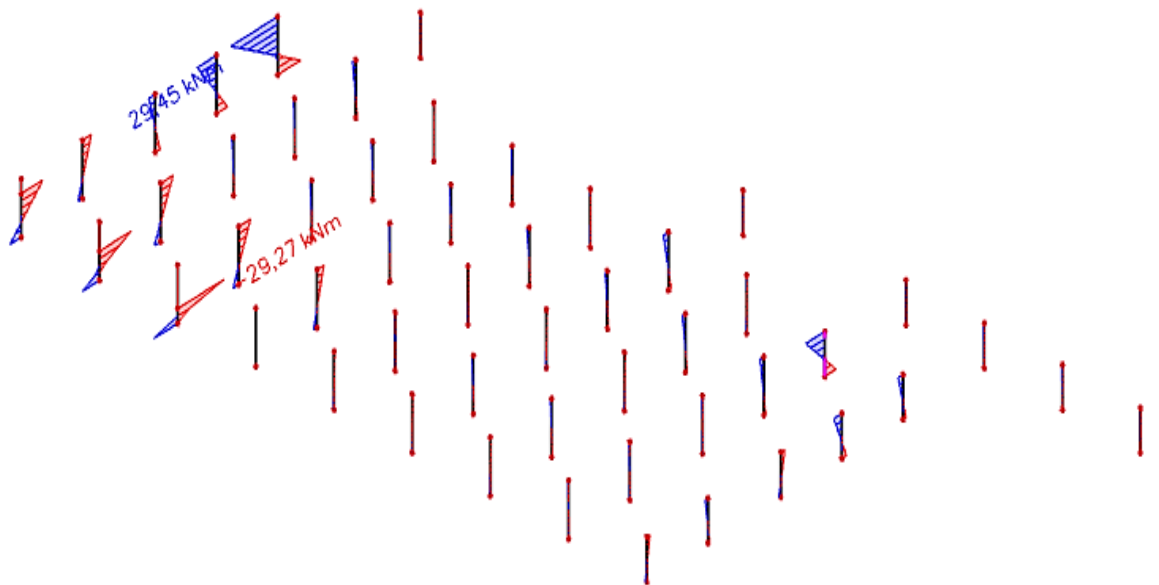


Slika 11.6. Prikaz maksimalne uzdužne sile za kombinaciju KSx

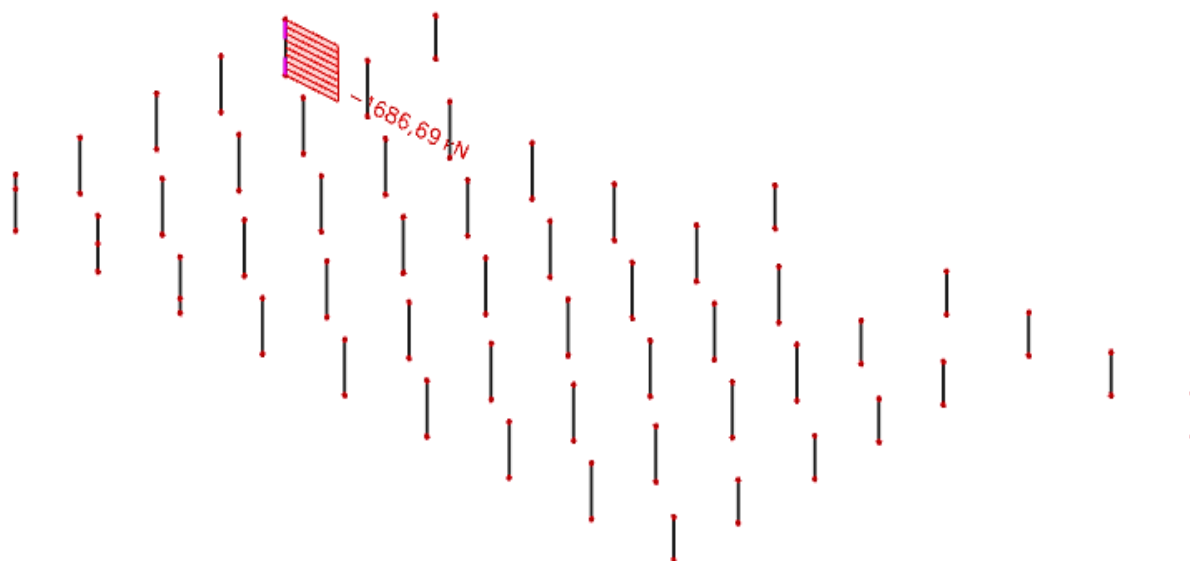




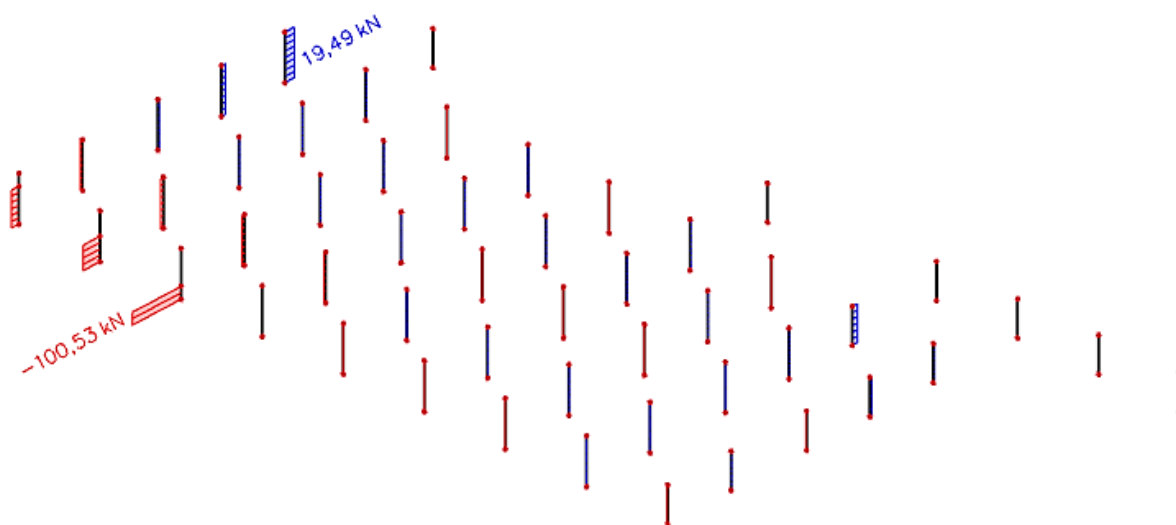
Slika 11.7. Prikaz pripadajućeg momenta za kombinaciju KSx



Slika 11.8. Prikaz maksimalnog momenta savijanja za kombinaciju KSx



Slika 11.9. Prikaz pripadajuće uzdužne sile za kombinaciju KSx



Slika 11.10. Prikaz maksimalne poprečne sile za kombinaciju CO1

Postupak povećanja početnog momenta savijanja za potresnu kombinaciju  
 -Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment savijanja

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{MPa}$$

$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,3 = 4,62 \text{m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,62^2} = 7431,66 \text{kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 2020,71}{7431,66}} = 1,69$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 1,69 \cdot 11,99 \text{kNm} = 20,26 \text{kNm}$$

-Maksimalni moment savijanja i pripadajuća uzdužna sila

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{MPa}$$

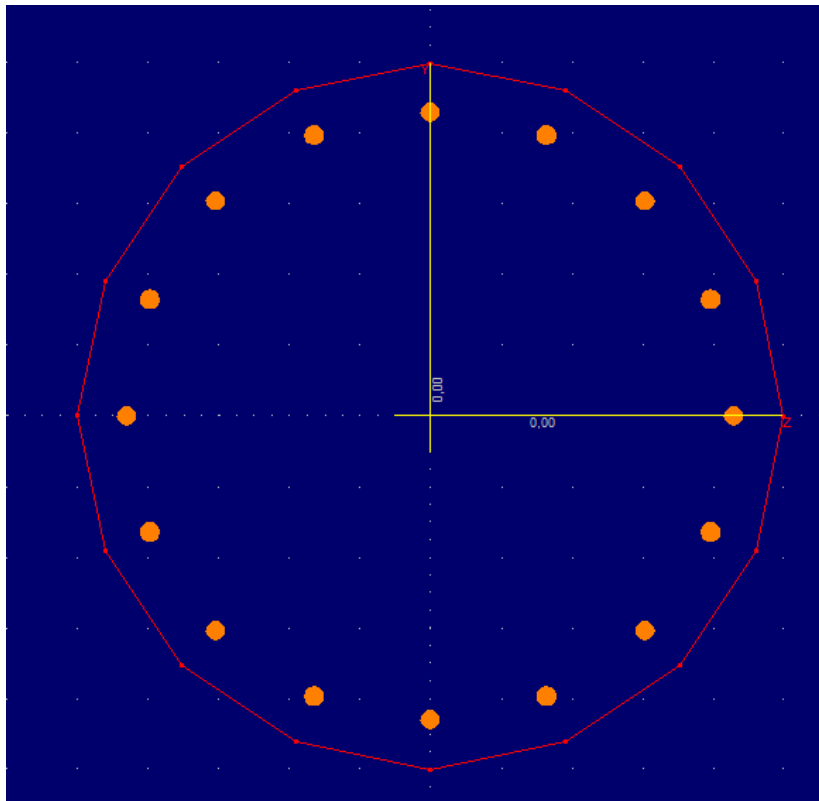
$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,3 = 4,62 \text{m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,62^2} = 7431,66 \text{kN}$$

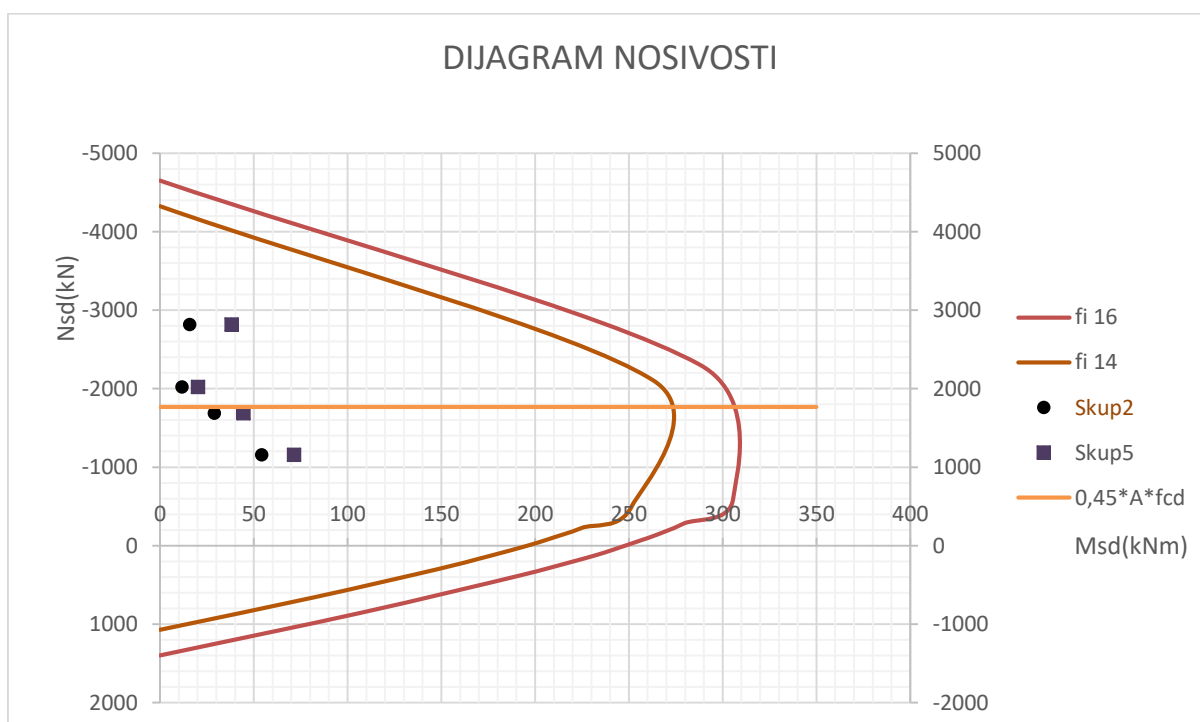
$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 1686,69}{7431,66}} = 1,51$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 1,51 \cdot 29,45 \text{kNm} = 44,47 \text{kNm}$$



*Slika 11.11. Poprečni presjek s armaturom(Aspalathos Section Design)*

Stupovi garaža (Ø50 cm)							
Osnovna kombinacija				Potresna kombinacija			
M <sub>max</sub> (kNm)	N <sub>prip</sub> (kN)	N <sub>max</sub> (kN)	M <sub>prip</sub> (kNm)	M <sub>max</sub> (kNm)	N <sub>prip</sub> (kN)	N <sub>max</sub> (kN)	M <sub>prip</sub> (kNm)
71,49	-1157,98	-2817,19	38,21	44,47	-1686,69	-2020,71	20,26



Slika 11.12. Dijagram nosivosti stupova S1 i S2

$$A_{S,min} = 0,1\% \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot \left( \frac{50^2 \cdot \pi}{4} \right) = 1,9625 \text{ cm}^2$$

$$A_{S,max} = 2,0\% \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot \left( \frac{50^2 \cdot \pi}{4} \right) = 39,25 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 16 Ø 14 ( $A_s = 24,64 \text{ cm}^2$ )

### 11.1.2 Proračun stupa S1 na poprečnu silu

$$V_{sd} = 100,53 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 236,19 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Rd,c} = \left[ c_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$d = h - d_1 = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = \frac{236,19}{1962,5} = 0,12 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sum A_s = 16\Phi 14 = 24,64 \text{ cm}^2 \quad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{24,64}{1962,5} = 0,012$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,12 \right] \cdot 500 \cdot 450 = 152933,90 \text{ N} = 152,93 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{200} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{200} \right] = 0,51$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,51 \cdot 20 \cdot 500 \cdot 450 = 1147500 \text{ N} = 1147,5 \text{ kN}$$

Poprečna armatura:

$$V_{sd} / V_{Rd,max} = 100,53 / 1147,5 \approx 0,09 \Rightarrow V_{Ed} = 0,09 \cdot V_{Rd2}$$

Razmak poprečne armature:

$$S_{w,max} = \min \begin{cases} 0,6 \cdot d = 0,6 \cdot 45 = 27 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow S_w = 27 \text{ cm}$$

**Odabrane vilice za donju trećinu stupa:**  $\phi 10/12 \text{ cm} (A_s = 0,79 \text{ cm}^2)$

Ukupna nosivost betona i odabrane poprečne armature:

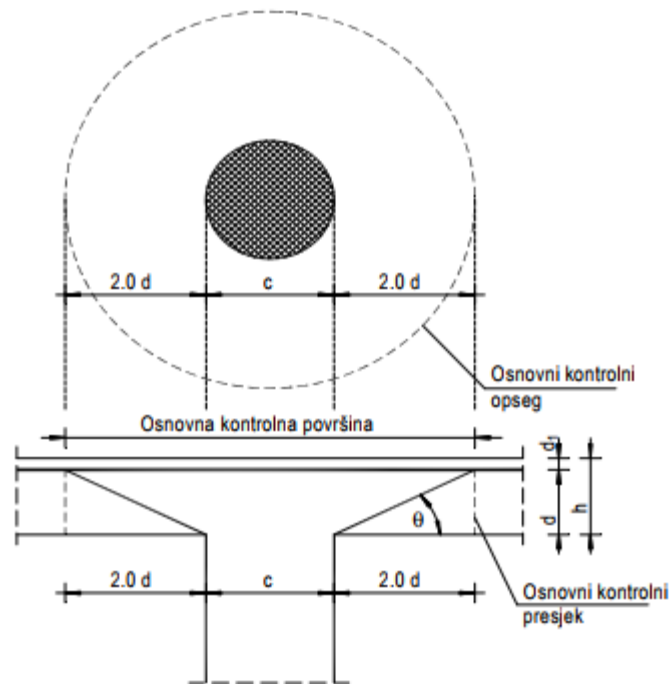
$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg} \theta = \frac{0,79}{12} \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot 39,13 \cdot 2 = 208,7 \text{ kN}$$

**Odabrane vilice za ostali dio stupa stupa:**  $\phi 10/24 \text{ cm} (A_s = 0,79 \text{ cm}^2)$

Ukupna nosivost betona i odabrane poprečne armature:

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg} \theta = \frac{0,79}{24} \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot 39,13 \cdot 2 = 104,33 \text{ kN}$$

### 11.1.3 Proračun na proboj ploče iznad garaže za stupove S1



Slika 11.13. Proboj ploče

Uvjet nosivosti ploče na proboj:  $U_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

Ako je gornji uvjet nosivosti na proboj zadovoljen, potrebno je kontrolirati je li ugrađena armatura zadovoljava ili je potrebno ploču dodatno armirati na proboj.

Armatura za osiguravanje od proboj neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet

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

$$U_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

gdje je:

$\beta$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritični presjek

$\beta = 1,15$  za unutrašnje stupove

$\beta = 1,4$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1,5$  za stupove u kutu

$V_{Ed}$  – maksimalna poprečna sila u kritičnom opsegu ( $V_{Ed} = 100,53\text{kN}$ )

$u_i$  – osnovni kontrolni opseg

$d$  – statička visina ploče ( $d = 32\text{cm}$ )

$$u_i = (2 \cdot 2d + c) \cdot \pi = (2 \cdot 2 \cdot 32 + 50) \cdot \pi = 558,92 \text{ cm}$$

$$U_{Ed} = 1,4 \cdot \frac{100,53}{558,92 \cdot 32} = 0,0079 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 0,079 \text{ MPa}$$



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

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

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

$$U_{Ed} = 0,079 \text{ MPa} < V_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti ploče na proboj je zadovoljen.

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

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{320}} = 1,79 < 2,0$$

Donja zona: odabrana armatura: Q - 636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

$$\rho_{ly} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{7,54}{100 \cdot 32} = 0,0023$$

Gornja zona: odabrana armatura: R - 785 + preklop 40 cm ( $A_s = 9,31 \text{ cm}^2$ )

$$\rho_{lz} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{9,31}{100 \cdot 32} = 0,0029$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} = 0,0026 \leq 0,02$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,79^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,46$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,79 \cdot (100 \cdot 0,0026 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] \geq [0,46 + 0]$$

$$V_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa} > 0,46 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,079 \text{ MPa} \leq V_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa}$$

-Nije potrebna armatura za osiguravanje od proboja.

## 11.2 Proračun stupova S2 u prizemlju

Iz modela je očitana maksimalna moment za osnovnu kombinaciju, bez obzira je li on u X ili Y smjeru i njegova pripadna uzdužna sila. Nakon toga je očitana maksimalna uzdužna sila i njen pripadni moment. Ista stvar je napravljena i za potresnu kombinaciju. Utjecaj vitkosti stupova obuhvaćen je inženjerskom metodom povećanja momenta. Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe.

Rezultati reznih sila za svaki pojedini tip stupa, proračunati računalnom programom SciaEngineer 18.1, prikazani su u nastavku. Dijagram nosivosti betonskog presjeka s odabranom armaturom dobiven je pomoću računalnog programa Aspalathos Section Design.

Povećanje momenta zbog vitkosti stupa provedeno je približnim postupkom prema EC-2:

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

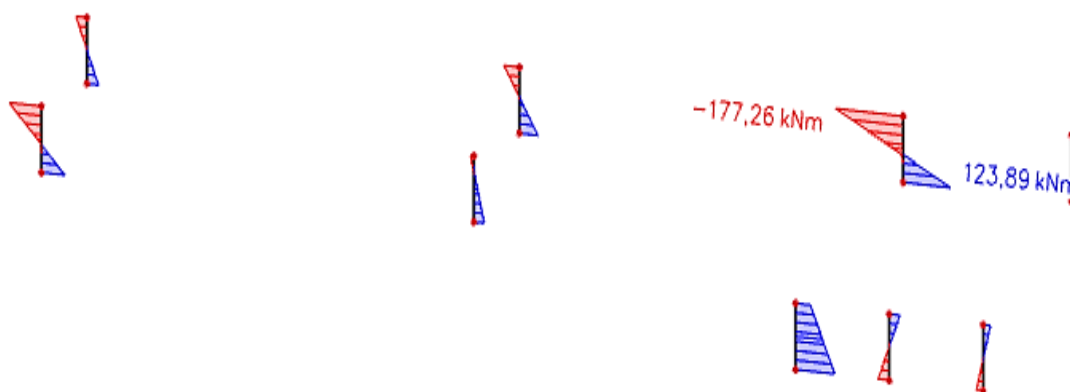
Mjerodavne rezne sile su očitane iz modela i dimenzioniranje je izvršeno za najkritičnije rezne sile.

### 11.2.1 Proračun stupova S2 na moment savijanja i uzdužnu silu

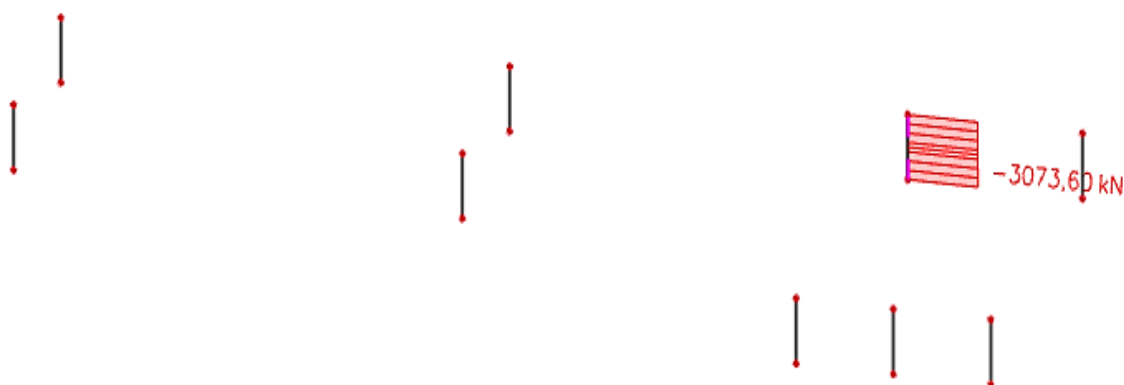
Stupovi S2 u prizemlju su predviđeni kao klasično armirano-betonski elementi. Stupovi S2 su kružnog poprečnog presjeka  $\varnothing$  50 cm. Svijetla visina im iznosi 3,0 m.

Stupovi se izvedu kao monolitni elementi lijevani u kružnoj oplati na licu mjesta. Za sve stupove predviđen je beton C 30/37 te armatura B500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3,0 cm.

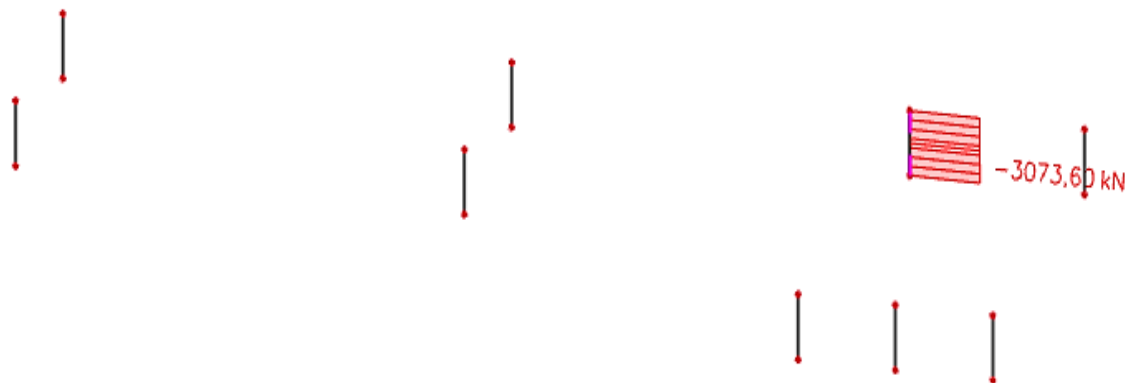
Rezne sile na stupovima očitane su iz numeričkog modela koji je prikazan u priložima. Ujedno su izračunate računске sile od više kombinacija opterećenja.



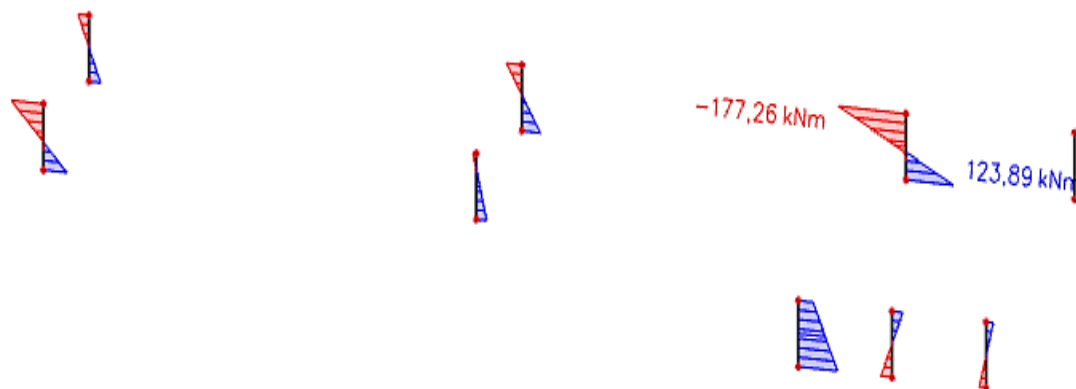
Slika 11.14.. Prikaz maksimalnog momenta savijanja za kombinaciju CO1



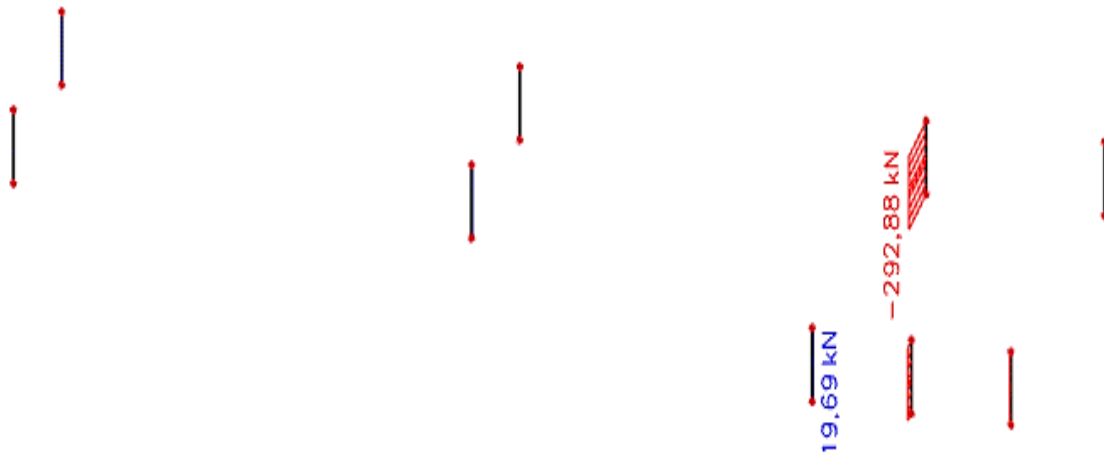
Slika 11.14.. Prikaz pripadajuće uzdužne sile za kombinaciju CO1



Slika 11.15.. Prikaz maksimalne uzdužne sile za kombinaciju CO1



Slika 11.16. Prikaz pripadajućeg momenta savijanja za kombinaciju CO1



Slika 11.17. Prikaz maksimalne poprečne sile za kombinaciju CO1

Klasa betona: C30/37

Naprezanja u betonu ograničavamo na 45 % tlačne čvrstoće betona.

$$\sigma_{\text{doz}} = f_{\text{cd}} = 0,45 \cdot f_{\text{ck}} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma} = \frac{3073,6 \text{ kN}}{13,5 \cdot 1000 \text{ kPa}} = 0,23 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{0,23} = 0,48 \text{ m} = 48 \text{ cm}$$

odabrano:  $a = 50 \text{ cm}$

Postupak povećanja početnog momenta savijanja

-Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment savijanja

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{MPa}$$

$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 * 3,0 = 4,2 \text{m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,2^2} = 8992,31 \text{kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 3073,6}{8992,31}} = 2,05$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 2,05 \cdot 177,26 \text{kNm} = 363,38 \text{kNm}$$

-Maksimalni moment savijanja i pripadajuća uzdužna sila

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{MPa}$$

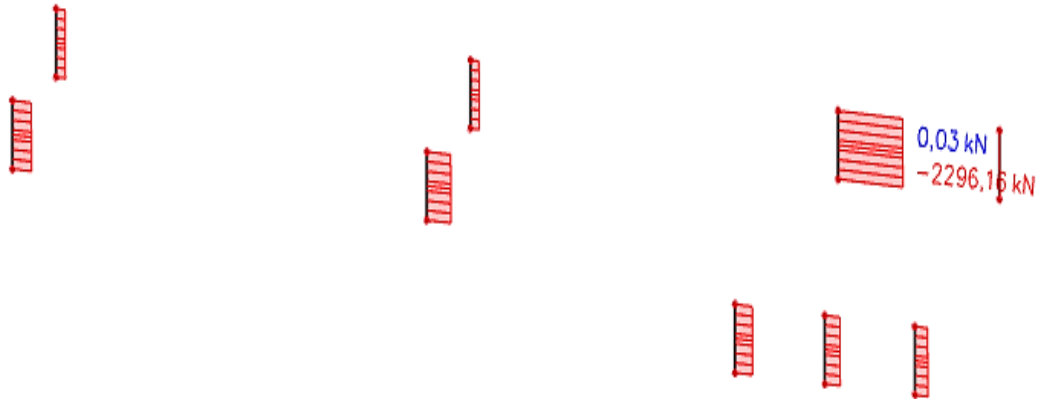
$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 * 3,0 = 4,2 \text{m}$$

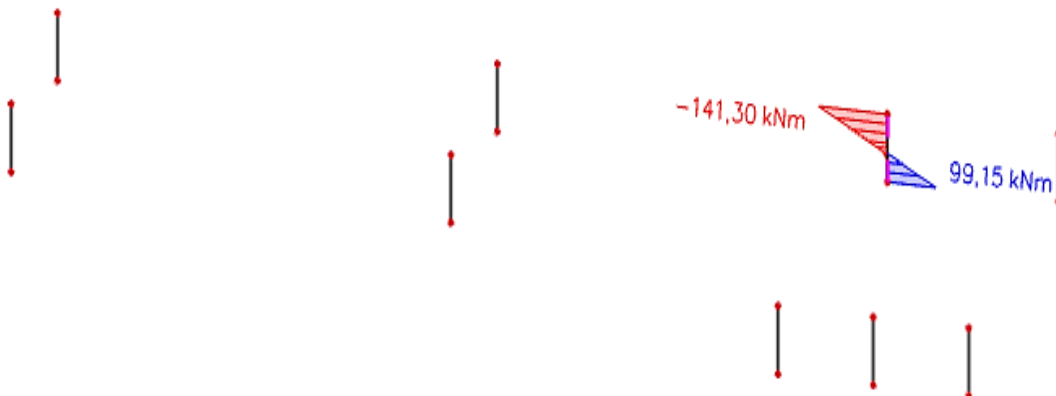
$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,2^2} = 8992,31 \text{kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 3073,6}{8992,31}} = 2,05$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 2,05 \cdot 177,26 \text{kNm} = 363,38 \text{kNm}$$

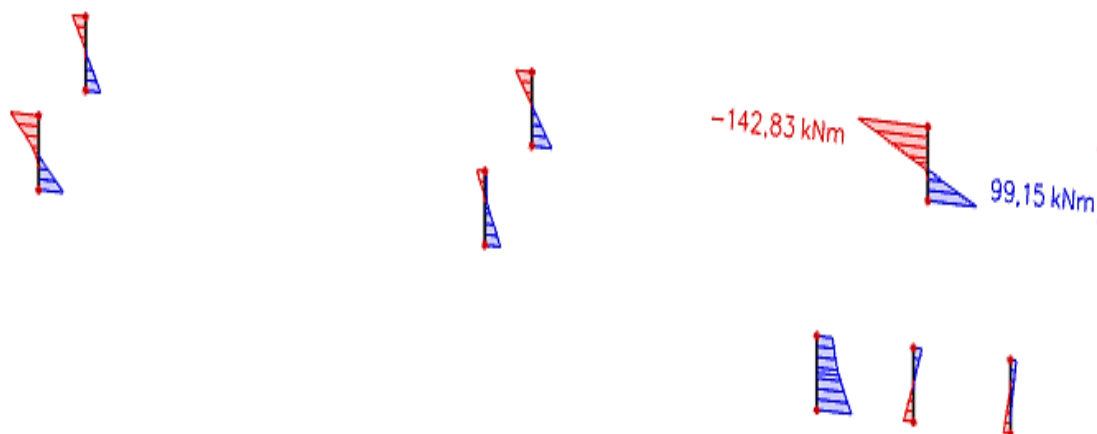
Potresna kombinacija

Slika 11.18. Prikaz maksimalne uzdužne sile za kombinaciju KSx

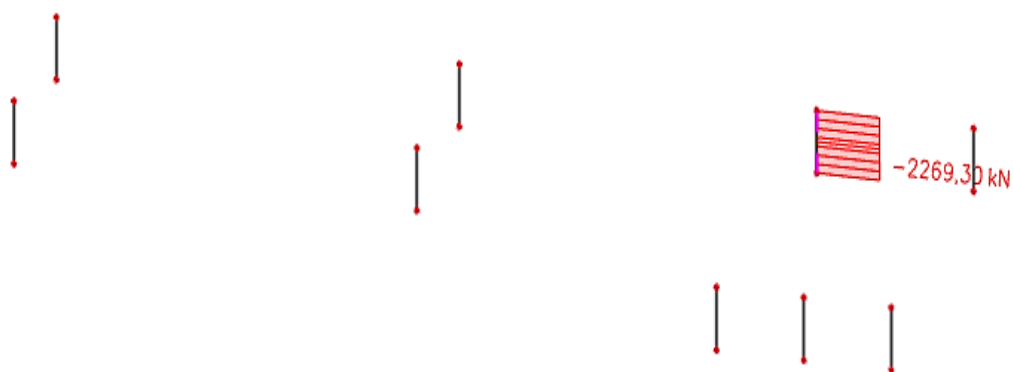


Slika 11.19. Prikaz pripadajućeg momenta savijanja za kombinaciju KSx

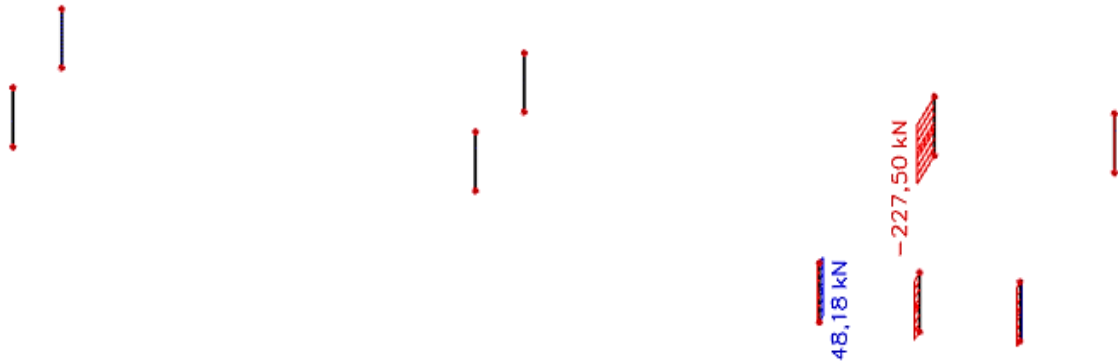




Slika 11.20. Prikaz maksimalnog momenta savijanja za kombinaciju KSy



Slika 11.21. Prikaz pripadajuće uzdužne sile za kombinaciju KSy



Slika 11.22.. Prikaz maksimalne poprečne sile za kombinaciju KSy

Postupak povećanja početnog momenta savijanja za potresnu kombinaciju

-Maksimalna uzdužna sila i pripadajući moment savijanja

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{ m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,2^2} = 8992,31 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 2269,30}{8992,31}} = 1,61$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 1,61 \cdot 142,83 \text{ kNm} = 229,96 \text{ kNm}$$

-Maksimalni moment savijanja i pripadajuća uzdužna sila

$$M_{rac} = \psi \cdot M \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

$$E_\phi = \frac{E}{\phi} = \frac{32800}{1+1} = 16400 \text{MPa}$$

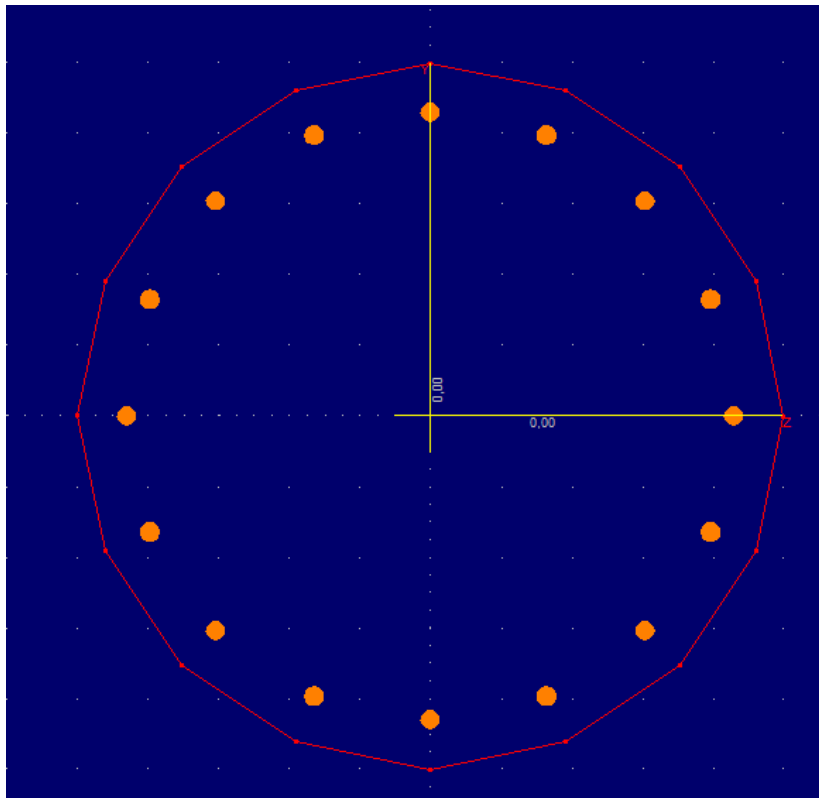
$$I = \frac{d^4}{64} = \frac{0,5^4}{64} = 0,00098 \text{m}^4$$

$$\ell_i = 1,4 \cdot 3,0 = 4,2 \text{m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2} = \pi^2 \frac{16400 \cdot 0,00098}{4,2^2} = 8992,31 \text{kN}$$

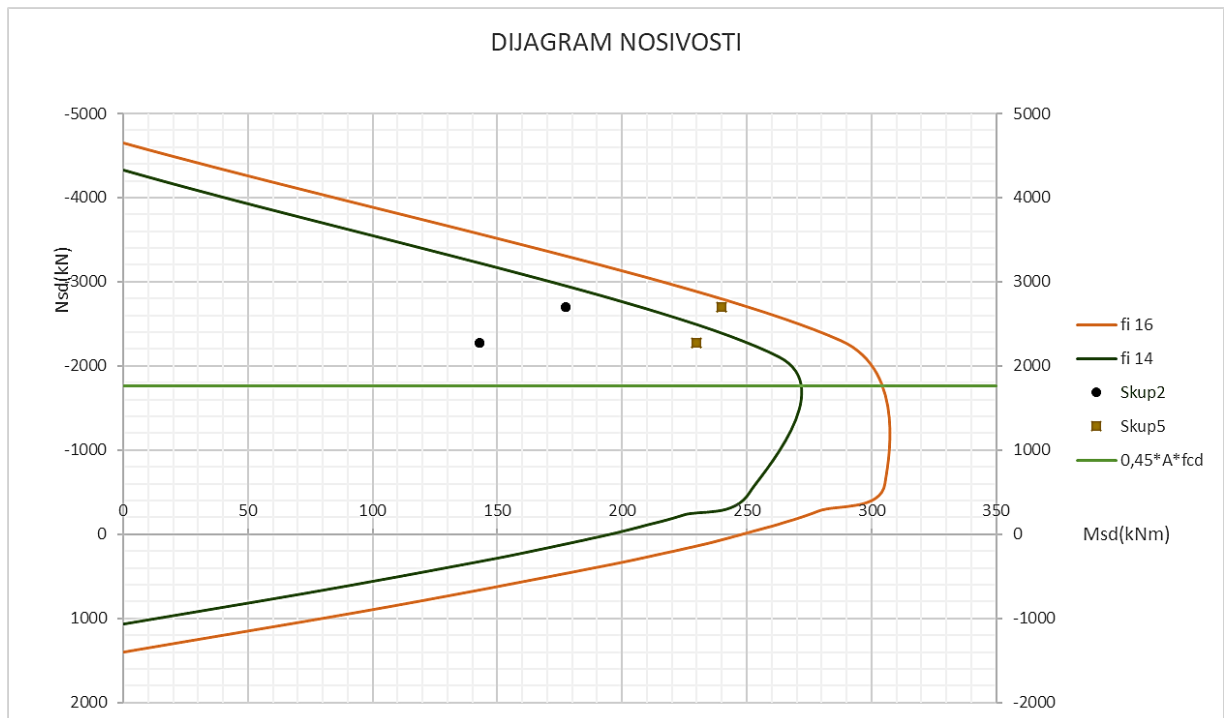
$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1,5 \cdot 2269,30}{8992,31}} = 1,61$$

$$M_{rac} = \psi \cdot M = 1,61 \cdot 142,83 \text{kNm} = 229,96 \text{kNm}$$



Slika 11.23. Poprečni presjek s armaturom (Aspalathos Section Design)

Stupovi prizemlje (Ø50 cm)							
Osnovna kombinacija				Potresna kombinacija			
M <sub>max</sub> (kNm)	N <sub>prip</sub> (kN)	N <sub>max</sub> (kN)	M <sub>prip</sub> (kNm)	M <sub>max</sub> (kNm)	N <sub>prip</sub> (kN)	N <sub>max</sub> (kN)	M <sub>prip</sub> (kNm)
363,38	-3073,6	-3073,6	363,38	229,96	-2269,3	-2269,3	229,96



Slika 11.24. Dijagram nosivosti stupa S3

$$A_{S,min} = 0,1\% \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot \left( \frac{50^2 \cdot \pi}{4} \right) = 1,9625 \text{ cm}^2$$

$$A_{S,max} = 2,0\% \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot \left( \frac{50^2 \cdot \pi}{4} \right) = 39,25 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 16 Ø 16 (A<sub>s</sub>=32,16 cm<sup>2</sup>)

### 11.2.2 Proračun stupa S2 na poprečnu silu

$$V_{Sd} = 292,88 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 3073,60 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Rd,c} = \left[ c_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

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

$$d = h - d_1 = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{3073,60}{1962,5} = 1,57 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sum A_s = 16\Phi 16 = 32,16 \text{ cm}^2 \quad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{32,16}{1962,5} = 0,016$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,012 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,16 \right] \cdot 500 \cdot 450 = 154283,90 \text{ N} = 154,28 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{200} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{200} \right] = 0,51$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,51 \cdot 20 \cdot 500 \cdot 450 = 1147500 \text{ N} = 1147,5 \text{ kN}$$

Poprečna armatura:

$$V_{Sd} / V_{Rd,max} = 292,88 / 1147,5 \approx 0,25 \Rightarrow V_{Ed} = 0,25 \cdot V_{Rd,2}$$

Razmak poprečne armature:

$$S_{w,max} = \min \begin{cases} 0,6 \cdot d = 0,6 \cdot 45 = 27 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow S_w = 27 \text{ cm}$$

**Odabrane vilice za donju trećinu stupa:**  $\phi 10/12 \text{ cm} (A_s = 0,79 \text{ cm}^2)$

Ukupna nosivost betona i odabrane poprečne armature:

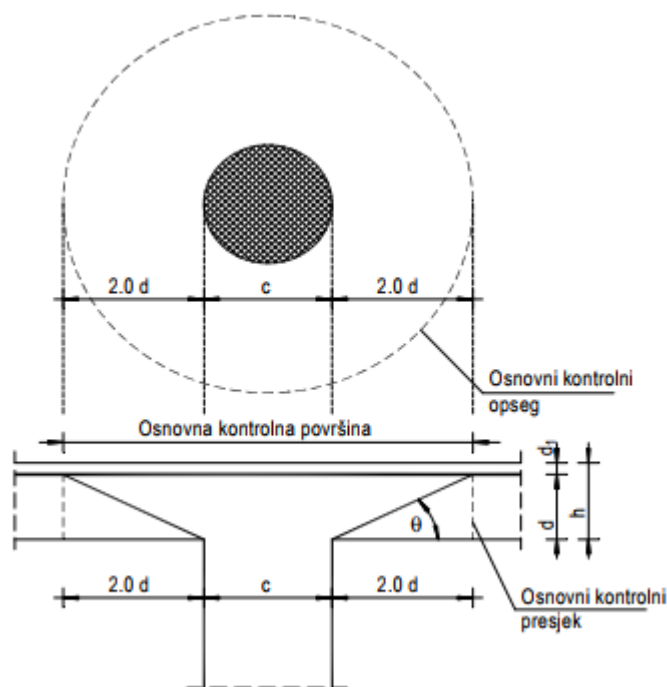
$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg} \theta = \frac{0,79}{12} \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot 39,13 \cdot 2 = 208,7 \text{ kN}$$

**Odabrane vilice za ostali dio stupa stupa:**  $\phi 10/24 \text{ cm} (A_s = 0,79 \text{ cm}^2)$

Ukupna nosivost betona i odabrane poprečne armature:

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot \text{ctg} \theta = \frac{0,79}{24} \cdot 0,9 \cdot 45 \cdot 39,13 \cdot 2 = 104,33 \text{ kN}$$

## 11.2.3 Proračun na proboj ploče iznad garaže za stup S2



Slika 11.25. Proboj ploče

Uvjet nosivosti ploče na proboj:  $U_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$

Ako je gornji uvjet nosivosti na proboj zadovoljen, potrebno je kontrolirati je li ugrađena armatura zadovoljava ili je potrebno ploču dodatno armirati na proboj.

Armatura za osiguravanje od proboj neće biti potrebna ako je zadovoljen uvjet

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

$$U_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

gdje je:

$\beta$  – korekcijski faktor kojim se uzima u obzir ekscentrično djelovanje sile proboja u odnosu na kritični presjek

$\beta = 1,15$  za unutrašnje stupove

$\beta = 1,4$  za stupove na rubu i stupove uz otvore

$\beta = 1,5$  za stupove u kutu

$V_{Ed}$  – maksimalna poprečna sila u kritičnom opsegu ( $V_{Ed} = 100,53 \text{ kN}$ )

$u_i$  – osnovni kontrolni opseg

$d$  – statička visina ploče ( $d = 32 \text{ cm}$ )

$$u_i = (2 \cdot 2d + c) \cdot \pi = (2 \cdot 2 \cdot 32 + 50) \cdot \pi = 558,92 \text{ cm}$$

$$U_{Ed} = 1,4 \cdot \frac{292,88}{558,92 \cdot 32} = 0,023 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 0,23 \text{ MPa}$$

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

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

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

$$U_{Ed} = 0,23 \text{ MPa} < V_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa}$$

Uvjet nosivosti ploče na proboj je zadovoljen.

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

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{320}} = 1,79 < 2,0$$

Donja zona: odabrana armatura: Q - 636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

$$\rho_{ly} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{7,54}{100 \cdot 32} = 0,0023$$

Gornja zona: odabrana armatura: R - 785 + preklop 40 cm ( $A_s = 9,31 \text{ cm}^2$ )

$$\rho_{lz} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{9,31}{100 \cdot 32} = 0,0029$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} = 0,0026 \leq 0,02$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,79^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,46$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,79 \cdot (100 \cdot 0,0026 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0 \right] \geq [0,46 + 0]$$

$$V_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa} > 0,46 \text{ MPa}$$

$$U_{Ed} = 0,23 \text{ MPa} \leq V_{Rd,c} = 0,48 \text{ MPa}$$

-Nije potrebna armatura za osiguravanje od proboja.



### 11.3 Proračun karakterističnog zida zgrade

Zidovi su predviđeni kao klasično armirano-betonski elementi. Debljina zidova garaže i prizemlja je 20 cm, a debljina zidova kata je 30 cm.

Ovi zidovi imaju dvostruku ulogu: kao nosači fasade i kao ukruta građevine na potresne sile. Zidovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u dvostranoj oplati na licu mjesta. Za sve zidove predviđen je beton C 30/37 te armatura B 500B.

Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3 cm.

Rezne sile na zidovima očitane su iz numeričkog modela u računalnom programu Scia Engineer 18.1.

U nastavku su prikazane vrijednosti za uzdužnu silu ( $N_{Ed}$ ), poprečnu silu ( $V_{Ed}$ ) i moment savijanja ( $M_{Ed}$ ).

Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe. U skicama armature zidova prikazani su detalji armiranja svakog zida i svih karakterističnih spojeva.

#### 11.3.1 Proračun zidova na savijanje i uzdužnu silu

Na savijanje i uzdužnu silu stupovi su proračunati kao gredni elementi. Pri tome nije uzet u obzir povoljni utjecaj zidova koji se vezuju na njih, čime je proračun na strani sigurnosti.

Dobiveni rezultati prikazani su tablično.

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{cd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{cd}}$$

$$\zeta \approx 0.892$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{sds}^* b d^2 f_{cd} = 0.159 \cdot b d^2 f_{cd}$$

### 11.3.2 Proračun zidova na djelovanje poprečne sile

Svi zidovi koji se uzimaju u obzir za prijenos horizontalnog opterećenja mogu se smatrati da su vitki zidovi.

Kritično područje:

$$h_{cr} \leq 2h_s = 5,94 \text{ m}$$

Za svaki zid vrijedi:

$$V'_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed,i}$$

$V'_{Ed}$  - korigirana poprečna sila

$V_{Ed,i}$  - računaska poprečna sila (iz proračuna)

$\varepsilon$  - korekcijski koeficijent  $\varepsilon \leq q$ , radi jednostavnosti usvaja se  $\varepsilon = q = 2,4$

Minimalna armatura u zidovima:

$$A_{s,min} = 0,2\% \cdot 30,0 \cdot 100 = 6,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

tj. zidove za koje ne treba računaska armatura armirati s Q-283 obostrano.

$$A_s = 2 \cdot 2,83 = 5,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Nosivost zidova na poprečne sile (s minimalnom armaturom)

Slom tlačne dijagonale

U kritičnom području:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z$$

Van kritičnog područja:

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

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

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

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$z \approx 0,9 \cdot d$$

Slom vlačne dijagonale

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w}$$

Ako je  $\alpha_s \leq 1.3$  tada zidovi nose izrazito posmično i potrebno je da:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd3} = [\rho_h \cdot f_{ywd} \cdot (\alpha_s - 0,3) + \rho_v \cdot f_{ywd} \cdot (1,3 - \alpha_s)] \cdot b_w \cdot z$$

$$\rho_h = \rho_v = \frac{A_s}{A_c}$$

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

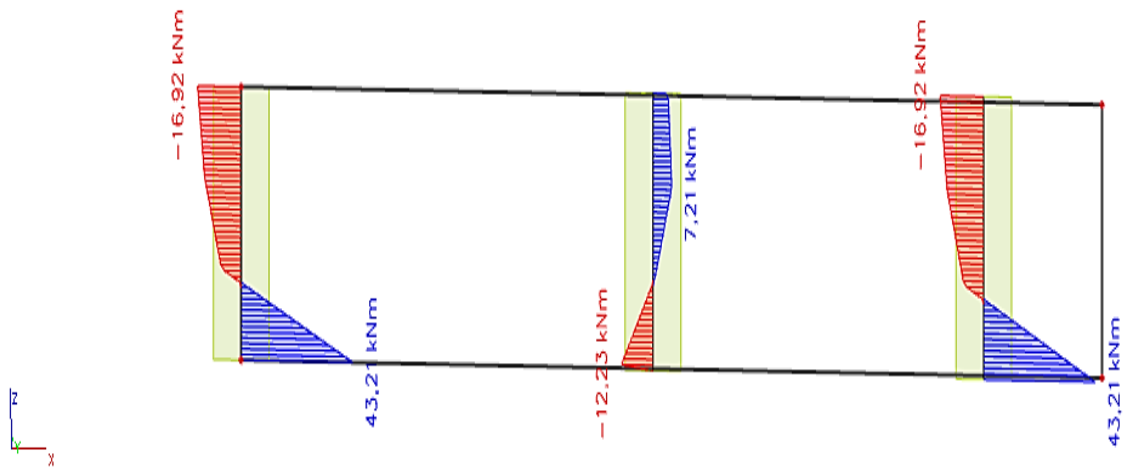
$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$z \approx 0,9 \cdot d$$

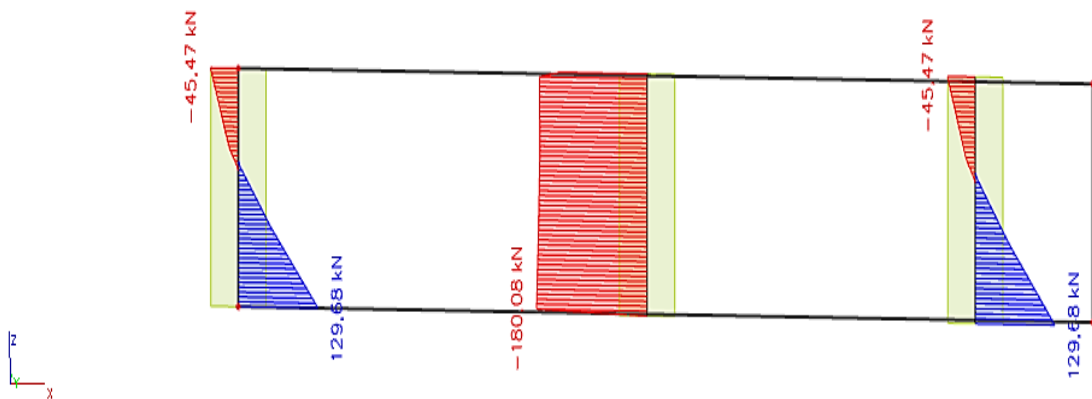
NAPOMENA: Skica i način armiranja zidova prikazani su u grafičkim priložima.

### 11.3.3 Rezultati proračuna karakterističnog zida zgrade

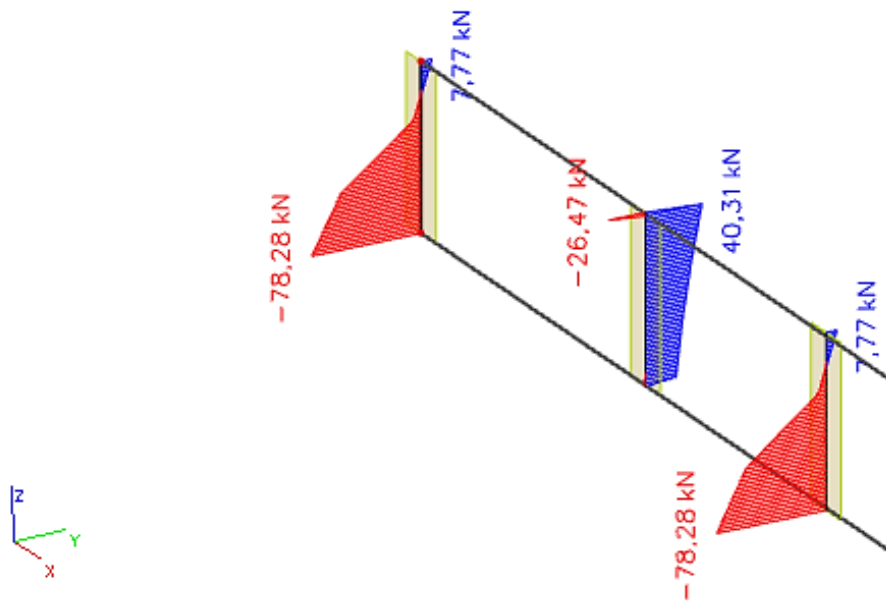
Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore stupovi i zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju osnovnu kombinaciju i za seizmičku kombinaciju u smjeru zida. Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



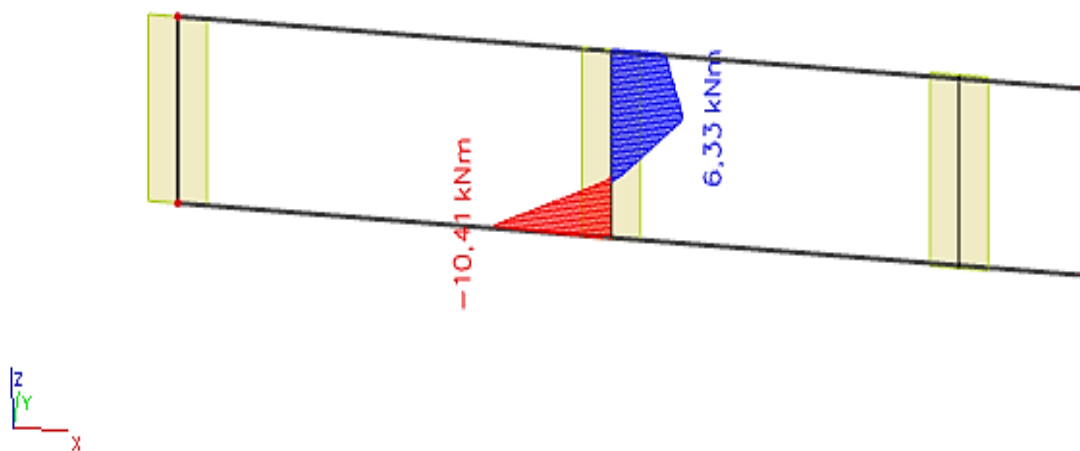
Slika 11.26. Maksimalni moment za osnovnu kombinaciju



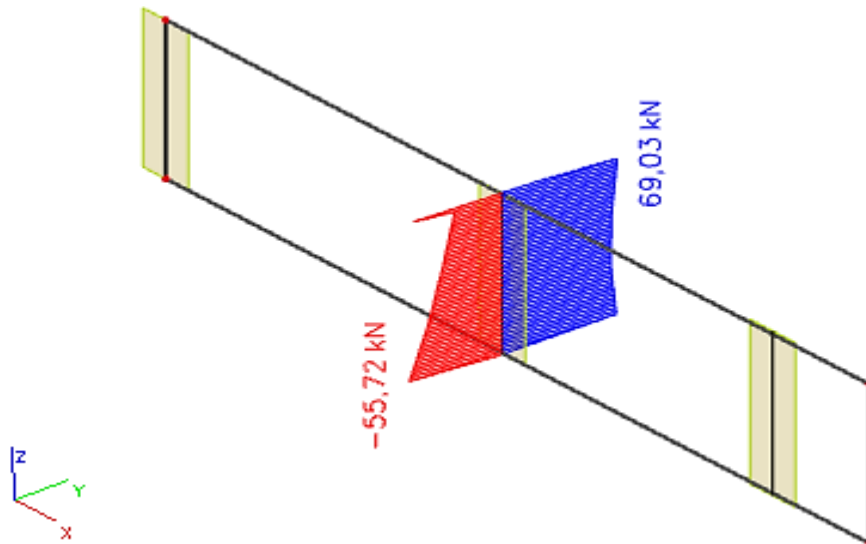
Slika 11.27. Maksimalna uzdužna sila za osnovnu kombinaciju



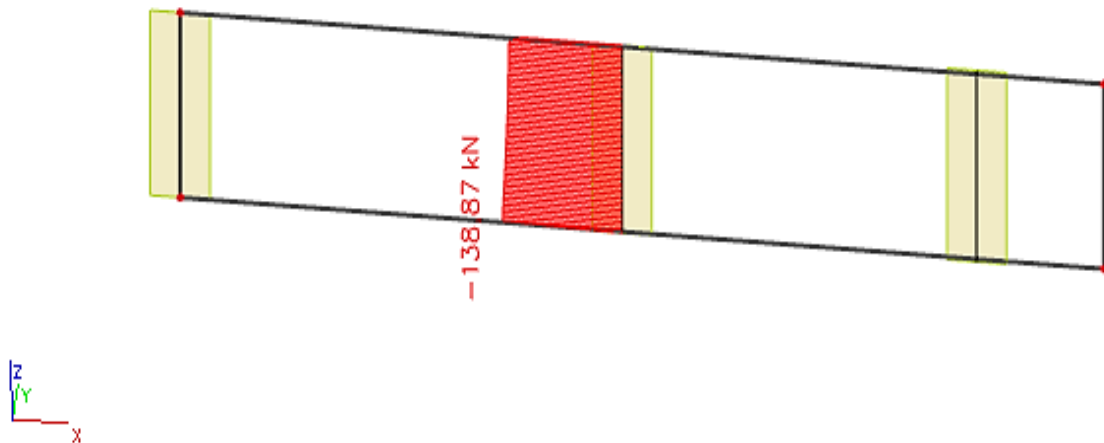
Slika 11.27. Maksimalna poprečna sila za osnovnu kombinaciju



Slika 11.28. Maksimalni moment savijanja za seizmičku kombinaciju



Slika 11.29. Maksimalna poprečna sila za seizmičku kombinaciju



Slika 11.30. Maksimalna uzdužna sila za seizmičku kombinaciju

### 11.3.4 Proračun seizmičkog zida

Geometrijske karakteristike zida:

$h_s$  - visina etaže  $h_s=297$  cm

$b_w$  - debljina zida  $b_w=30$  cm

$l_w$  - duljina zida  $l_w=1545$  cm

$h_w$  - visina zida  $h_w=297$  cm

$n$  - broj etaža  $n=6$

$d_1=3$  cm

$d=1539$  cm

DUKTILNOST: DCM- srednja duktilnost (vitki zidovi  $(h_s/l_w)>2$ )

FAKTOR PONAŠANJA  $q=3,5$

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$   $l_{c0} = 45$  cm

Uvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$   $b_{w0} \geq 14,85$  cm

Vitkost zida:  $h_w/l_w=0,2 < 2$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$   $h_{cr} = 1545$  cm

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C30/37	
$f_{ck} =$	30	MPa
$f_{cd} =$	20,0	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

Tip:	B 500B	
$f_{yk} =$	500	MPa
$f_{yd} =$	434,78	MPa

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

$g_c =$	1,50
$g_s =$	1,15

**11.3.4.1 Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment**

$$M_{Ed} = 43,21 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 180,08 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 78,28 \text{ kN}$$

$$b = 30 \text{ cm} ; d = 1539 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{231.75; 45\} = 45 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 43,21 + 180,08 \cdot \left(15,39 - \frac{2,97}{2}\right) = 2547,22 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,30 \cdot 15,39^2 \cdot 20000 = 225956,90 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2547,22 \cdot 100}{30 \cdot 1539^2 \cdot 2,0} = 0,0018$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0,2\text{‰}; \xi = 0,02; \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{2547,22 \cdot 100}{0,993 \cdot 1539 \cdot 43,48} - \frac{180,08}{43,48} = -0,31 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 30 \cdot 1539 = 69,26 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 12 Ø28 ( $A_s = 73,89 \text{ cm}^2$ )



### 11.3.4.2 Proračun armature na poprečnu silu

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{Ed}$$

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}}{q \cdot M_{Ed}} + 0,1 \cdot \left( \frac{s_e(T_c)}{s_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Kako gornji izraz mora biti manji od  $q$  zbog jednostavnosti uzimamo  $\varepsilon = q = 2,4$

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 78,28 = 187,87 \text{ kN}$$

C 30/37  $f_{ck}=30 \text{ MPa}$

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

#### Lom tlačne dijagonale u zidu

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{u kritičnoj zoni} \\ 0,5 \cdot (0,7 - f_{ck} / 200) \cdot f_{cd} \cdot b_{w0} \cdot z & \text{van kritične zone} \end{cases}$$

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1539 = 22937,26 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,0/200) \cdot 2,0 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1539 = 28671,57 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 187,87 \text{ kN} \leq V_{Rd2} (22937,26; 28671,57) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

#### Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 43,21 / (187,87 \cdot 15,45) = 0,015$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

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

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

Nosivost betona

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd}=0$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1.2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

$V_{cd}$  – prema izrazu za poprečnu silu van kritičnog područja

Minimalna armatura:  $A_{z,min} = 0.15\% \cdot d \cdot 100$

Zid debljine 30 cm :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 30 \cdot 100 = 4,5cm^2$

**Odabrano:** Q-385 obostrano ( $\emptyset 10/15$  cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{30 \cdot 100} = 0,0026$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yw,d} \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,0026 \cdot 43,48 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1539 = 4697,48 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b \cdot 0,9 \cdot d$$

$$V_{cd} = 0,34 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,0026) \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1539 = 18422,94 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 18422,94 + 4697,48 = 23120,42 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 187,87 \text{ kN} < V_{Rd3} = 23120,42 \text{ kN}$$

-Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### 11.4 Proračun karakterističnog zida garaže

Obodni zidovi u podzemnoj garaži dominantno su opterećeni aktivnim tlakom tla. Opterećen je aktivnim tlakom tla ( $p_a$ ), te dodatnim tlakom ( $p_0$ ).

Koeficijent tlaka mirovanja :  $K_0 = 0,4$

Horizontalni bočni tlak:  $\sigma_h = e_0 = \sigma_v \cdot K_0$

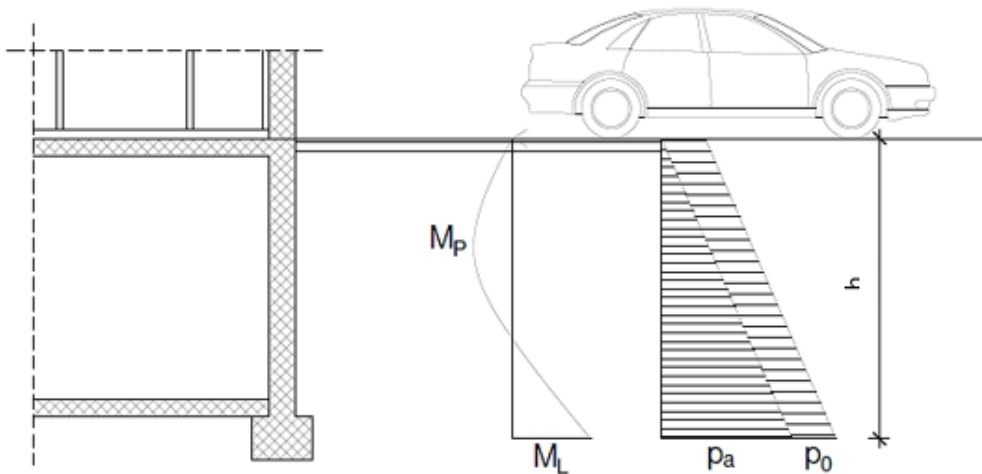
Dodatni tlak :  $p_0 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Visina zida:  $h = 3,27 \text{ m}$

Specifična težina tla :  $\gamma_{zem} = 19,0 \text{ kN/m}^2$

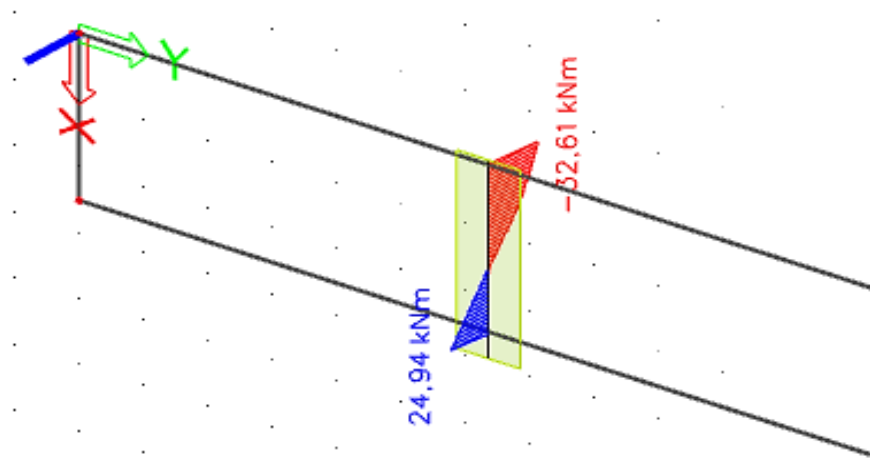
$$p_a = \gamma_{zem} \cdot h \cdot K_0 = 19,0 \cdot 3,27 \cdot 0,4 = 24,852 \text{ kN/m}^2$$

$$p_a + p_0 = 24,852 + 2,0 = 26,852 \text{ kN/m}^2$$

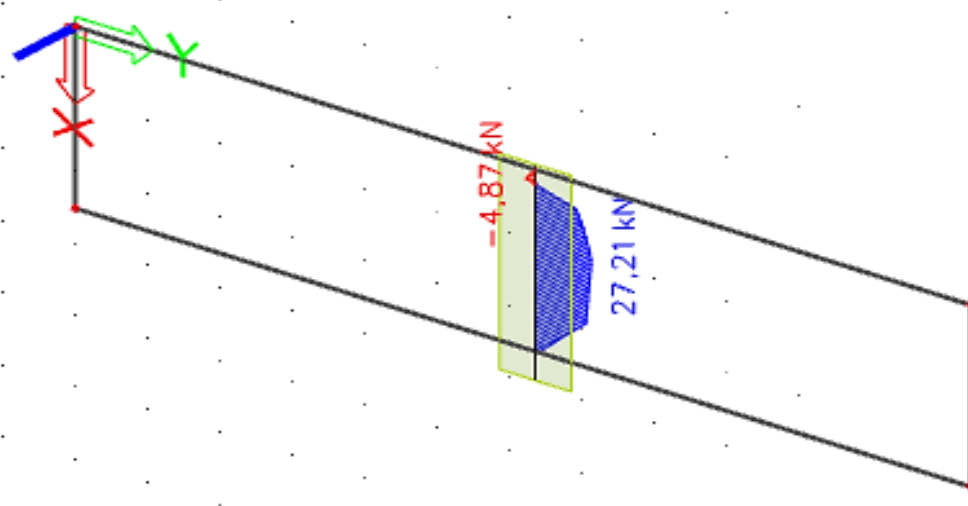


Slika 11.31. Skica opterećenja obodnog zida garaže

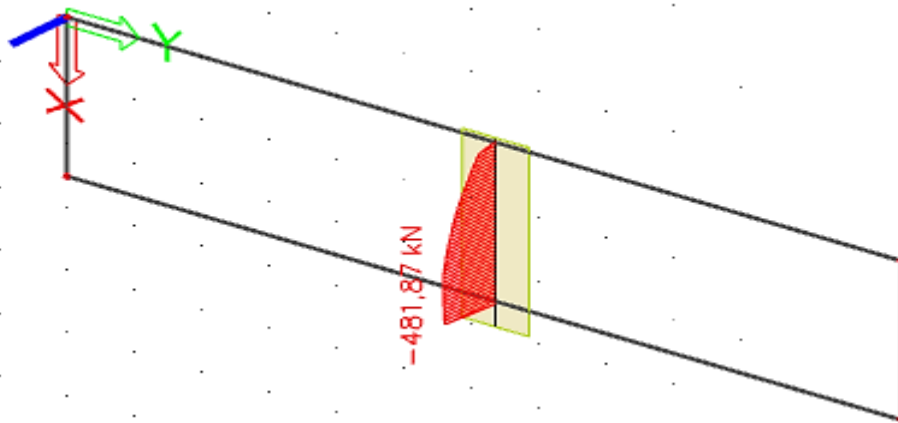
Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 11.32. Maksimalni moment savijanja za kombinaciju  $1,35(g+dg)+1,5q+1,5(p_o+p_a)$



Slika 11.33. Maksimalna poprečna sila za kombinaciju  $1,35(g+dg)+1,5q+1,5(p_o+p_a)$

Slika 11.34. Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35(g+dg)+1,5q+1,5(\rho_o+\rho_a)$ 

#### 11.4.1 Dimenzioniranje na moment savijanja

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

$$B\ 500\ B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78\ MPa ; f_{yd} = 43,5 \frac{kN}{cm^2}$$

$$b = 100\text{cm} , h = 20\text{cm} , d = 17\text{cm}$$

##### Vanjska strana zida

$$M_{Ed} = 32,61\text{kNm}$$

$$N_{Ed} = 481,87\text{kN}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{32,61 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,056$$

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

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{32,61 \cdot 100}{0,953 \cdot 17 \cdot 43,5} = 4,63\text{cm}^2$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 20 = 2,0\text{cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 20 = 40\text{cm}^2$$

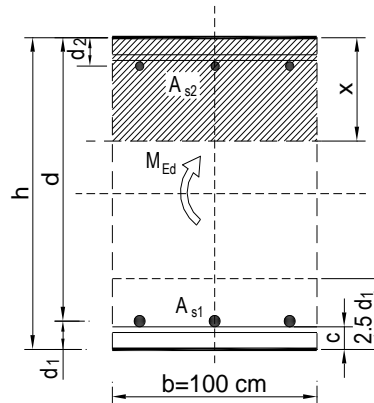
Odabrana armatura: Q-503 ( $A_s = 5,03\text{cm}^2$ )

### 11.4.2 Kontrola pukotina

Maksimalna vrijednost momenta u polju za mjerodavnu kombinaciju iznosi  $M_{Ed,max}=32,61$  kNm.

Odabrana armatura: Q -503 ( $A_s = 5,03$  cm<sup>2</sup>)

$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	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
$M_{Ed} =$	32,6 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	404,66 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,94 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0067		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,001124	$< 0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,001214		
$\varnothing =$	8,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	304,78 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,280 mm	$<$	$w_g$		



-Odabrana armatura zadovoljava uvjet dozvoljene širine pukotina.

### 11.4.3 Dimenzioniranje na moment savijanja

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

$$B 500 B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78 \text{ MPa}; f_{yd} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$b = 100 \text{ cm}, h = 20 \text{ cm}, d = 17 \text{ cm}$$

#### Unutarnja strana zida

$$M_{Ed} = 24,94 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 481,87 \text{ kN}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{24,94 \cdot 100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,043$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,94 \cdot 100}{0,959 \cdot 17 \cdot 43,5} = 3,52 \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 20 = 2,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 20 = 40 \text{ cm}^2$$

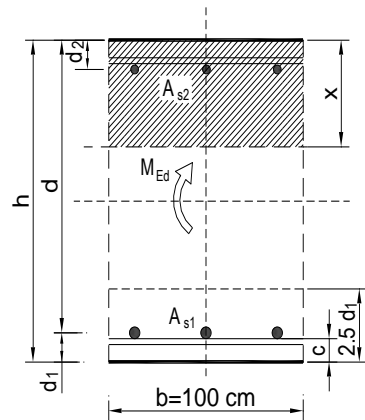
Odabrana armatura: Q -385 ( $A_s = 3,85 \text{ cm}^2$ )

### 11.4.4 Kontrola pukotina

Maksimalna vrijednost momenta u polju za mjerodavnu kombinaciju iznosi  $M_{Ed,max}=24,94$  kNm.

Odabrana armatura: Q -385 ( $A_s = 3,85\text{cm}^2$ )

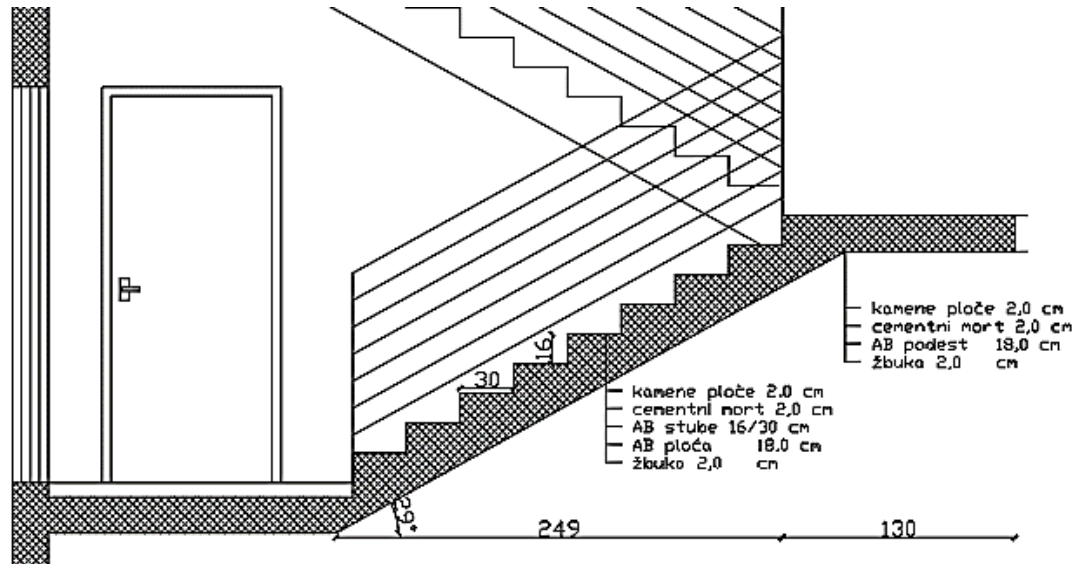
$b =$	100,0 cm	$d =$	17,0 cm	$h =$	20,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,85 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_g = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	24,9 kNm	$k_1 =$	0,40		
$\sigma_s =$	401,53 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,60 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0051		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000844 <	$0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,001205		
$\emptyset =$	7,0 mm	$c =$	3,00 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	333,82 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,254 mm <				



-Odabrana armatura rubno zadovoljava uvjet dozvoljene širine pukotina.



## 12 DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA



Slika 12.1.. Detalj stubišta

### 12.1 Opterećenja

-vlastita težina

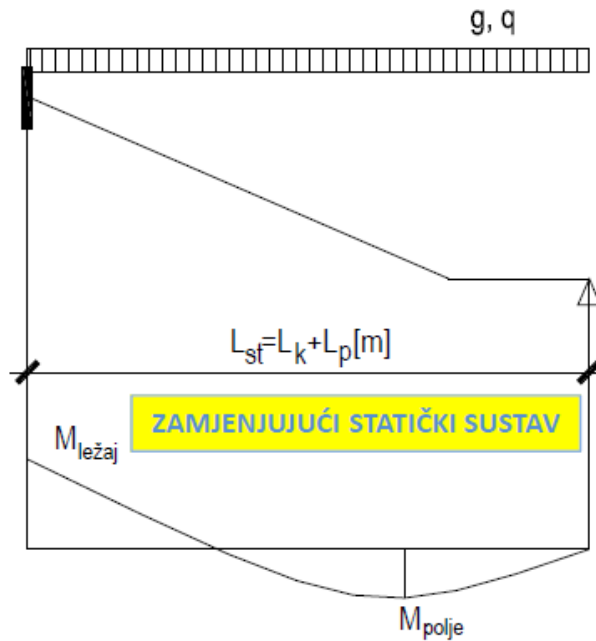
Napomena: Iako je vlastita težina podesta nešto manja od vlastite težine stubišnog kraka, za potrebe proračuna usvojena je vlastita težina stubišnog kraka na cijeloj duljini statičkog sustava.

$$g = 0,15 \cdot \left( \frac{1}{\cos 29} \right) \cdot 25 = 4,29 \text{ kN/m}^2$$

-dodatno stalno opterećenje  $\Delta g = 2,0 \text{ kN/m}^2$

-korisno (pokretno) opterećenje  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

## Statički sustav



Slika 12.2.. Statički sustav

Polje:

$$M_g = \frac{(g + \Delta g) \cdot l^2}{14} = \frac{(4,29 + 2,0) \cdot 3,79^2}{14} = 6,45 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{q \cdot l^2}{14} = \frac{3,0 \cdot 3,79^2}{14} = 3,08 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1,35 \cdot M_g + 1,50 \cdot M_q = 1,35 \cdot 6,45 + 1,50 \cdot 3,08 = 13,33 \text{ kNm}$$

Ležaj:

$$M_g = -\frac{(g + \Delta g) \cdot l^2}{8} = -\frac{(4,29 + 2,0) \cdot 3,79^2}{8} = -11,29 \text{ kNm}$$

$$M_q = -\frac{q \cdot l^2}{8} = -\frac{3,0 \cdot 3,79^2}{8} = -5,39 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1,35 \cdot M_g + 1,50 \cdot M_q = 1,35 \cdot 11,29 + 1,50 \cdot 5,39 = 23,33 \text{ kNm}$$

## 12.2 Dimenzioniranje na moment savijanja

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

$$B 500 B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1,5} = 434,78 \text{ MPa}; f_{yd} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$b = 100 \text{ cm}, h = 18 \text{ cm}, d = 15 \text{ cm}$$

Polje:

$$M_{Ed} = 13,33 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13,33 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,03$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰}, \quad \zeta = 0,968 \quad \xi = 0,091$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13,33 \cdot 100}{0,968 \cdot 15 \cdot 43,5} = 2,11 \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 18 = 1,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 18 = 36 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: R-257 ( $A_s = 2,57 \text{ cm}^2$ )

Ležaj:

$$M_{Ed} = 23,33 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,33 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,052$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,33 \cdot 100}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,5} = 3,74 \text{ cm}^2$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,im} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 18 = 1,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 18 = 36 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: R-424 ( $A_s = 4,24 \text{ cm}^2$ )

### **13 PRORAČUN TEMELJA**

Temelji se izvode kao klasični armirani betonski elementi.

Za sve temelje predviđen je beton klase C 30/37 te armatura B 500B.

Zaštitni sloj betona do armature iznosi 5 cm.

Rezne sile na temeljima očitane su iz numeričkog modela za mjerodavnu kombinaciju opterećenja graničnog stanja nosivosti.

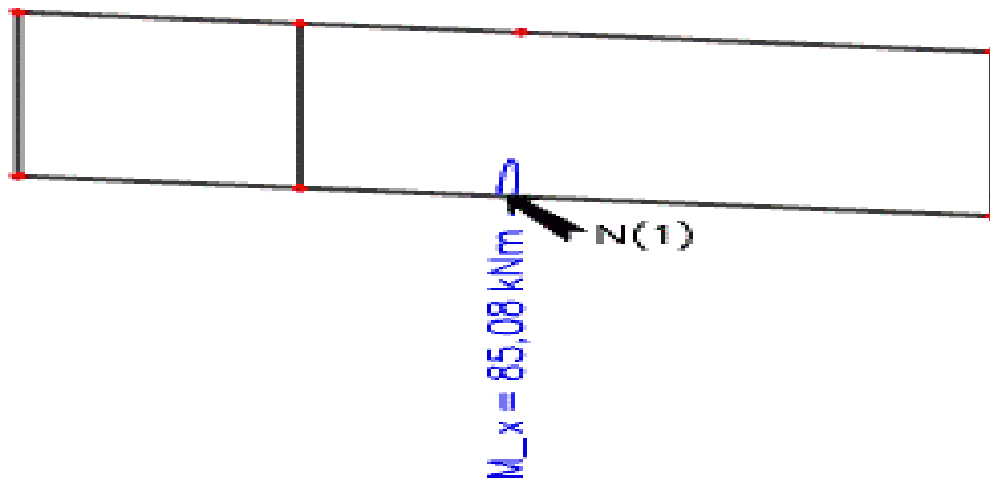
Temelji ispod unutrašnjih i vanjskih zidova su izvedeni kao temeljne trake, a temelji ispod stupova su zbog jednostavnosti izvedbe isto dimenzionirani kao temeljne trake.

Armatura je odabrana što uniformnija zbog ekonomičnosti i jednostavnosti izvedbe.

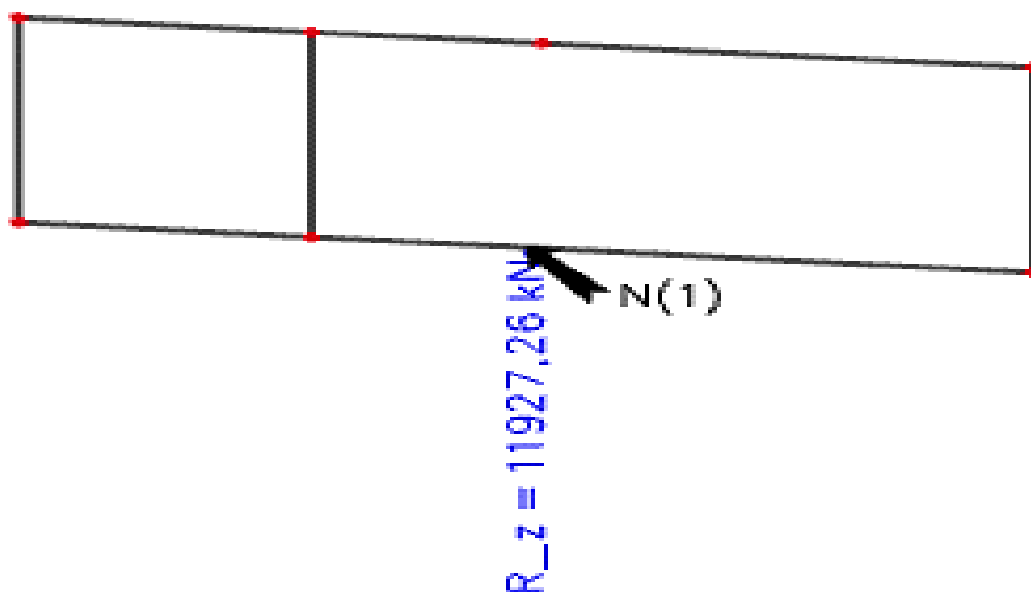
Dopušteno naprezanje u tlu iznosi  $500 \text{ kN/m}^2$ .

### 13.1 Proračun temeljne trake ispod karakterističnog zida

Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja ispod zidova promatraju se za duljinu zida od 1 m. Rezultati reznih sila za karakteristični zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 13.1. Rezultanta reakcije  $M_x$  u ležaju



Slika 13.2. Rezultanta reakcije  $R_z$  u ležaju

Odabir dimenzija temelja

-dopušteno naprezanje u tlu  $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$

-beton C30/37  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

-odabrana visina temelja  $h=0,6 \text{ m}$

-duljina temelja  $l=8,0 \text{ m}$

Maksimalno tlačno naprezanje mora biti manje od dopuštenog:

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} < \sigma_{dop}$$

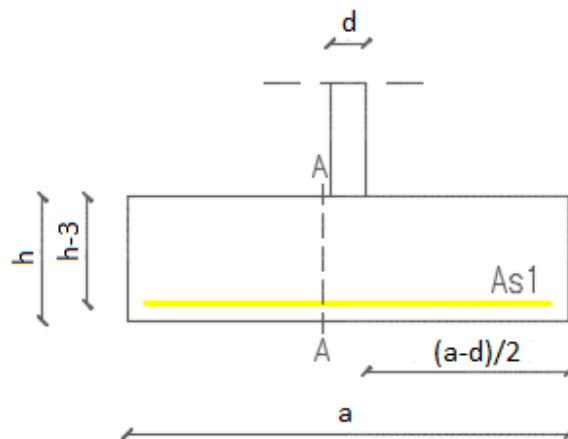
$$N_{Ed} = N + N_T = N + b \cdot h \cdot l \cdot \gamma_{bet} = 11927,26 + b \cdot 0,6 \cdot 8,0 \cdot 25,0 \\ = 11927,26 + 120b$$

$$\frac{11927,26 + 120b}{8,0 \cdot b} + \frac{85,08}{\frac{8,0 \cdot b^2}{6}} < 500$$

$$b > 3,12 \text{ m}$$

$$b_{odabrano} = 3,2 \text{ m}$$

Dimenzije trakastog temelja :  $a = 8,0 \text{ m}$   $b = 3,2 \text{ m}$   $h = 0,6 \text{ m}$



Slika 13.3. Skica dimenzija trakastog temelja ispod zida debljine 20cm

Težina temelja:

$$N_t = 8,0 \cdot 3,2 \cdot 0,6 \cdot 25 = 384 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_{max} + N_t = 11927,26 + 384 = 12311,26 \text{ kN}$$

$$W = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{8,0 \cdot 3,2^2}{6} = 13,65 \text{ m}^3$$

Maksimalno rubno naprezanje:

$$\sigma_r = 500,0 \text{ kN/m}^2$$

Naprezanje ispod temelja:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{12311,26}{25,6} \pm \frac{85,08}{13,65} = 480,91 \pm 6,23$$

$$\sigma_1 = 480,91 + 6,23 = 487,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 480,91 - 6,23 = 474,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 500 \text{ kN/m}^2$$

Ukupna sila na temelj u presjeku A-A:

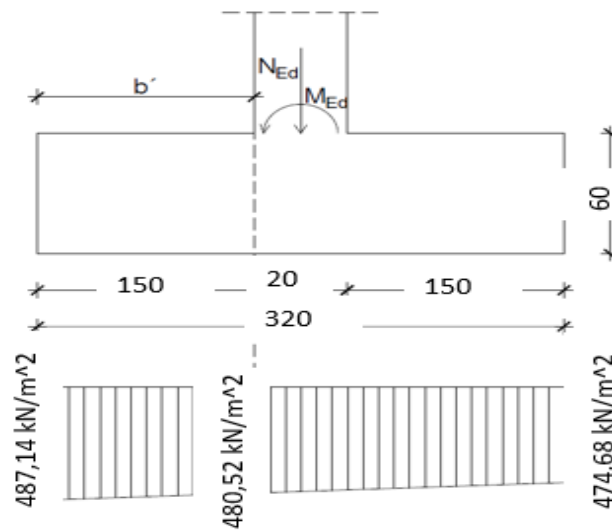
$$T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot \sigma_{max} \cdot \frac{b-b_z}{2}$$

$$T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot 487,14 \cdot \frac{3,2-0,20}{2} = 1096,07 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,A-A} = \frac{T_{Ed,A-A} \cdot \frac{b-b_z}{2}}{2}$$

$$M_{Ed,A-A} = \frac{1096,07 \cdot \frac{3,2-0,2}{2}}{2} = 822,05 \text{ kNm}$$

## 13.1.1 Dimenzioniranje na moment savijanja



Slika 13.4. Naprezanje unutar trakastog temelja

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

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

Mjerodavni moment savijanja

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} \cdot 1,0 + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2 \cdot 1,0}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 480,52 \cdot \frac{1,5^2}{2} \cdot 1,0 + (487,14 - 480,52) \cdot \frac{2 \cdot 1,5^2 \cdot 1,0}{6} = 545,55 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{545,55 \cdot 100}{800 \cdot 57^2 \cdot 2,0} = 0,010$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 0,6\text{‰}, \quad \zeta = 0,981 \quad \xi = 0,057$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{544,55 \cdot 100}{0,981 \cdot 57 \cdot 43,5} = 22,39 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 320 \cdot 60 = 19,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 320 \cdot 60 = 384 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura : 2xQ-785 +preklop 40 cm(  $A_s = 18,62 \text{ cm}^2/\text{m}$  )+ 8Ø12( $A_s=9,04 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

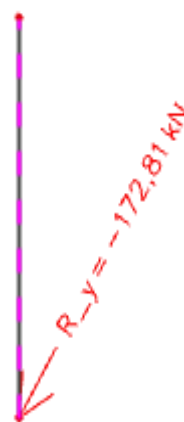


### 13.2 Proračun temeljne trake ispod stupa

Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja ispod stupova odabrane su za karakteristični stup. Rezultati reznih sila za karakteristični stup proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 13.5. Rezultanta reakcije  $M_x$  u ležaju



Slika 13.6. Rezultanta reakcije  $R_y$  u ležaju



Slika 13.7. Rezultanta reakcije  $R_z$  u ležaju

Odabir dimenzija temelja

-dopušteno naprezanje u tlu  $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$

-beton C30/37  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

-odabrana visina temelja  $h=0,6 \text{ m}$

-duljina temelja  $l=31,825 \text{ m}$

Maksimalno tlačno naprezanje mora biti manje od dopuštenog:

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} < \sigma_{dop}$$

$$N_{Ed} = N + N_T = N + b \cdot h \cdot l \cdot \gamma_{bet} = 4380,37 + b \cdot 0,6 \cdot 31,825 \cdot 25,0$$

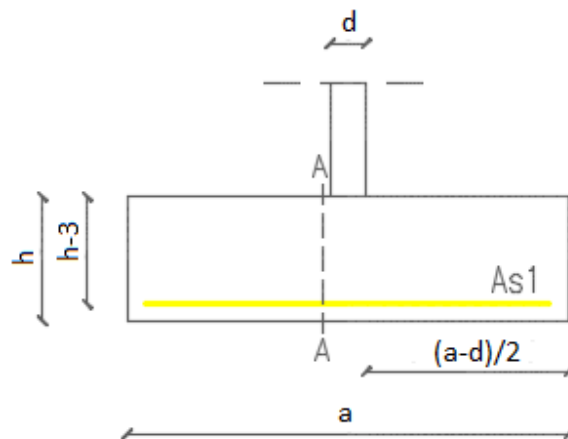
$$= 4380,37 + 477,38b$$

$$\frac{4380,37 + 477,38b}{31,825 \cdot b} + \frac{137,88}{\frac{31,825 \cdot b^2}{6}} < 500$$

$$b > 0,41 \text{ m}$$

$$b_{odabrano} = 1 \text{ m (zbog dimenzija stupa } \varnothing 50 \text{ cm)}$$

Dimenzije trakastog temelja :  $a = 31,825 \text{ m}$   $b = 1 \text{ m}$   $h = 0,6 \text{ m}$



Slika 13.8. Skica dimenzija trakastog temelja ispod zida debljine 20cm

Težina temelja:

$$N_t = 31,825 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 25 = 477,38 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_{max} + N_t = 4380,37 + 477,38 = 4857,75 \text{ kN}$$

$$W = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{31,825 \cdot 1,0^2}{6} = 5,30 \text{ m}^3$$

Maksimalno rubno naprezanje:

$$\sigma_r = 500,0 \text{ kN/m}^2$$

Naprezanje ispod temelja:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{4857,75}{31,825} \pm \frac{137,88}{5,3} = 152,64 \pm 26,02$$

$$\sigma_1 = 152,64 + 26,02 = 178,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 500 \text{ kN/m}^2$$

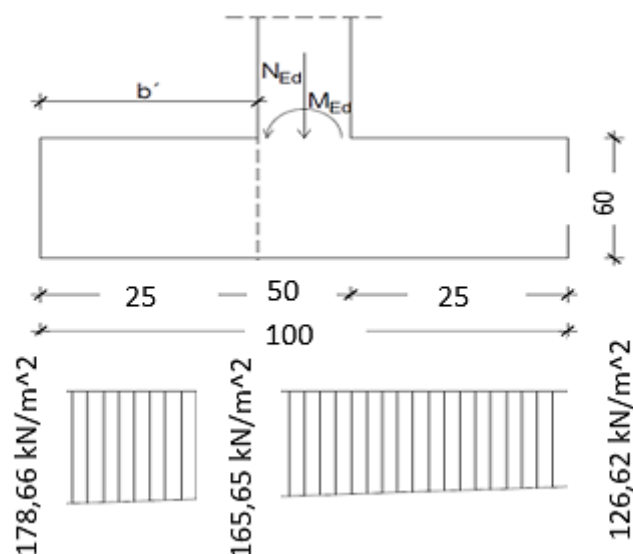
$$\sigma_2 = 152,64 - 26,02 = 126,62 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 500 \text{ kN/m}^2$$

Ukupna sila na temelj u presjeku A-A:

$$T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot \sigma_{max} \cdot \frac{b-b_z}{2} \qquad T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot 178,66 \cdot \frac{1,0-0,5}{2} = 67,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed,A-A} = \frac{T_{Ed,A-A} \cdot \frac{b-b_z}{2}}{2} \qquad M_{Ed,A-A} = \frac{67,0 \cdot \frac{1,0-0,5}{2}}{2} = 8,38 \text{ kNm}$$

### 13.2.1 Dimenzioniranje na moment savijanja



Slika 13.9.. Naprezanje unutar trakastog temelja

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

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

Mjerodavni moment savijanja

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} \cdot 1,0 + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2 \cdot 1,0}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 165,65 \cdot \frac{0,25^2}{2} \cdot 1,0 + (178,66 - 165,65) \cdot \frac{2 \cdot 0,25^2 \cdot 1,0}{6} = 5,45\ \text{kNm}$$

$$\mu_{sds} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5,45 \cdot 100}{3182,5 \cdot 57^2 \cdot 2,0} = 0,00003$$

$$\text{Za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 0,1\text{‰}, \quad \zeta = 0,997 \quad \xi = 0,01$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5,45 \cdot 100}{0,997 \cdot 57 \cdot 43,5} = 0,22\ \text{cm}^2$$

Odabrana minimalna armatura prema zahtjevu !

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 60 = 6,0\ \text{cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 60 = 120\ \text{cm}^2$$

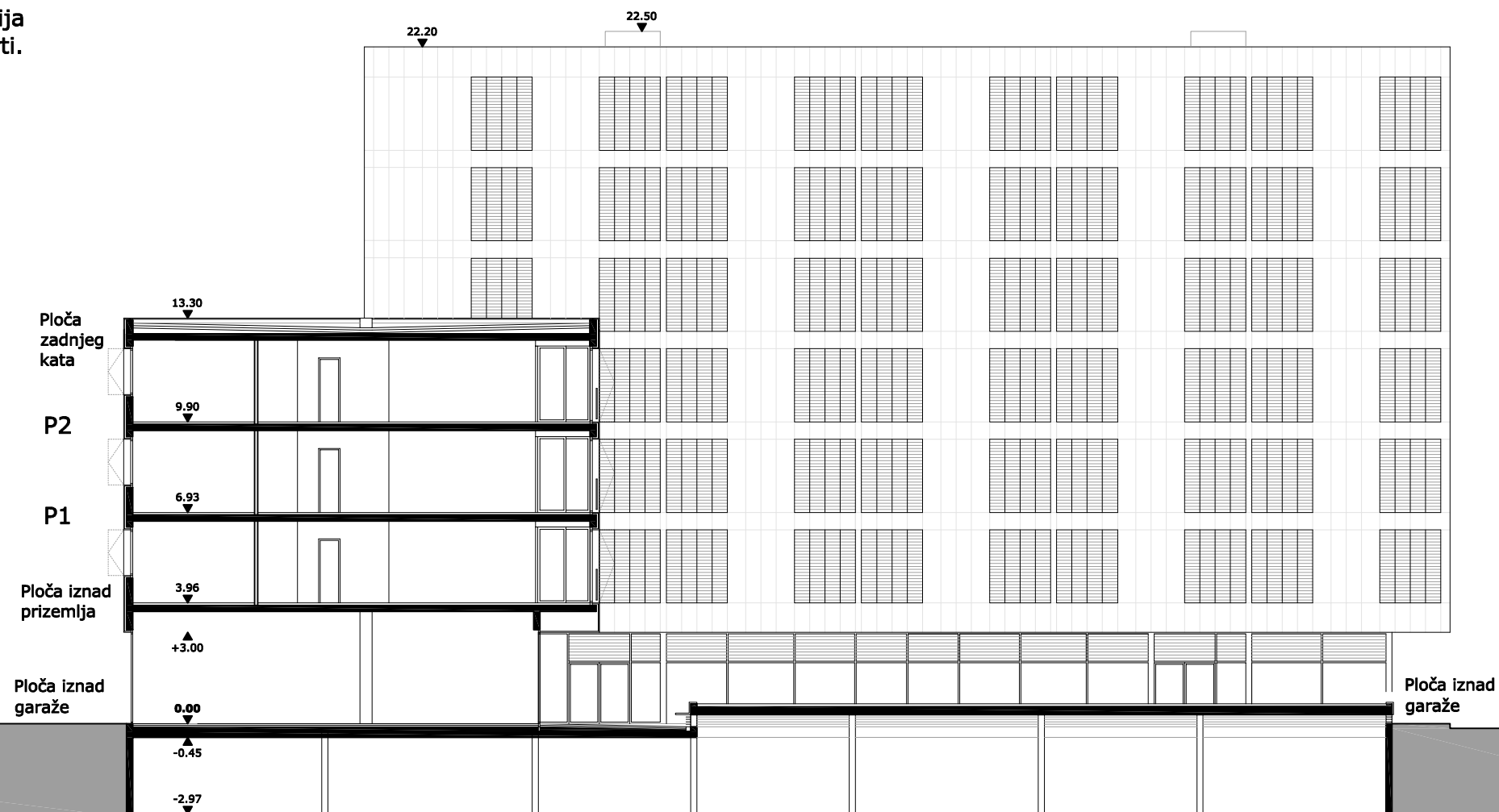
Odabrana armatura : Q-636 (  $A_s = 6,36\ \text{cm}^2/\text{m}$  )


## **14 GRAFIČKI PRILOZI**

- 1.1 PLAN POZICIJA PLOČA NIŽEG TORNJA-PRESJEK 1-1
- 1.2 PLAN POZICIJA PLOČA VIŠEG TORNJA-PRESJEK 1-1
- 1.3 GARAŽA I PLAN POZICIJA STUPOVA U GARAŽI
- 1.4 TLOCRT PRIZEMLJA I PLAN POZICIJA STUPOVA U PRIZEMLJU
- 1.5 TLOCRT KARAKTERISTIČNOG KATA
- 2.1 ARMATURA PLOČE IZNAD GARAŽE-DONJA ZONA
- 2.2 ARMATURA PLOČE IZNAD GARAŽE-GORNJA ZONA
- 2.3 DETALJ ARMIRANJA RUBA OTVORA U PLOČI IZNAD GARAŽE
- 2.4 ARMATURA PLOČE KATA-DONJA ZONA
- 2.5 ARMATURA PLOČE KATA-GORNJA ZONA
- 3.1 PLAN POZICIJA I ARMATURA STUPOVA (S1) U GARAŽI
- 3.2 PLAN POZICIJA I ARMATURA STUPOVA (S2) U PRIZEMLJU
- 4.1 PLAN POZICIJA TEMELJA STUPOVA (S1) I ZIDOVA U GARAŽI
- 5.1 PLAN POZICIJA I ARMATURA ZIDOVA
- 6.1 ARMATURA STUBIŠTA

Plan pozicija ploča nižeg  
tornja - presjek 1-1  
M 1:200

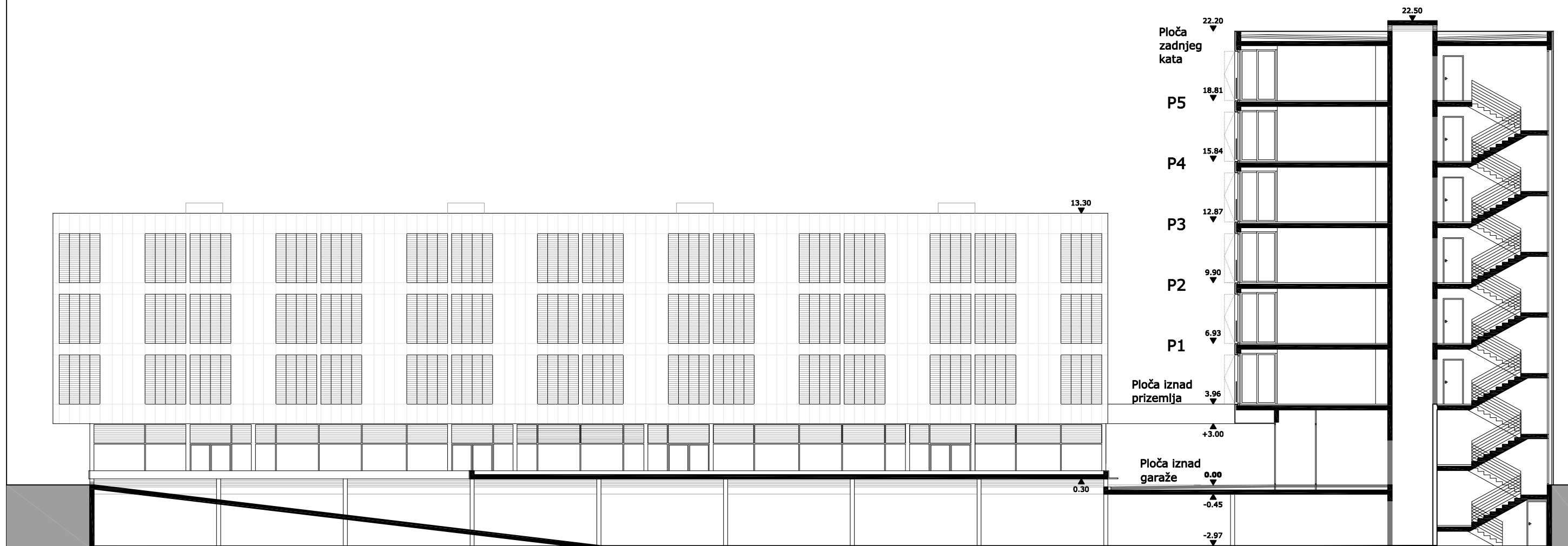
Napomena: U planovima pozicija prikazani su arhitektonski nacrti.




 <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 469117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>PLAN POZICIJA PLOČA NIŽEG TORNJA - PRESJEK 1-1</b>	BROJ PRILOGA: <b>1.1</b>

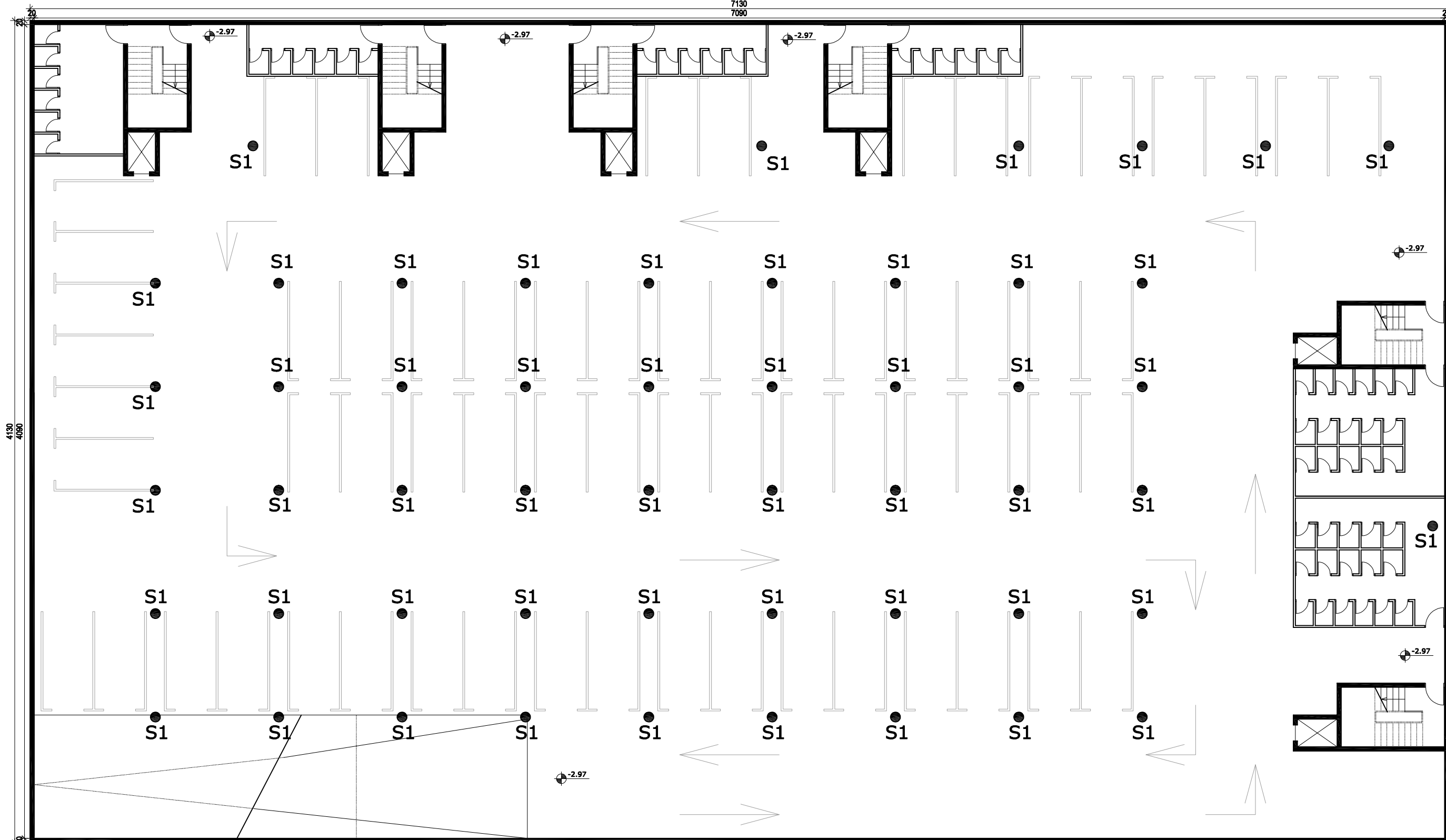
Plan pozicija ploča višeg  
tornja - presjek 1-1  
M 1:200

Napomena: U planovima pozicija  
prikazani su arhitektonski nacrti.



 <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 469117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>PLAN POZICIJA PLOČA VIŠEG TORNJA - PRESJEK 1-1</b>	BROJ PRILOGA: <b>1.2</b>

# Garaža i plan pozicije stupova u garaži M 1:200



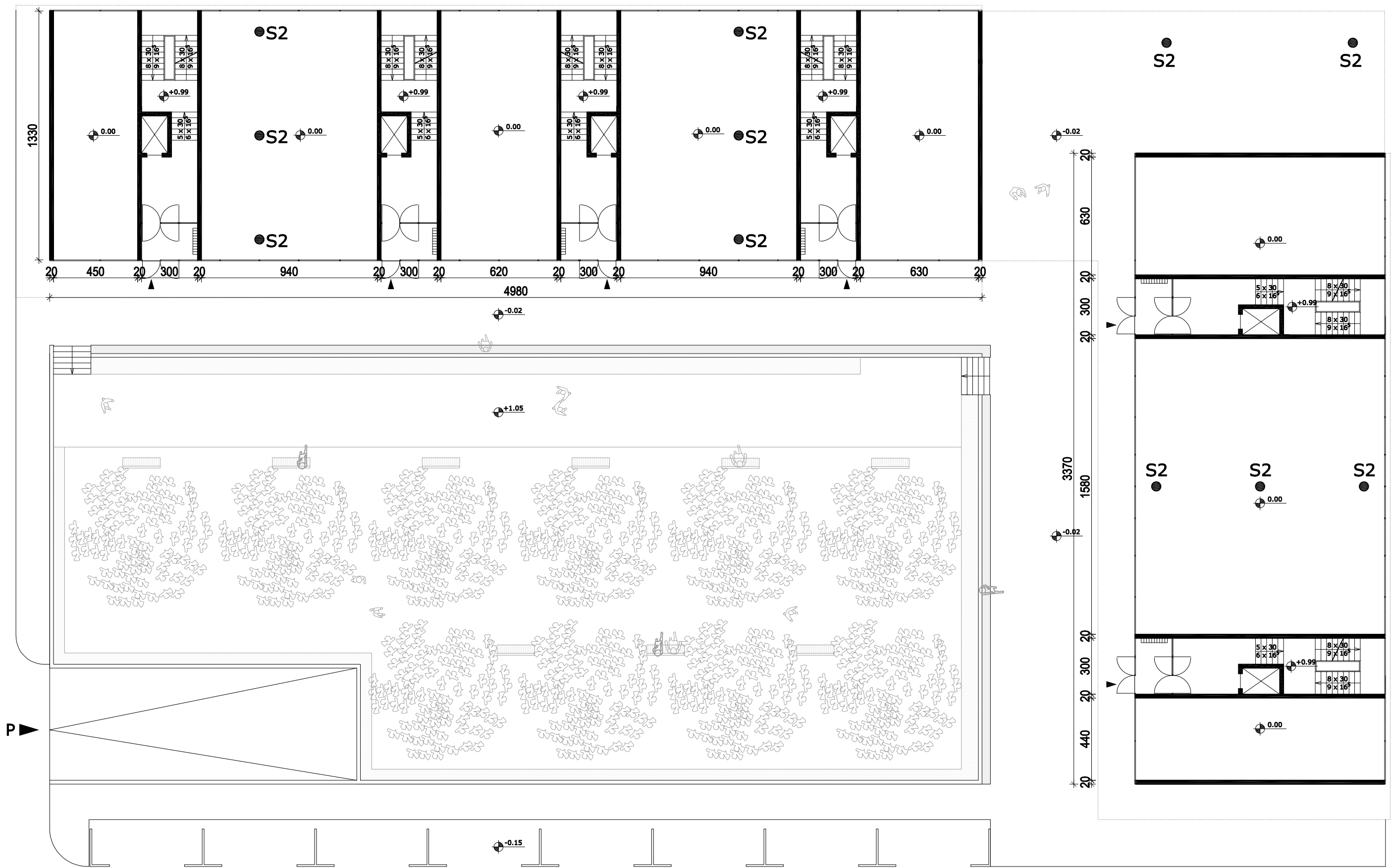
Napomena: U planovima pozicija prikazani su arhitektonski nacrti.



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117

INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
SADRŽAJ: <b>GARAŽA I PLAN POZICIJA STUPOVA U GARAŽI</b>	BROJ PRILOGA: <b>1.3</b>





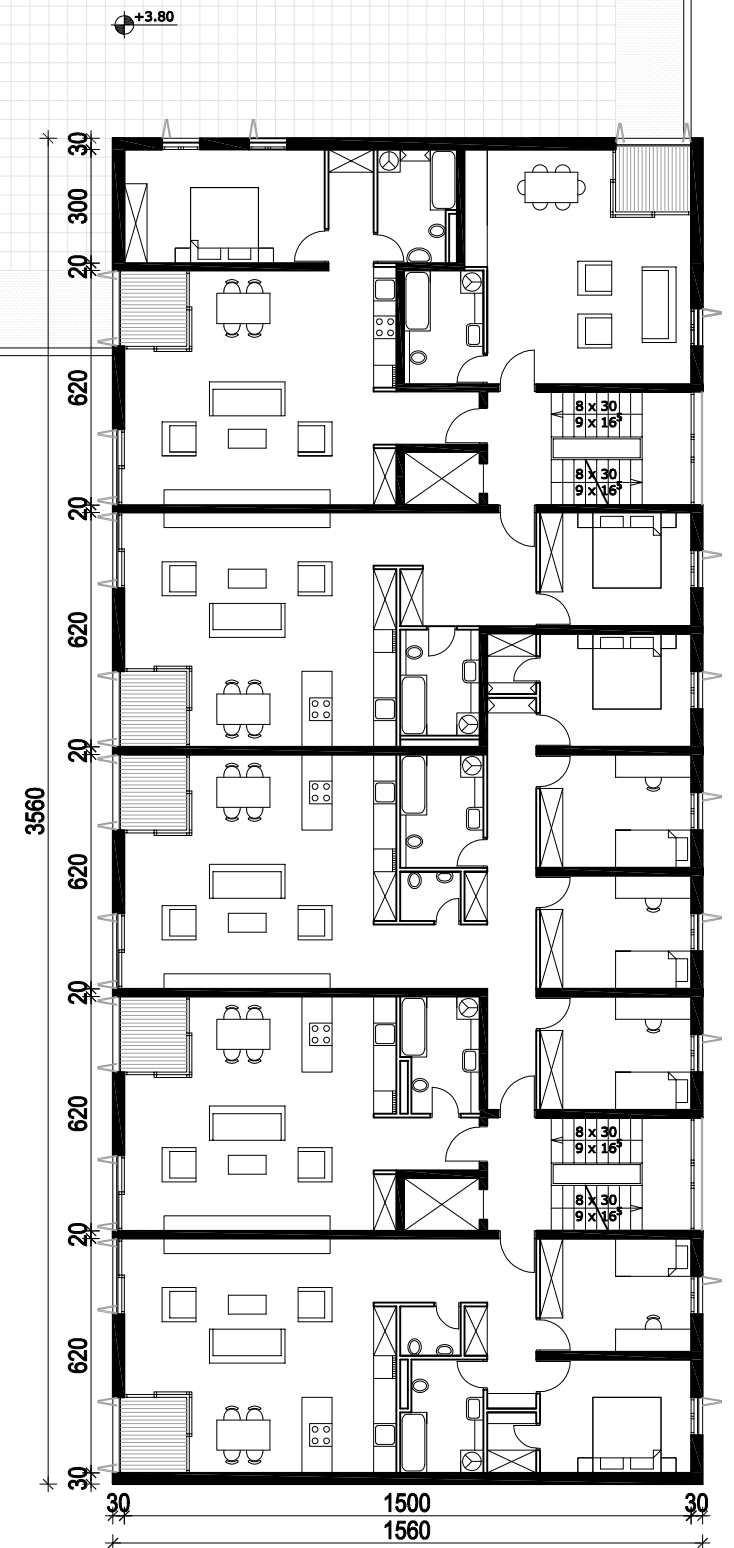
## Tlocrt prizemlja i plan pozicije stupova u prizemlju M 1:200

Napomena: U planovima pozicija prikazani su arhitektonski nacrti.



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 466117

INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
SADRŽAJ: TLOCRT PRIZEMLJA I PLAN POZICIJA STUPOVA U PRIZEMLJU	BROJ PRILOGA: 1.4



## Tlocrt karakterističnog kata M 1:200

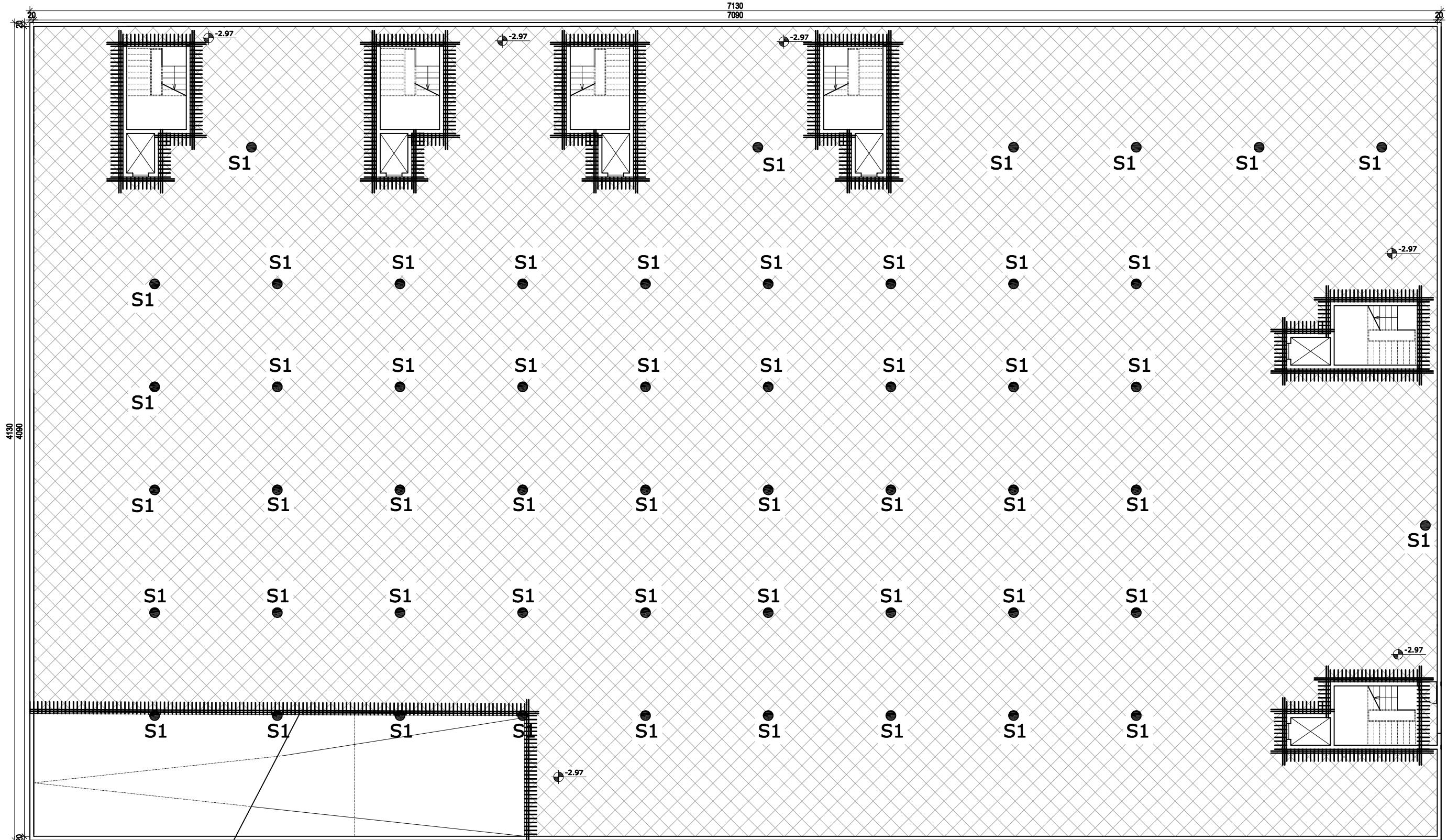
Napomena: U planovima pozicija prikazani su arhitektonski nacrti.



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117

INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
SADRŽAJ: <b>TLOCRT KARAKTERISTIČNOG KATA</b>	BROJ PRILOGA: <b>1.5</b>

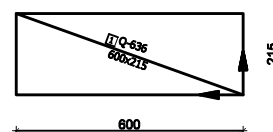
# Armatura ploče iznad garaže-donja zona M 1:200




Napomene: – Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta.  
– Mreže postavljati s preklopima 40 cm ili većim.

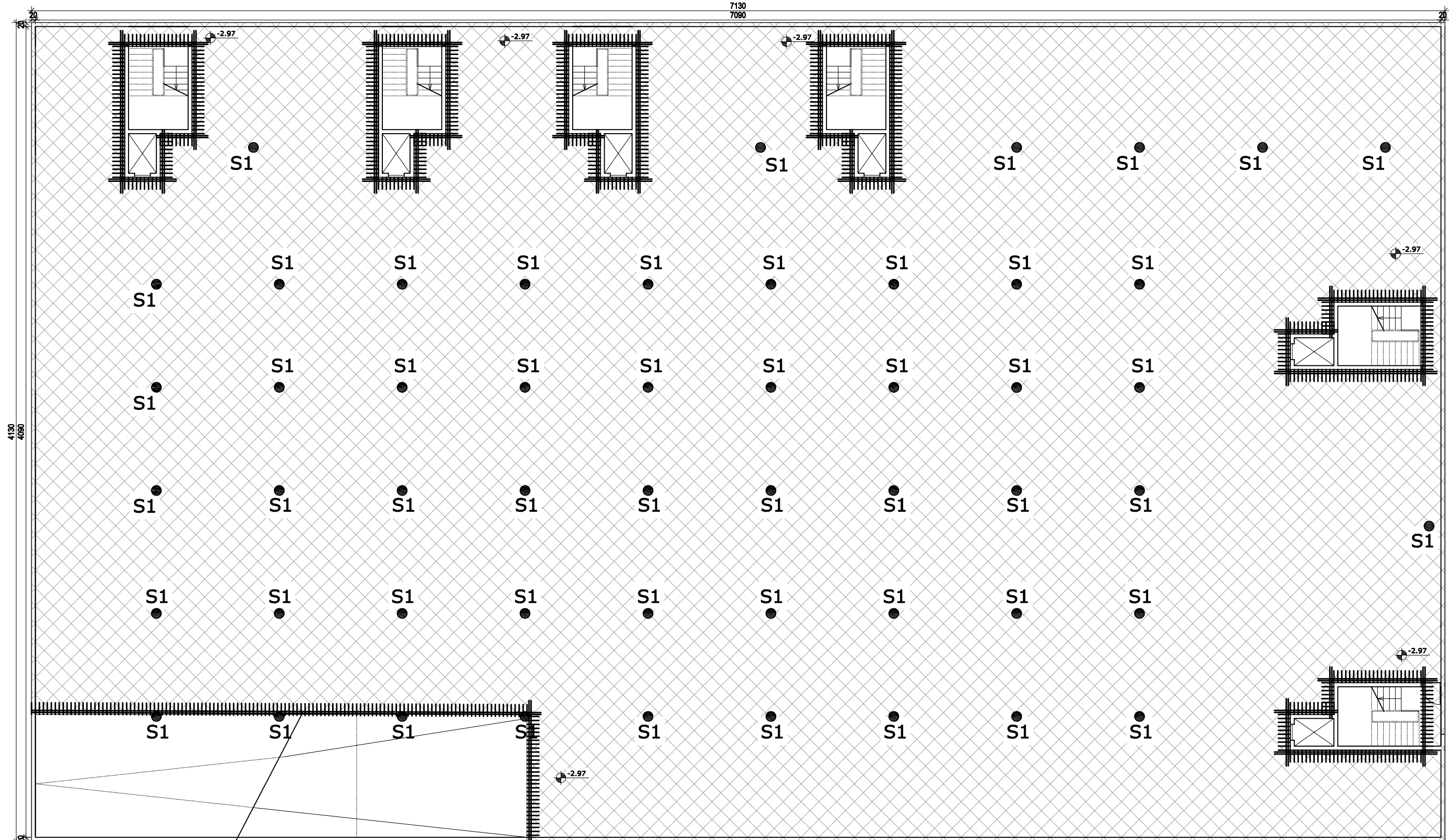
Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

 Q-636



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>ARMATURA PLOČE IZNAD GARAŽE-DONJA ZONA</b>	BROJ PRILOGA: <b>2.1</b>


# Armatura ploče iznad garaže-gornja zona M 1:200

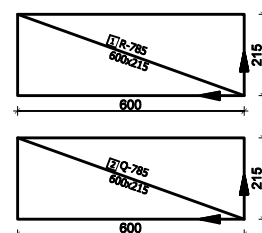



Napomene:

- Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta.
- Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim.
- Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-785
- Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-785.

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

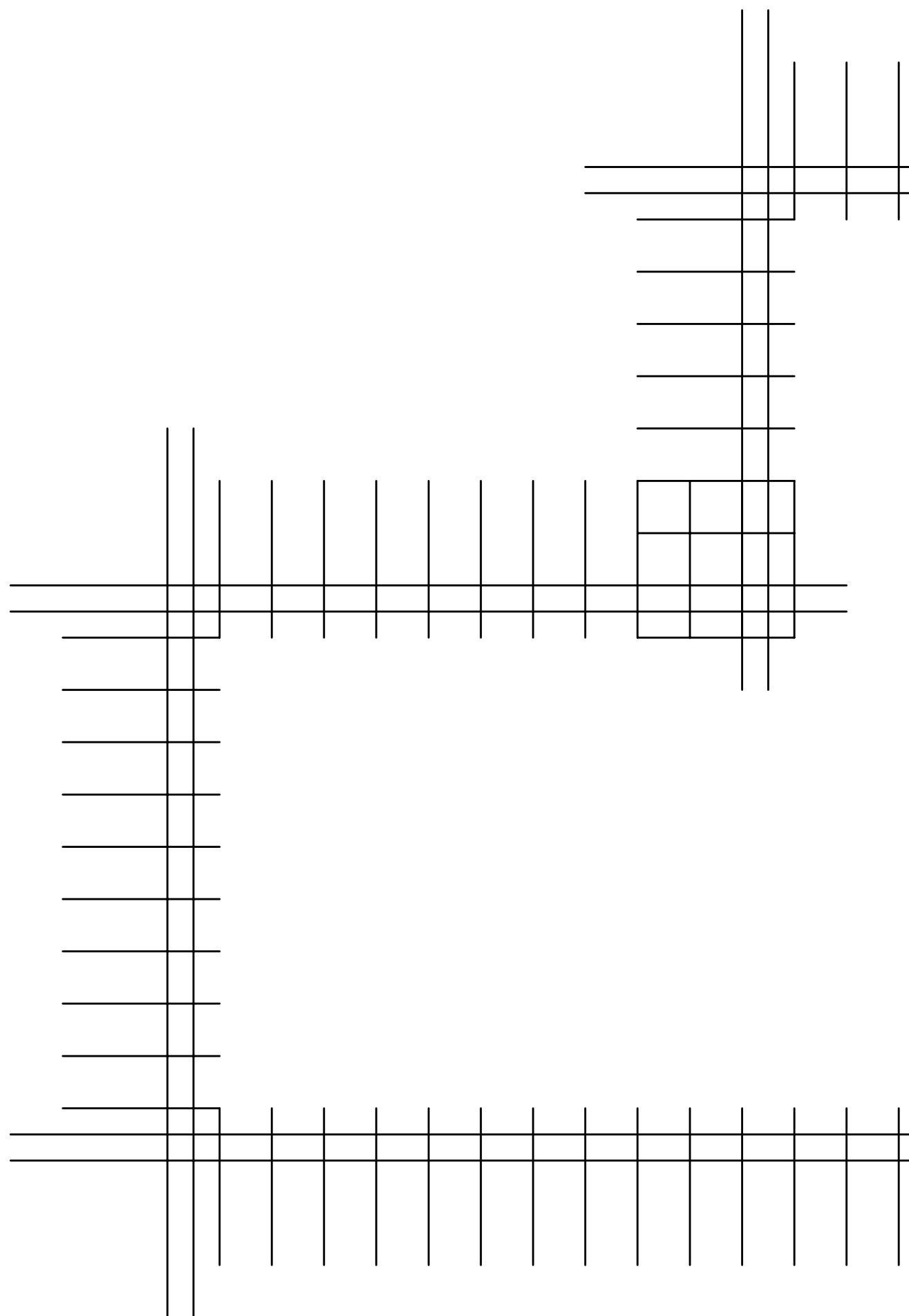
 R-785  
Q-785



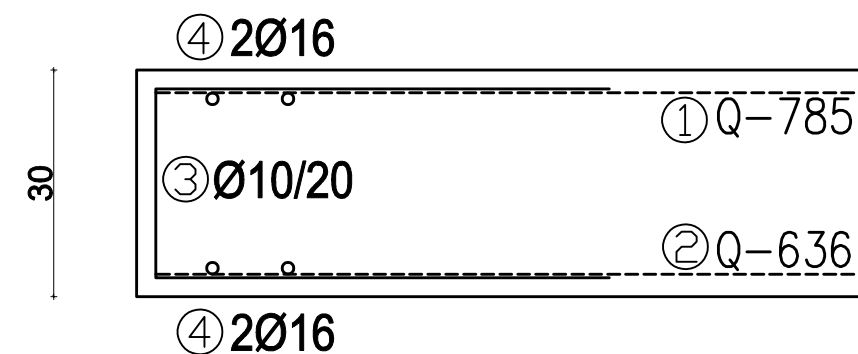
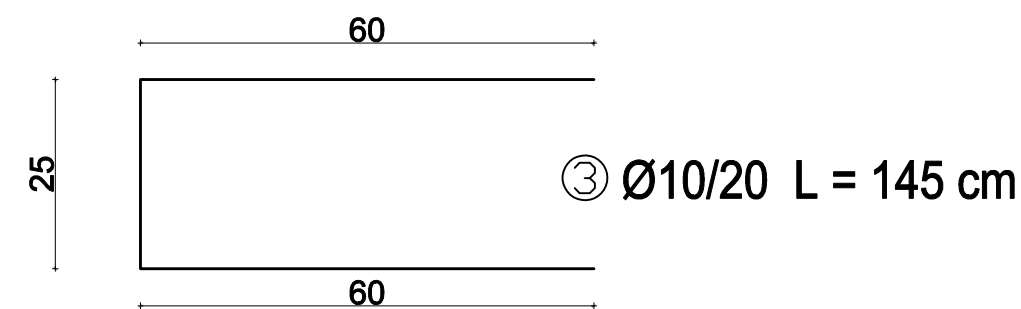
  
SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE  
I GEODEZIJE  
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15  
MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117


INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE IZNAD GARAŽE-GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: 2.2

Deatalj armiranja ruba otvora  
u ploči iznad garaže  
M 1:20



④ 2x2Ø16 L = xxx cm

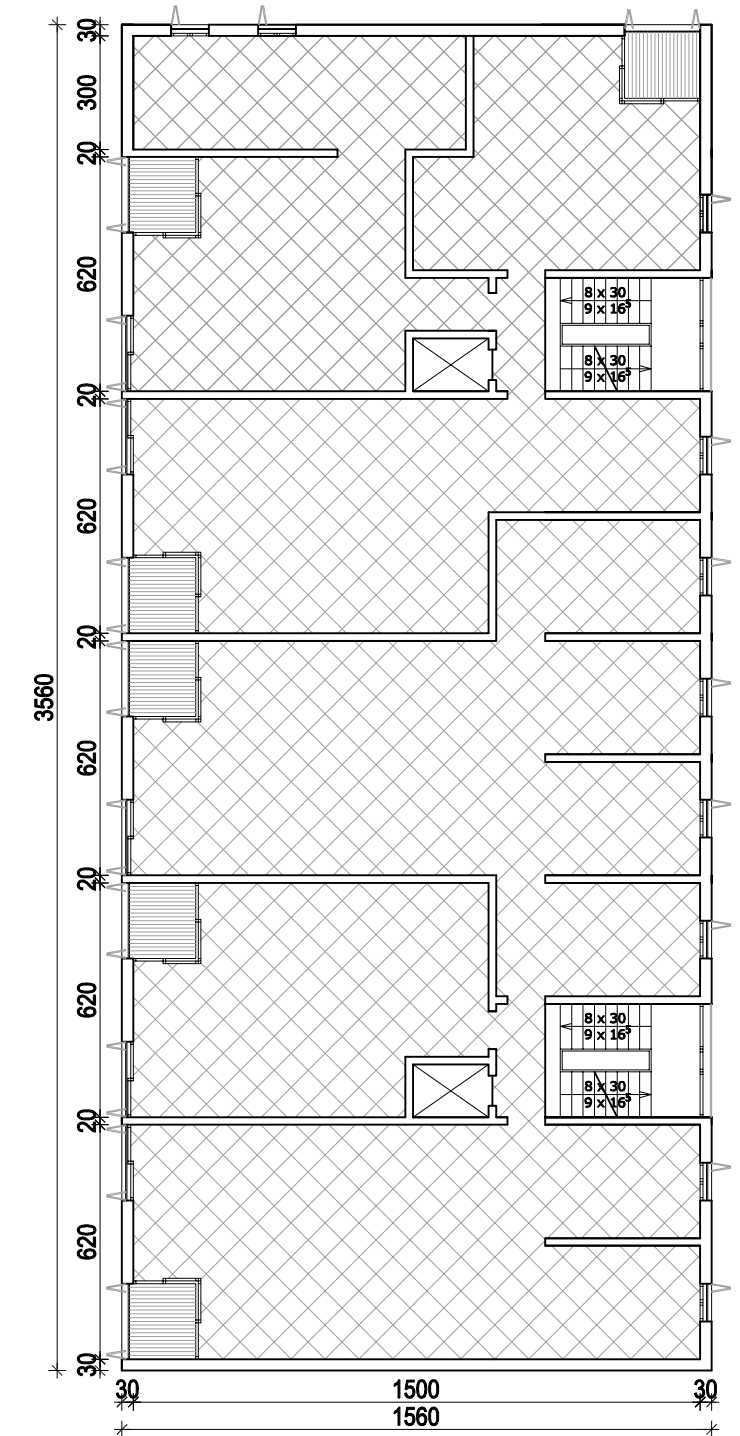
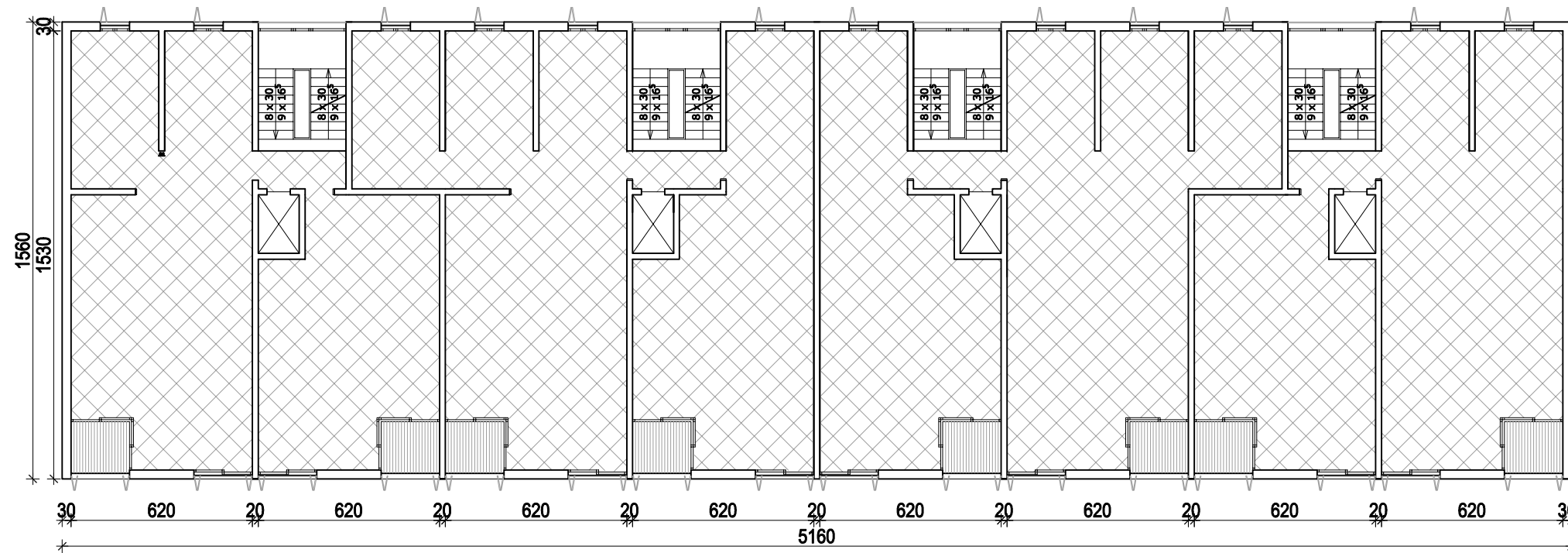
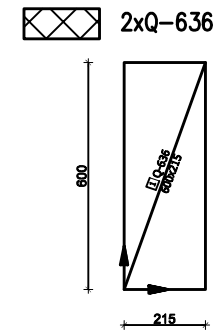



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
	SADRŽAJ: DETALJ ARMIRANJA RUBA OTVORA U PLOČI IZNAD GARAŽE	BROJ PRILOGA: <b>2.3</b>

# Armatura ploče kata-donja zona M 1:200

Napomene: – Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta.  
– Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim.

Beton: C 30/37  
Armatura: B 500B

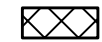


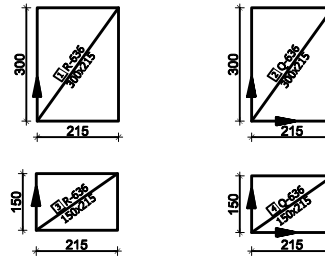
  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>ARMATURA PLOČE KATA-DONJA ZONA</b>	BROJ PRILOGA: <b>2.4</b>

- Napomene: – Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta.  
 – Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim.  
 – Na rubovima ploča postavljati mreže R-636 dimenzija 150x215 cm.  
 – Na prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-636 dimenzija 300x215 cm.  
 – Na mjestima promjene smjera i oko otvora u ploči postavljati Q mreže istih dimenzija kao i R mreže.

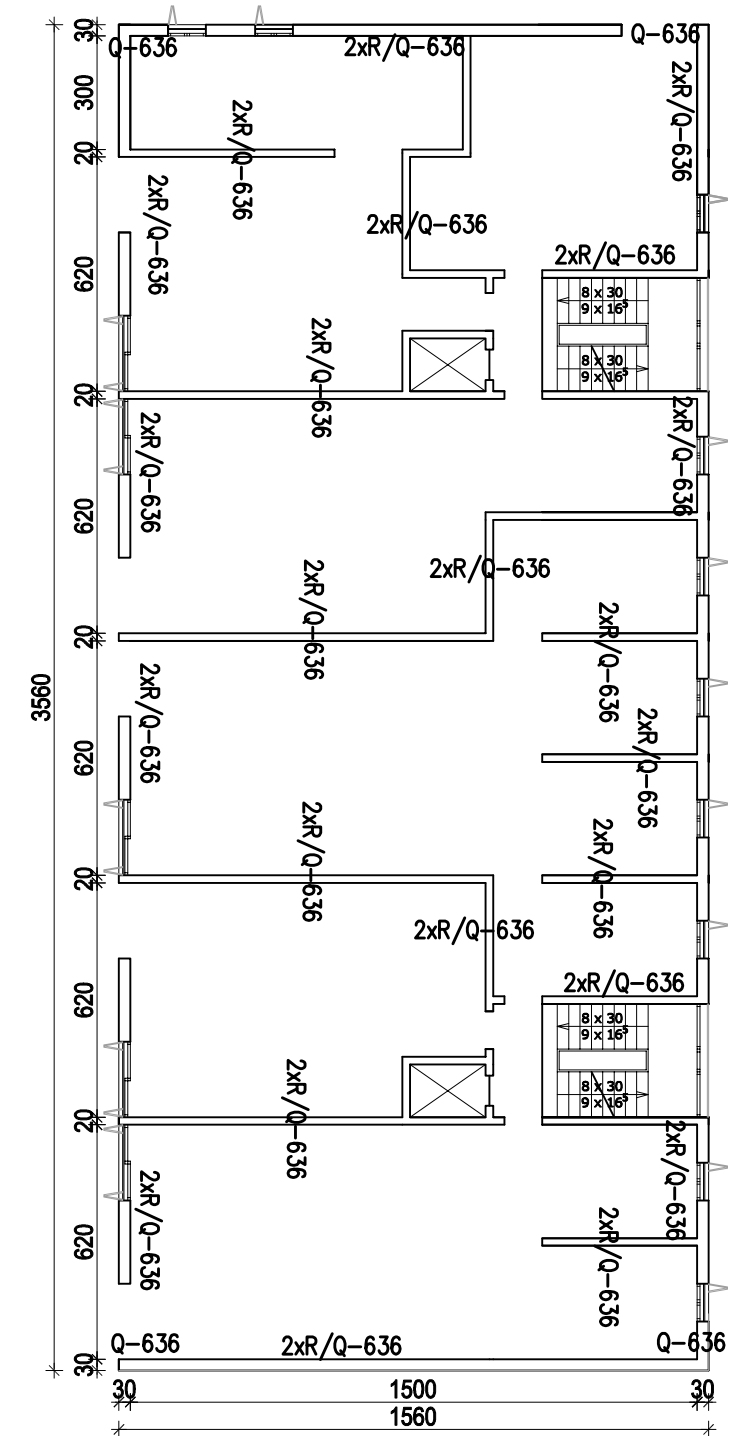
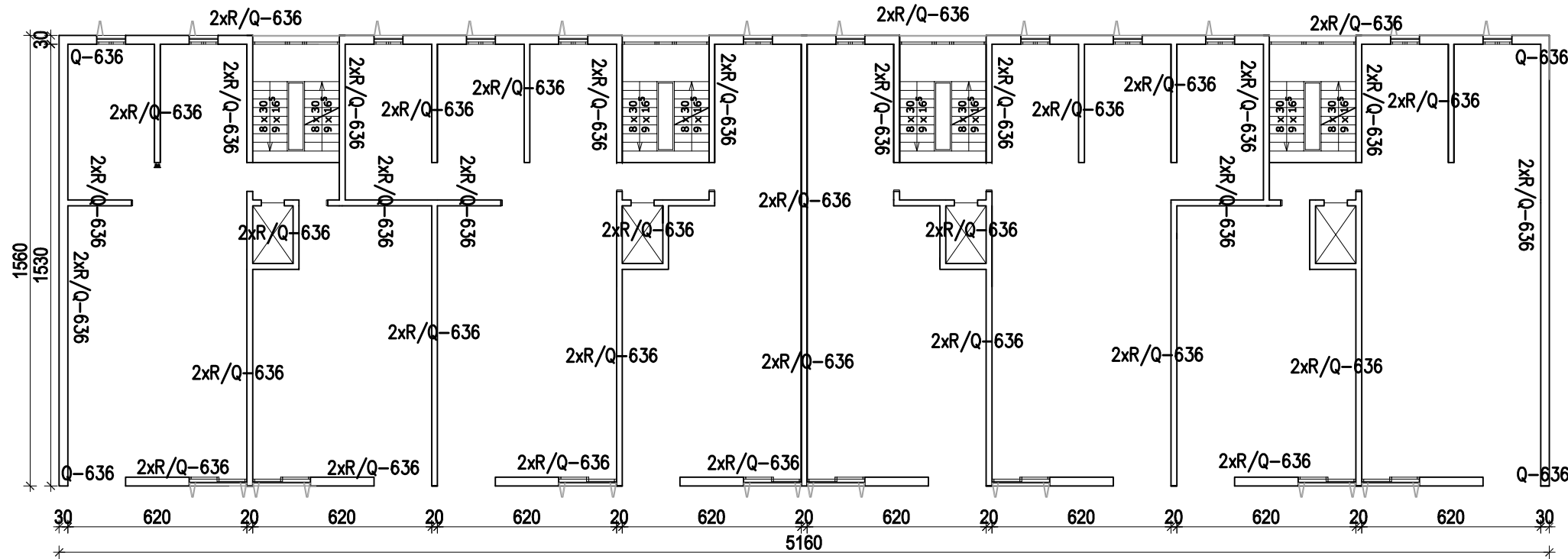
Beton: C 30/37


Armatura: B 500B

 2xR/Q-636

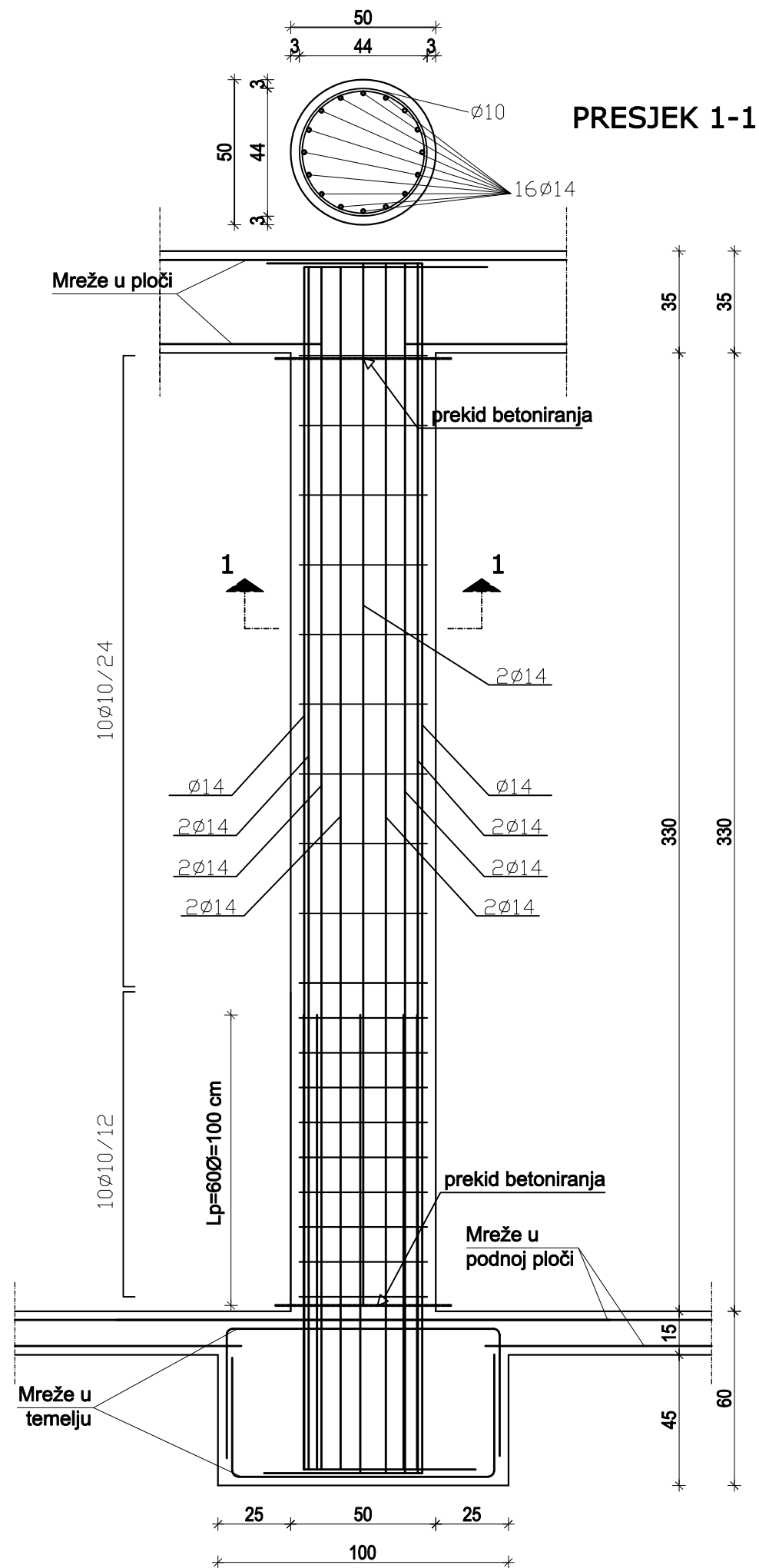


## Armatura ploče kata-gornja zona M 1:200

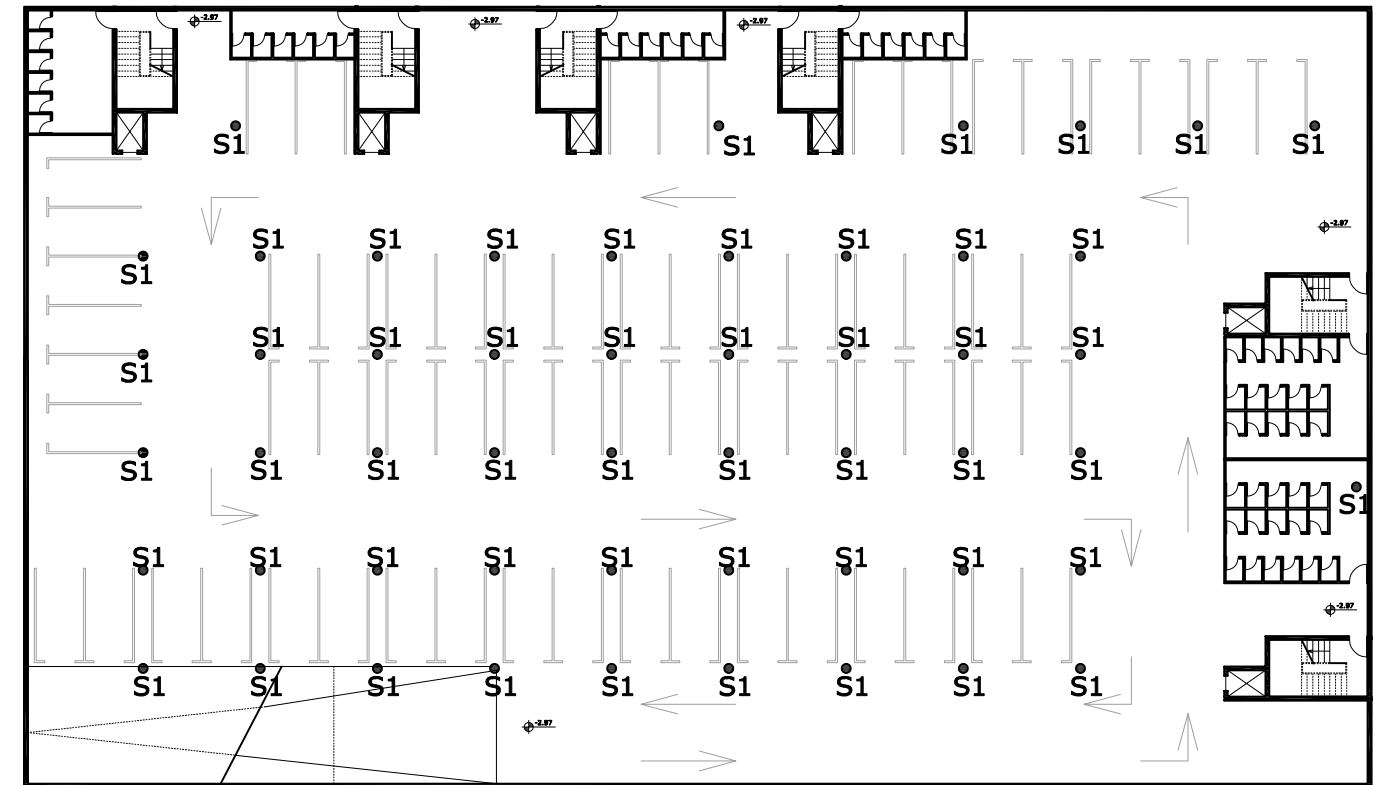



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE          21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15          MB 3140463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:200</b>
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>ARMATURA PLOČE KATA-GORNJA ZONA</b>	BROJ PRILOGA: <b>2.5</b>

Plan pozicija i armatura stupova (S1) u garaži  
M 1:20



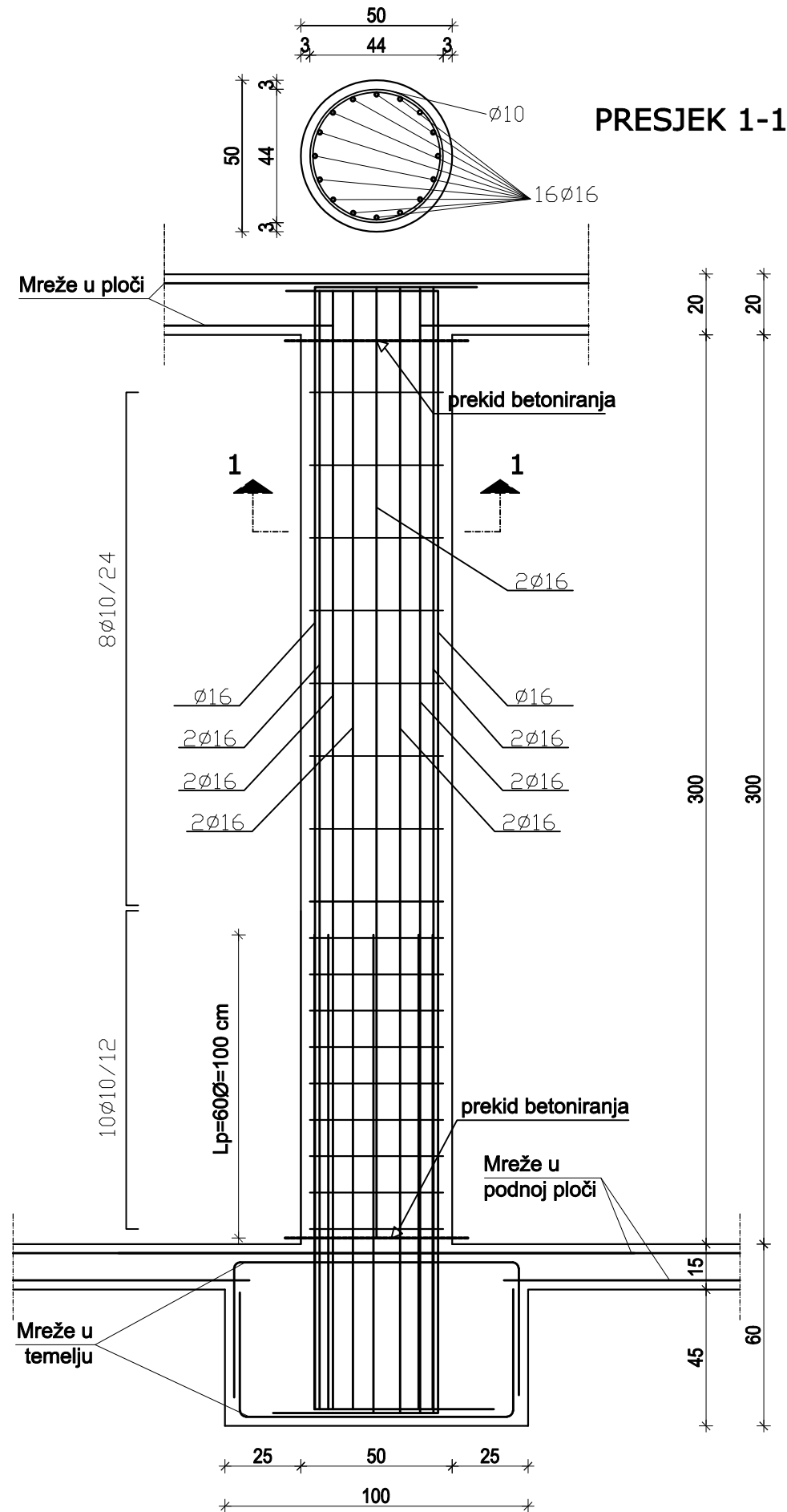
Garaža



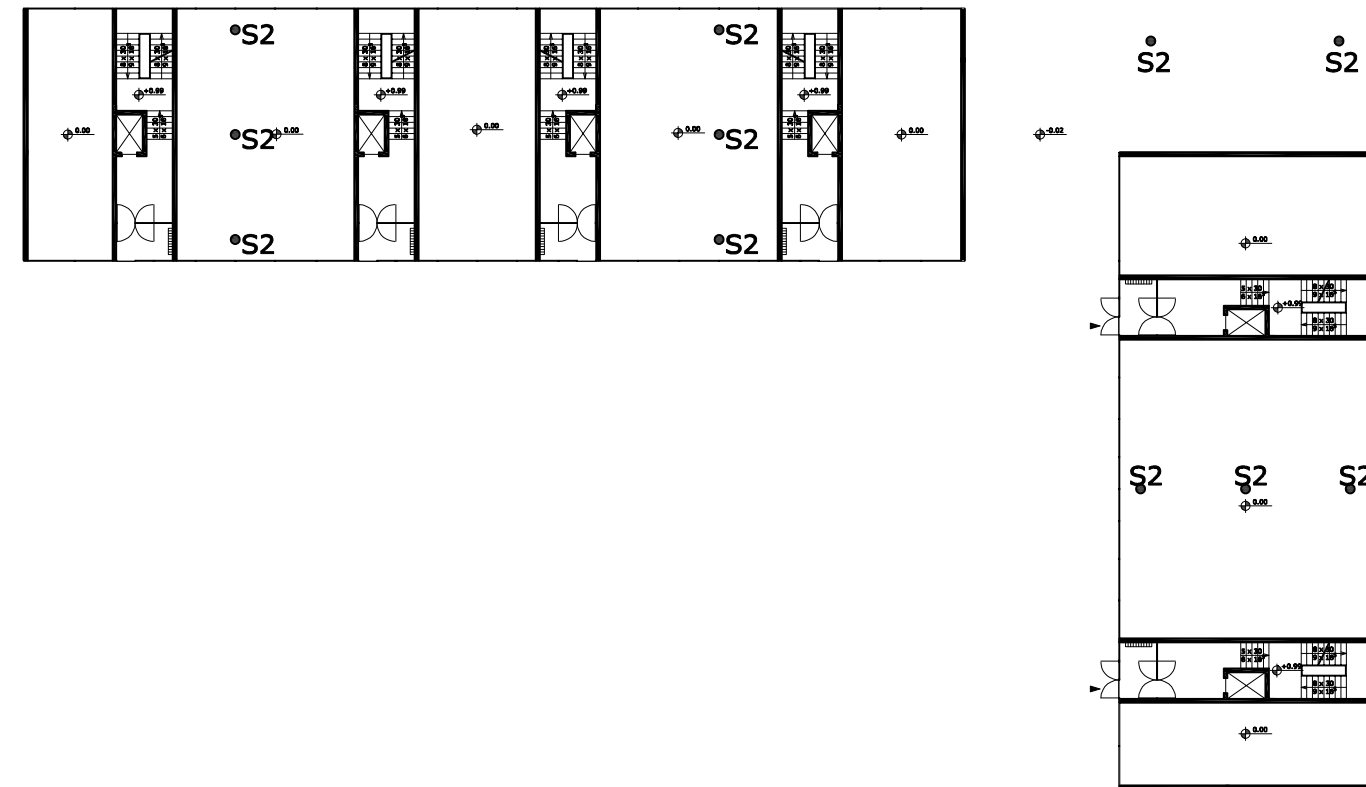
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3140463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
	SADRŽAJ: PLAN POZICIJA I ARMATURA STUPOVA (S1) U GARAŽI	BROJ PRILOGA: <b>3.1</b>



Plan pozicija i armatura stupova (S2) u prizemlju  
M 1:20

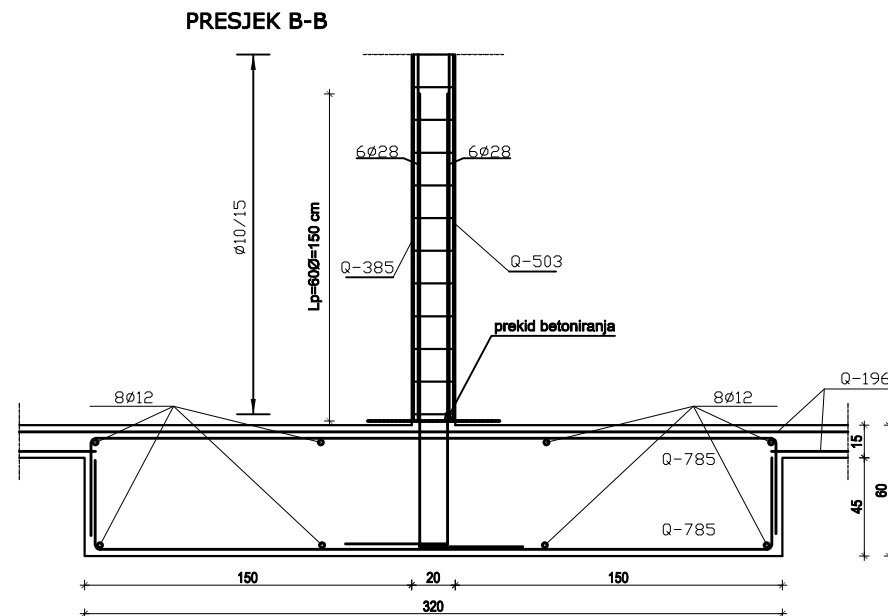
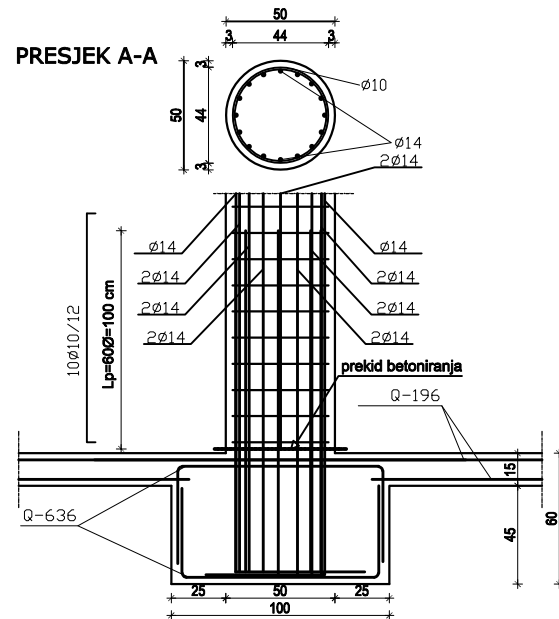
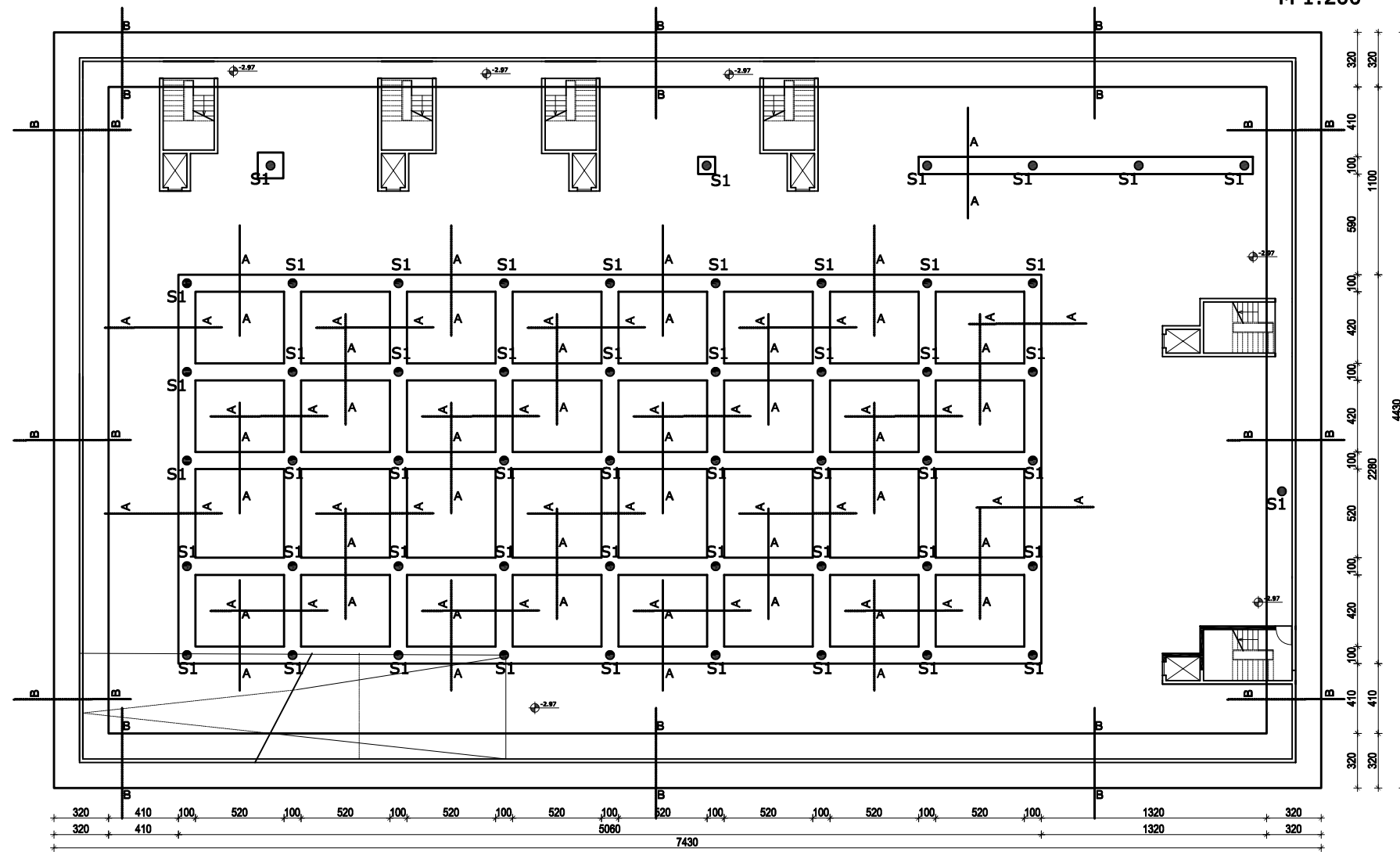


Prizemlje



<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3140463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
	SADRŽAJ: PLAN POZICIJA I ARMATURA STUPOVA (S2) U PRIZEMLJU	BROJ PRILOGA: <b>3.2</b>

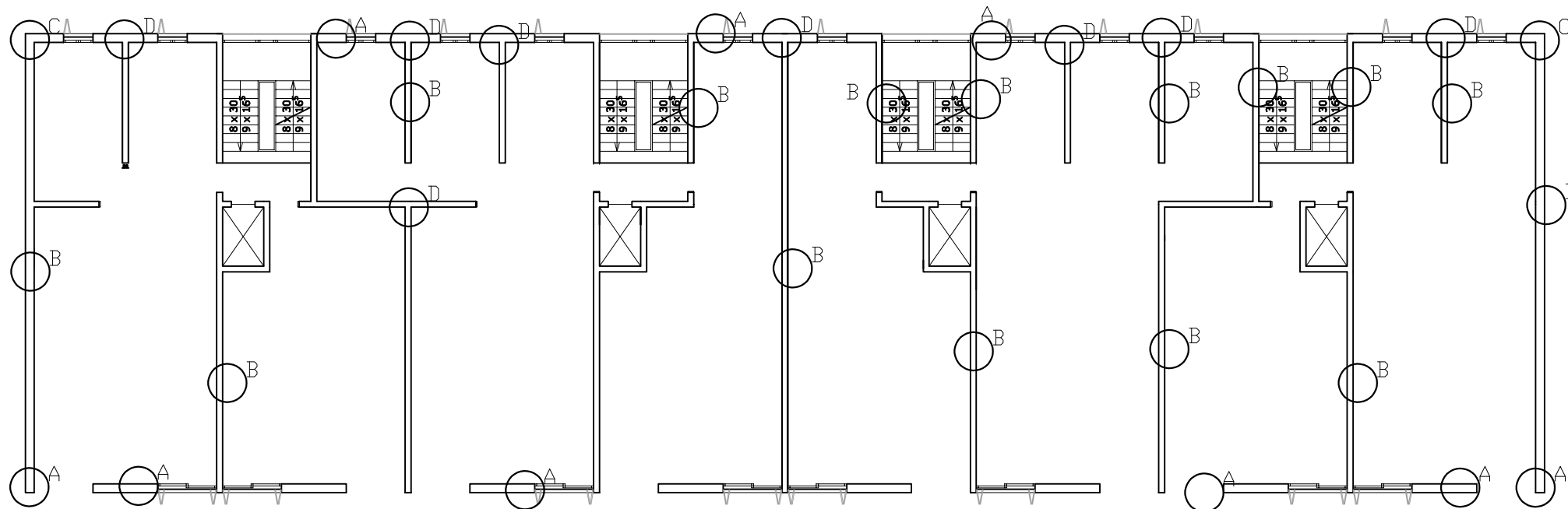
Plan pozicija temelja  
stupova (S1) i zidova u garaži  
M 1:200



	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRABEVINA: Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	PROJEKTANT: Josipa Kekez
SADRŽAJ: PLAN POZICIJA TEMELJA STUPOVA (S1) I ZIDOVA U GARAŽI	BROJ PRILOGA: <b>4.1</b>	

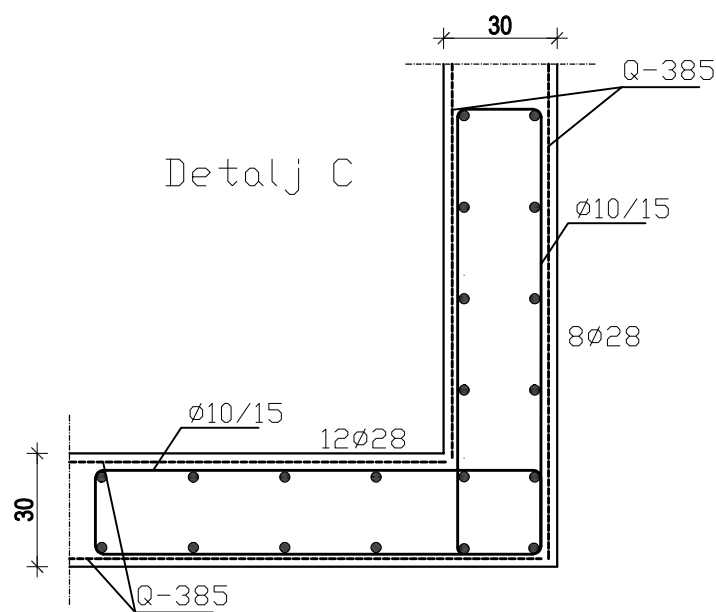
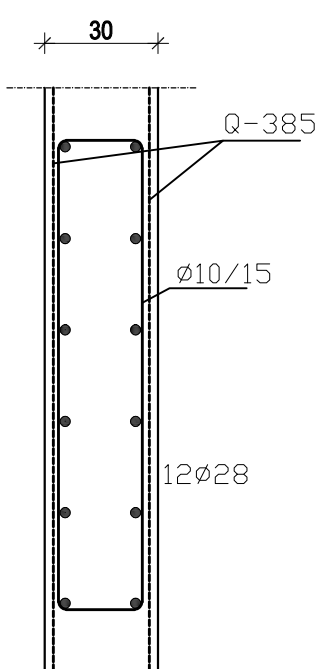
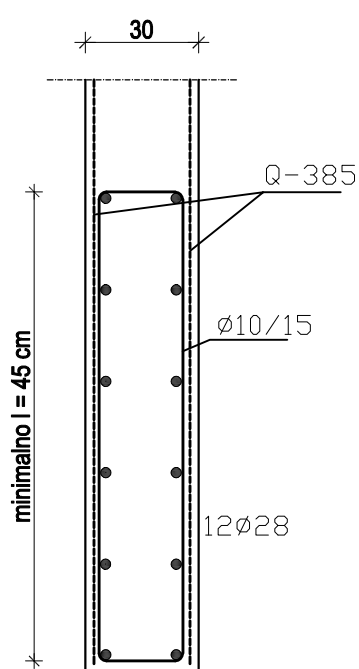
### Zidovi karakterističnog kata

### Plan pozicija i armatura zidova M 1:20

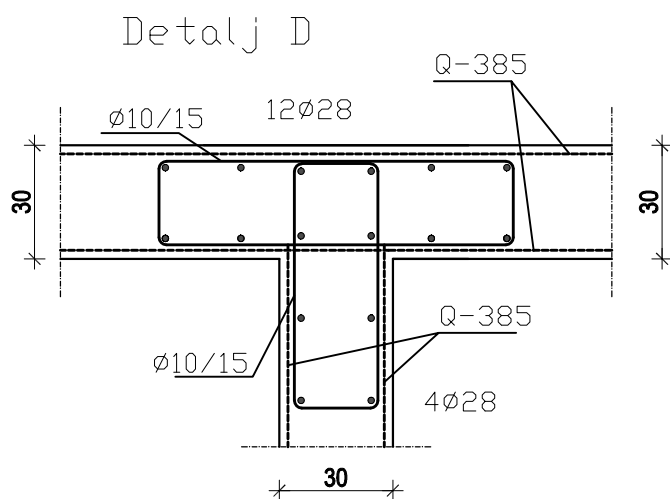


Detalj A

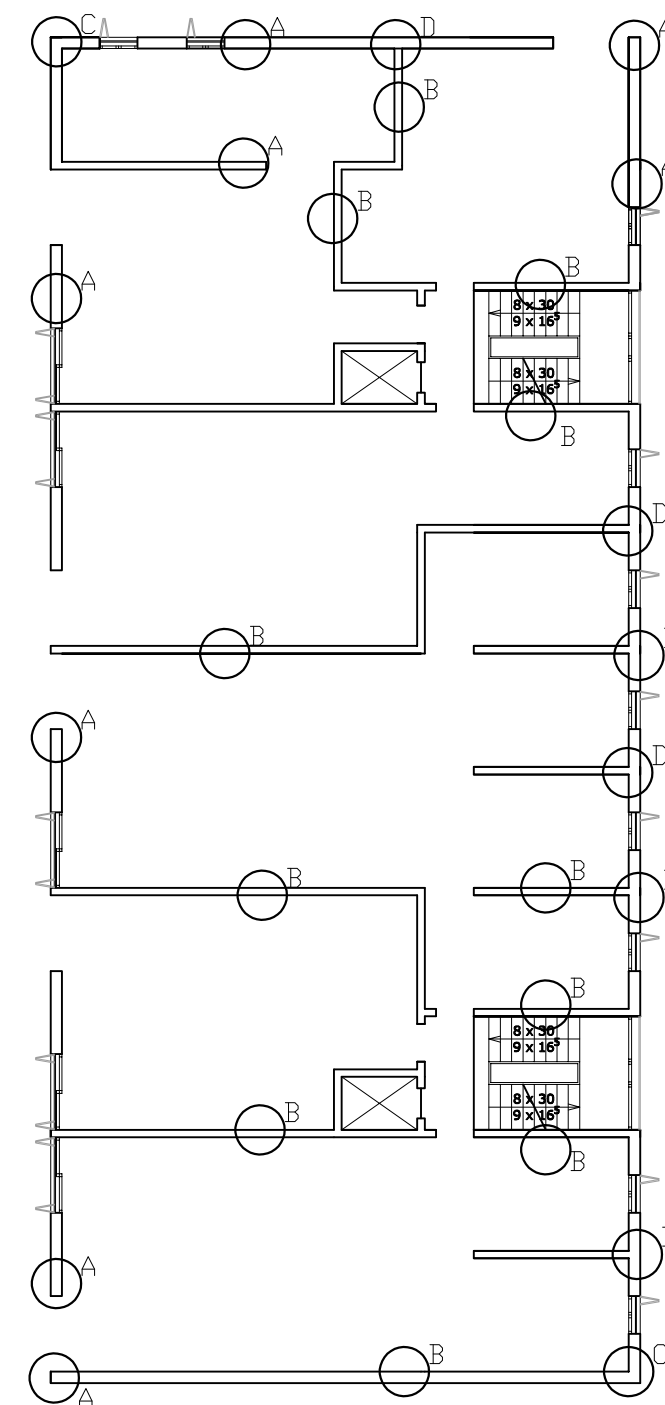
Detalj B



Detalj C

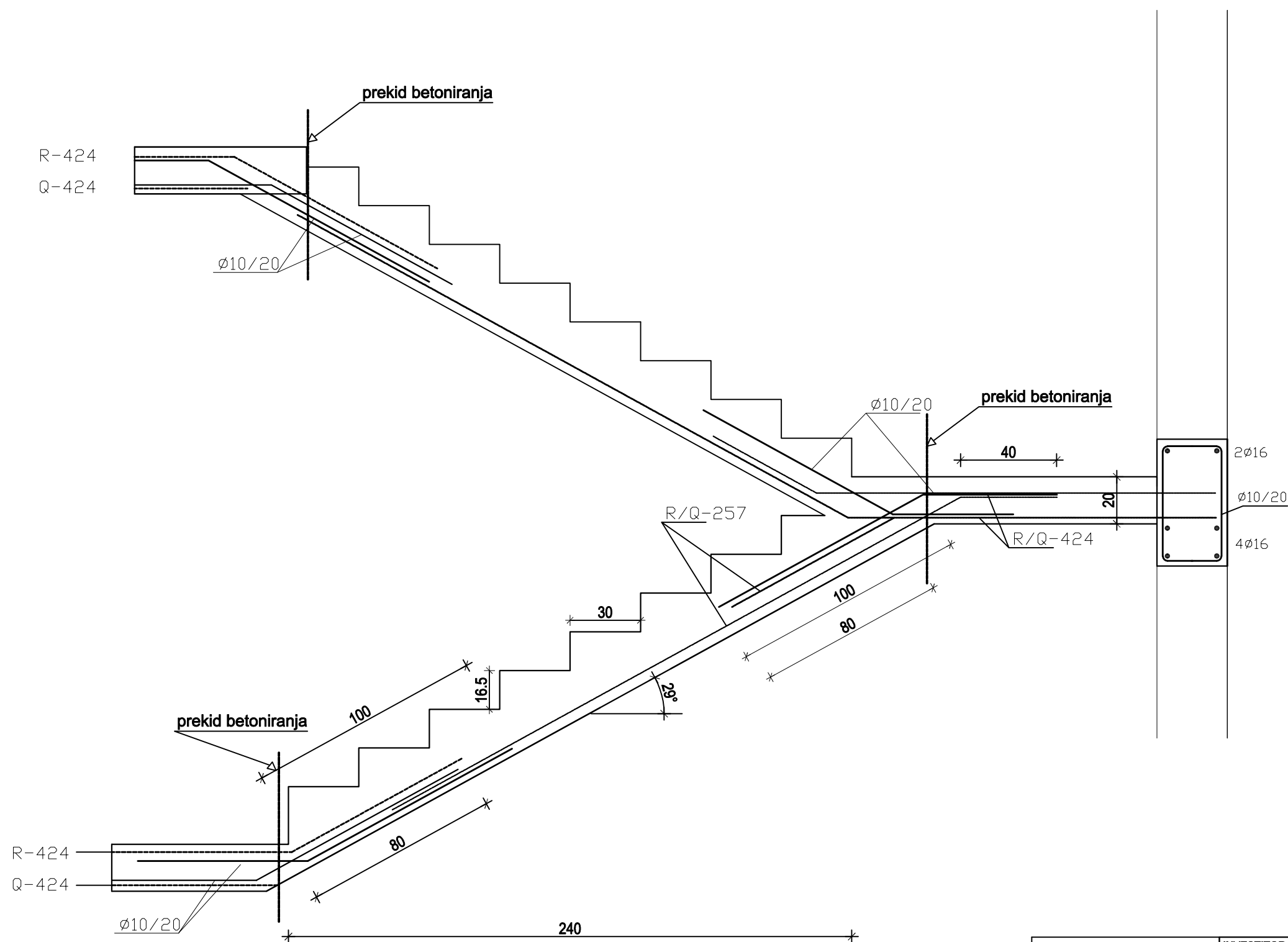



Detalj D



<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3140463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: <b>Poslovno-stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: srpanj, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: Josipa Kekez
	SADRŽAJ: <b>PLAN POZICIJA I ARMATURA ZIDOVA</b>	BROJ PRILOGA: <b>5.1</b>

# Armatura stubišta M 1:20



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3140463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 469117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: <b>1:20</b>
	GRADJEVINA: <b>Poslovno - stambena zgrada u ulici Put Brodarice u Splitu</b>	DATUM: <b>srpanj, 2019.</b>
	VRSTA PROJEKTA: <b>Projekt konstrukcije</b>	BROJ PROJEKTA:
	RAZINA PROJEKTA: <b>GLAVNI PROJEKT</b>	PROJEKTANT: <b>Josipa Kekez</b>
	SADRŽAJ: <b>ARMATURA STUBIŠTA</b>	BROJ PRILOGA: <b>6.1</b>

## **15 LITERATURA**

- [1] Radnić J., Harapin A. OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA - Interna skripta, Split, 2015.
- [2] Tomičić I. BETONSKE KONSTRUKCIJE – treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- [3] Nacrt hrvatske norma nHRN EN 1992-1-1:2013/NA
- [4] <http://www.grad.hr/gukov/pdf/predavanja-beton.pdf>