

# Glavni projekt hotela Vila Harmony u Splitu

---

**Karlo, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:972584>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-01**



*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**

**Ante Karlo**

**Split, 2019.**

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

**Ante Karlo**

**Glavni projekt Hotela Vila Harmony u Splitu**

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

# **Glavni projekt Hotela Vila Harmony u Splitu**

## ***Sažetak:***

U ovom diplomskom radu je prikazan glavni projekt hotela Vila Harmony koja je smještena u Splitu na predjelu Bačvica. Navedena građevina je stambeno – poslovna zgrada koja se sastoji od 2 podzemne i 6 nadzemnih etaža. Dvije podzemne etaže su garaže koje su povezane kolnom rampom spiralnog oblika.

Građevina je izvedena u armiranom betonu, sve monolitne izvedbe s armirano betonskim zidovima, stupovima i armirano betonskim pločama kao međukatnom konstrukcijom. Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

## ***Ključne riječi:***

Stambena građevina, glavni projekt, armirani beton, monolitna izvedba

# **Main design of the Hotel Vila Harmony in Split**

## ***Abstract:***

This master's thesis presents the main design of the Hotel Vila Harmony, which is located in Split, on the Bačvice area. The mentioned building is a residential – commercial building consisting of 2 underground and 6 above ground floors. The two underground floors are garages connected by a spiral shaped ramp.

The building constructed in reinforced concrete, all monolithic designs with reinforced concrete walls, columns and reinforced concrete slabs as a floor construction. The project contains: technical description of the construction, general and special technical conditions, plan of quality control and assurance, calculation of load – bearing structural elements and characteristic construction plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

residential – commercial building, main design, monolithic construction

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Ante Karlo

BROJ INDEKSA: 659

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

PREDMET: Betonske konstrukcije

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Glavni projekt Hotela Vila Harmony u Splitu

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

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

U Splitu, rujan 2019.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Marija Smilović Zulim

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj

Sadržaj.....	5
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.....	12
1.5. Konstruktivne pojedinosti - garaža.....	12
1.6. Konstruktivne pojedinosti – prizemlje .....	12
1.7. Konstruktivne pojedinosti – katovi.....	12
1.8. Lokacija i opterećenje.....	13
1.9. Izvedba.....	13
1.10. Materijali.....	14
2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....	15
2.1. Podaci o istražnim radovima .....	15
2.2. Geološka i inženjersko – geološka istraživanja.....	15
2.3. Dubina podzemne vode .....	15
2.4. Temeljenje .....	15
3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	17
3.1. Opće napomene .....	17
3.2. Postizanje zahtijevane geometrije .....	17
3.3. Zemljani radovi.....	17
3.3.1. Iskopi.....	17
3.3.2. Nasipi .....	18
3.4. Betonski i armirano - betonski radovi .....	18
3.4.1. Beton .....	18
3.4.2. Betonski čelik.....	19
3.4.3. Prekidi betoniranja .....	20
3.4.4. Oplata .....	20
3.4.5. Primijenjeni standardi .....	20
3.5. Ostali radovi i materijali .....	24
3.6. Kontrolna ispitivanja .....	24
3.7. Dužnosti izvođača .....	25
4. OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI .....	26
4.1. Oplate i skele .....	26
4.2. Transport i ugradnja betona.....	27

4.3.	Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama.....	28
4.4.	Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama.....	29
4.5.	Obveze izvođača.....	30
5.	NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA .....	31
6.	UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA .....	33
7.	PLANOVI POZICIJA .....	36
8.	ANALIZA OPTEREĆENJA.....	37
8.1.	Vlastita težina .....	38
8.2.	Dodatno stalno opterećenje .....	38
8.3.	Pokretno opterećenje .....	42
8.4.	Opterećenje snijegom .....	42
8.5.	Opterećenje vjetrom .....	44
8.6.	Potresno opterećenje.....	54
8.6.1.	Rezultati dinamičke analize .....	57
9.	NUMERIČKI MODEL .....	60
10.	DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	64
10.1.	Proračun ploča .....	64
10.1.1.	Ploča garaže – plan pozicije 100 .....	64
10.1.2.	Ploča garaže – plan pozicija 200 .....	73
10.1.3.	Ploče katova – plan pozicija 300 .....	82
10.1.4.	Ploča krova– plan pozicija 400.....	90
10.2.	Proračun AB greda.....	98
10.2.1.	Greda 35x80 cm.....	98
10.2.2.	Greda 20x40 cm.....	106
11.	DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	114
11.1.	Proračun stupova.....	114
11.1.1.	Proračun stupova na savijanje i uzdužnu silu.....	115
11.2.	Proračun stupova S1 20x20 cm.....	116
11.2.1.	Rezultati proračuna.....	116
11.2.2.	Proračun na poprečnu silu .....	121
11.3.	Proračun zidova .....	123
11.3.1.	Proračun zidova na savijanje i uzdužnu silu.....	124
11.3.2.	Proračun zidova na djelovanje poprečne sile .....	124
11.3.3.	Rezultati proračuna karakterističnog zida zgrade.....	126
11.3.4.	Rezultati proračuna karakterističnog zida garaže.....	132
12.	PRORAČUN STUBIŠTA .....	138
13.	PRORAČUN TEMELJA .....	142

13.1.	Proračun temeljne trake T1 .....	143
14.	GRAFIČKI PRILOZI.....	147
15.	LITERATURA.....	148



# 1. TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE

## 1.1. Općenito ( projektni zadatak )

Investitor je napravio plan na k.č. 9623 K.O. u Splitu izgraditi hotel "VILA HARMONY", građevinske zemljišne površine cca 850 m<sup>2</sup>.

Arhitektonsko rješenje stambeno - poslovnog objekta je izrađeno vodeći računa o važećoj planskoj dokumentaciji te na temelju analize lokacije, veličine i oblika građevinske parcele, visinske razlike prisutne na terenu.

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- prikaz k.č. 9623 sa geoportala

## **1.2. Oblik i veličina građevinske čestice**

Parcela površine oko 850 m<sup>2</sup> je pravokutnog oblika. Tlocrtna površina nadzemnog dijela zgrade iznosi 310 m<sup>2</sup>, a površina podzemnog dijela iste građevine iznosi 470 m<sup>2</sup>.

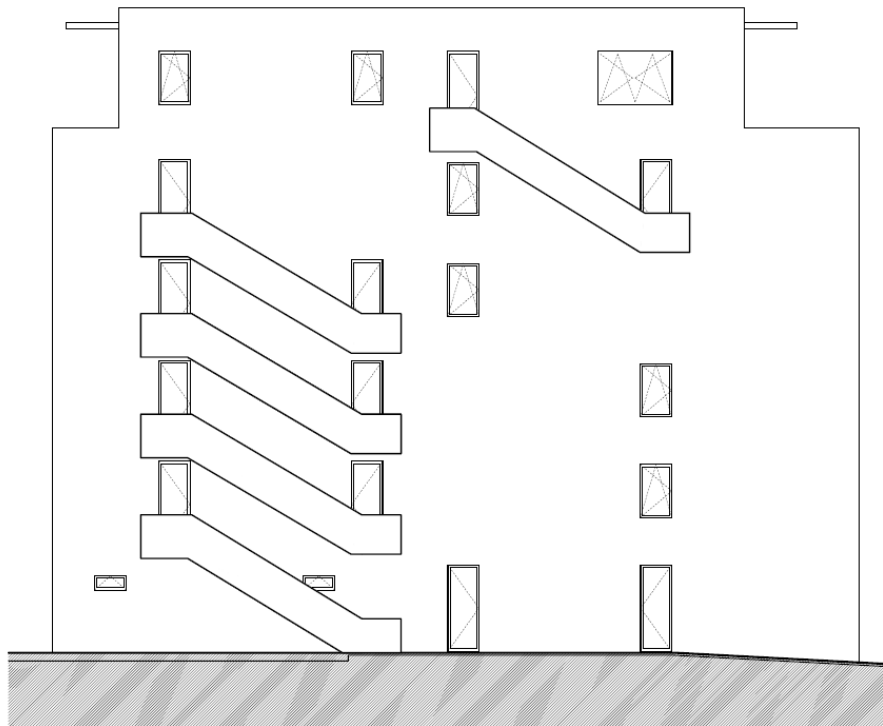
Smještaj objekta na parceli proizlazi iz prostorno – prometnih uvjeta, odnosno mogućnosti kolnog i pješačkog prilaza s prometnica koje se nalaze na zapadnoj strani u odnosu na stambeno – poslovnu zgradu.

## **1.3. Namjena građevine**

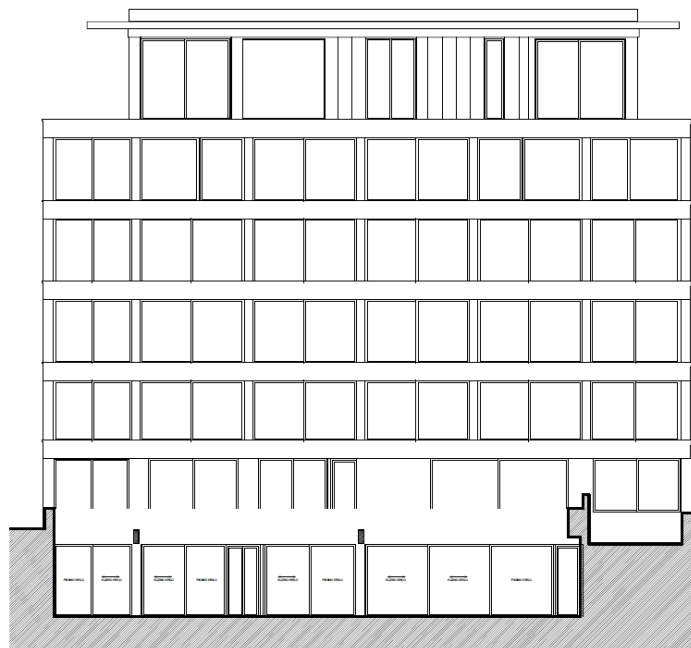
Namjena ove građevine je stambeno - poslovna. Sadržaji građevine podijeljeni su po katovima zgrade. Obzirom na svakidašnji problem parking mjesta, izrađene su dvije podzemna etaže koje imaju namjenu garaža. Građevina ima dvije podzemne etaže i 6 nadzemnih etaža (prizemlje, 4 kata i nadgrađe),

Vertikalnu komunikaciju nadzemnih i podzemnih etaža čine dizala i stubišta, dok komunikaciju između dvije podzemne etaže čini stubište te kolna rampa spiralnog oblika. Kolni ulaz u garažu je sa južne strane zgrade dok je pješački ulaz u zgradu moguć kroz tri ulaza s nivoa prizemlja zgrade.

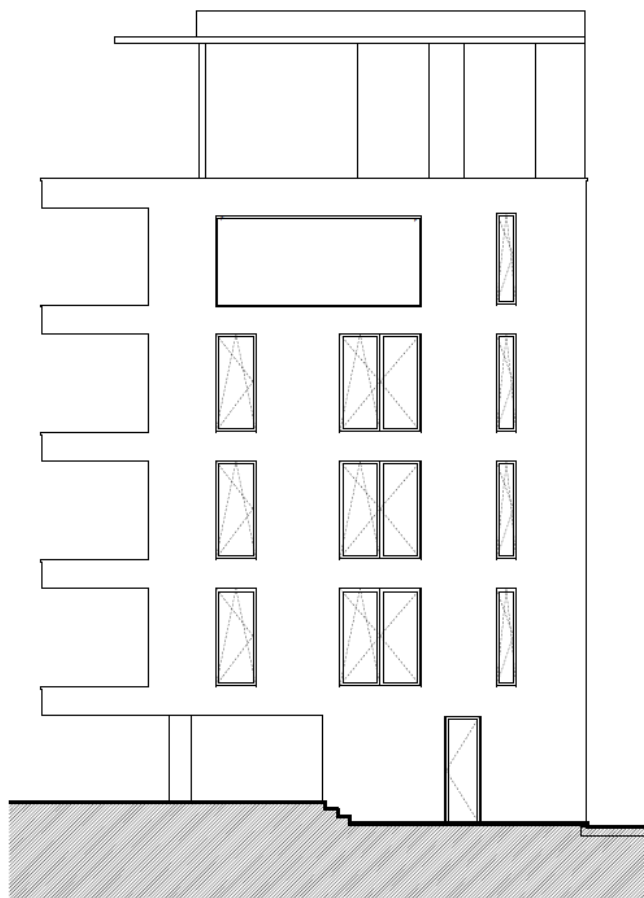
Ukupna visina zgrade od nulte točke terena je 18,20 m. Visine etaža od vrha ploče jednog kata do vrha ploče drugog kata redom iznose: prizemlje - 3,00 m, I., II., III. IV. Kat – 2,90m i nadgrađe - 3,60 m. Okolni teren zgrade će se naknadno prikladno hortikulturalno urediti. Infrastrukturni priključci izvest će se prema određenim zahtjevima javnih i komunalnih poduzeća te stručnih službi županije i grada.



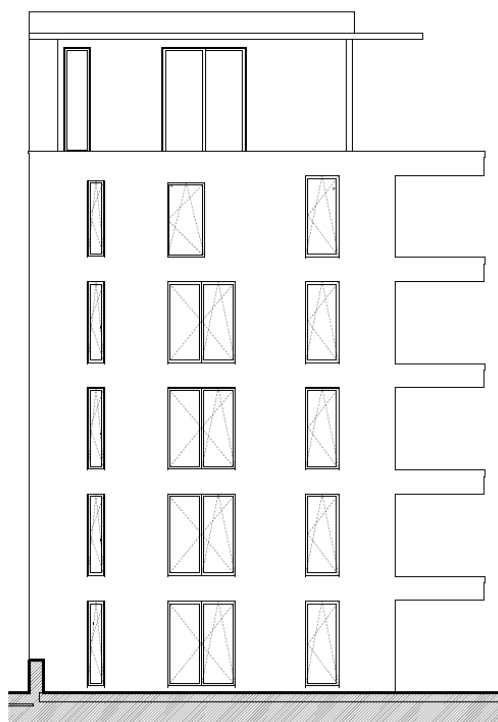
Slika 1.2 Sjeverno pročelje zgrade



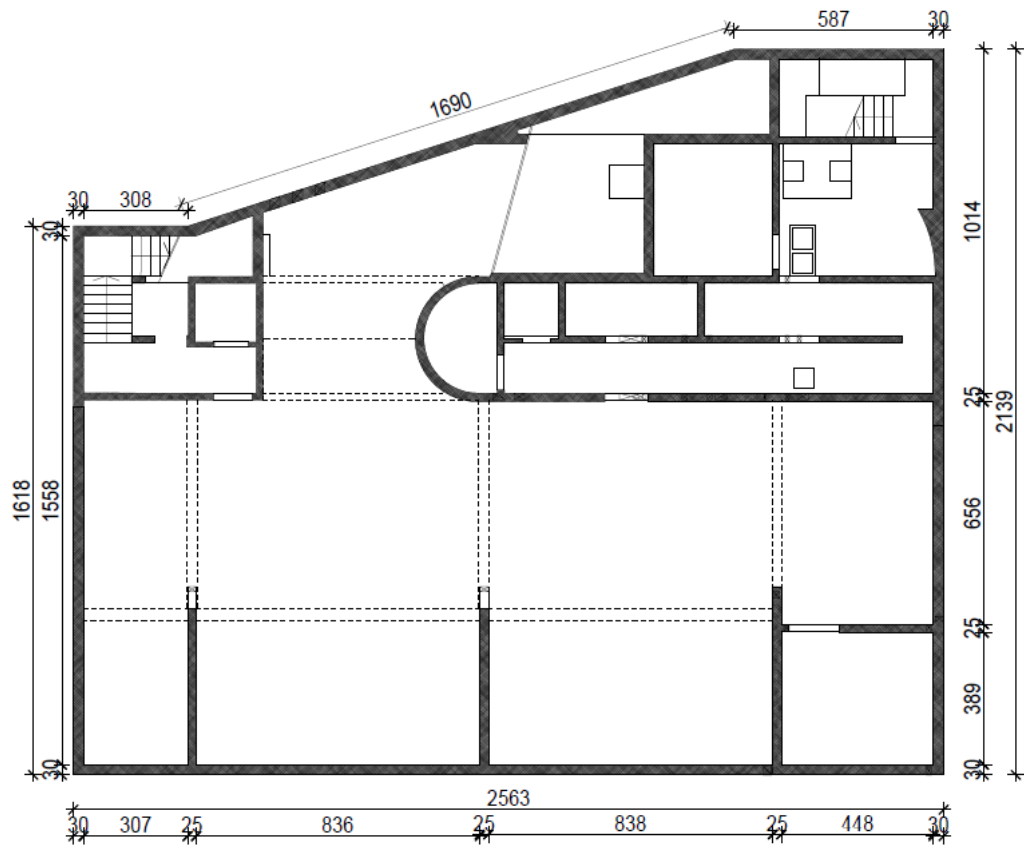
Slika 1.3 Južno pročelje



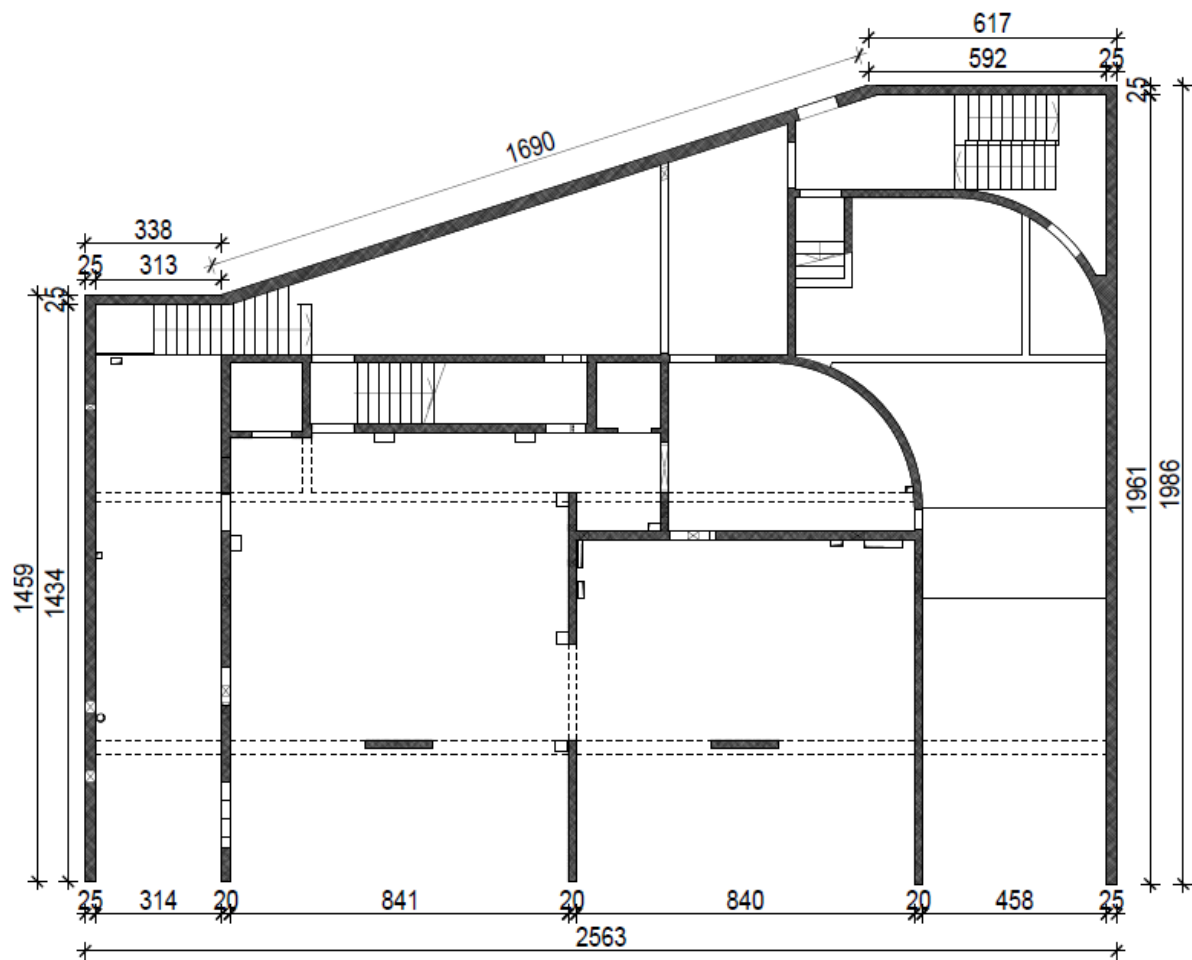
Slika 1.4 Istočno pročelje



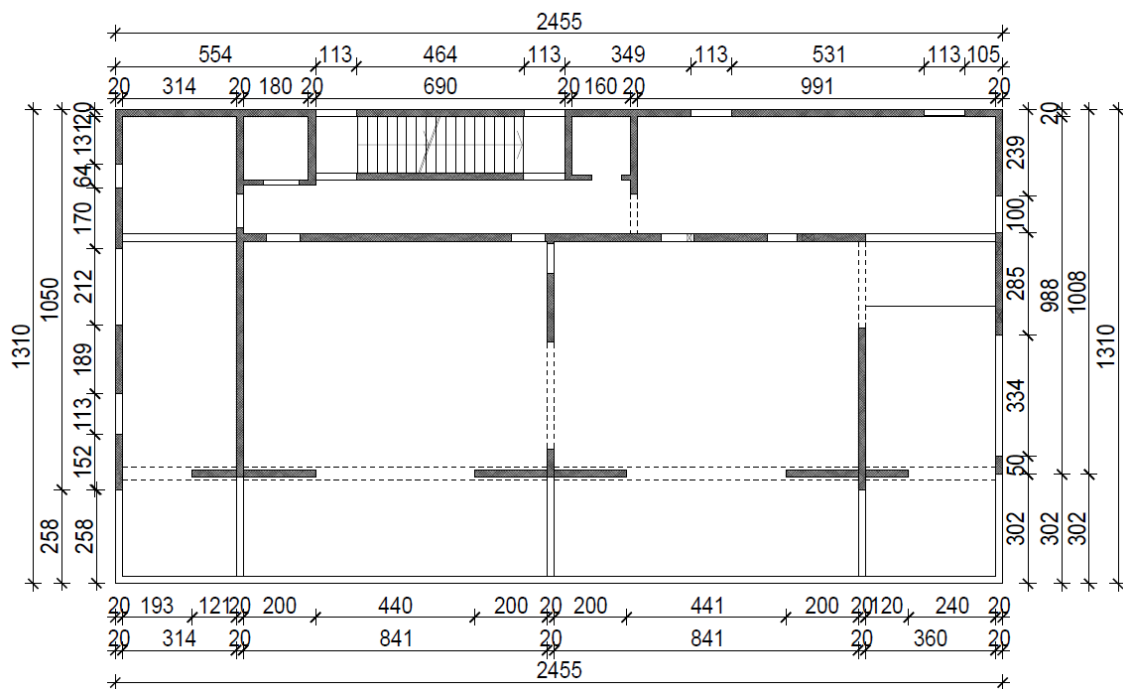
Slika 1.5 Zapadno pročelje



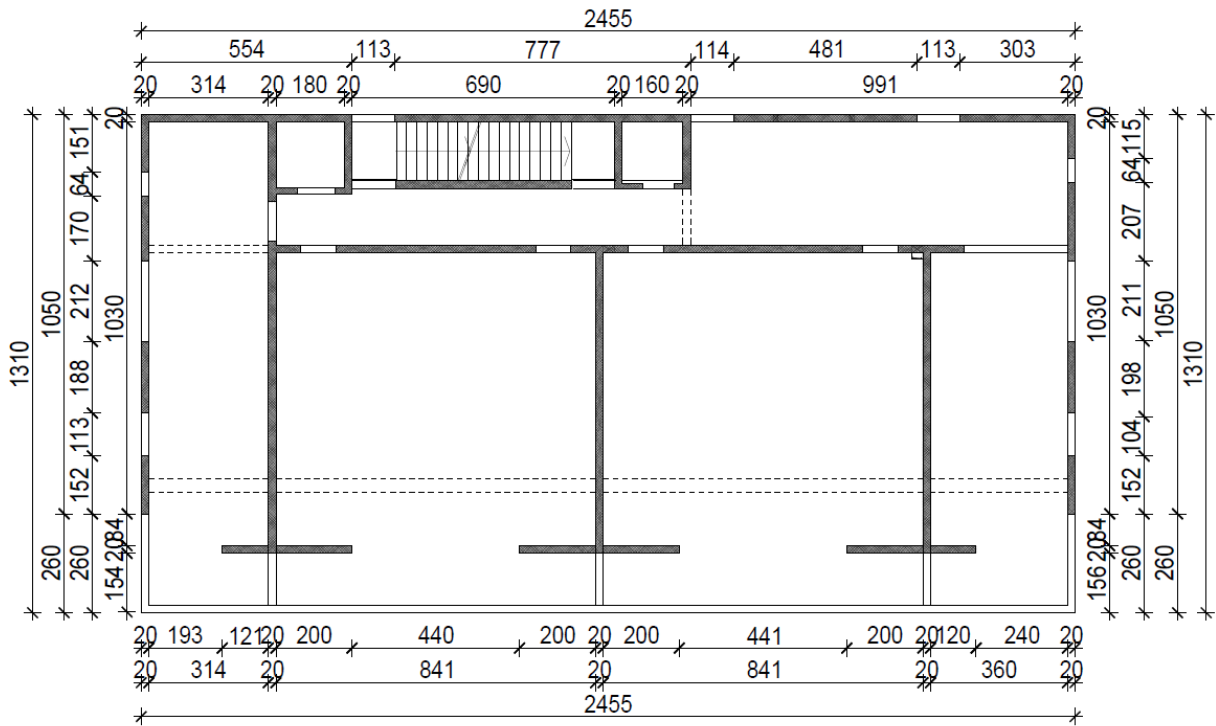
Slika 1.6 Tlocrt razine -2



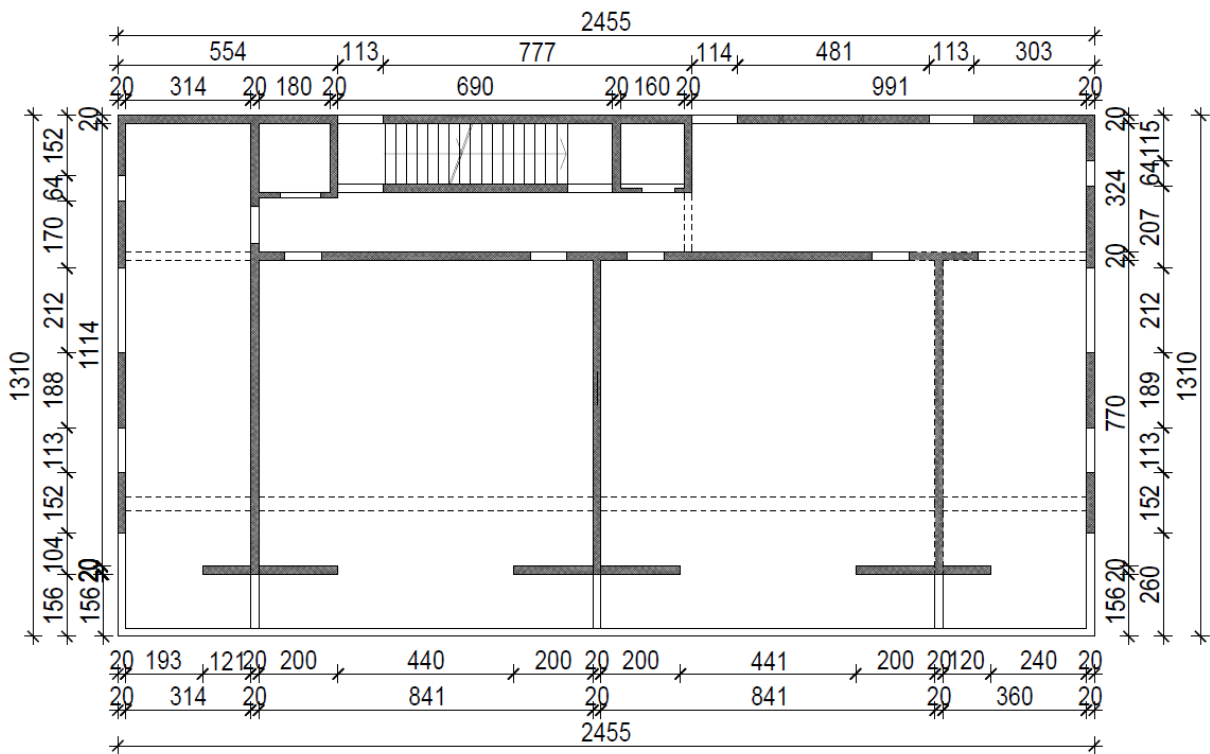
Slika 1.7 Tlocrt razine -1



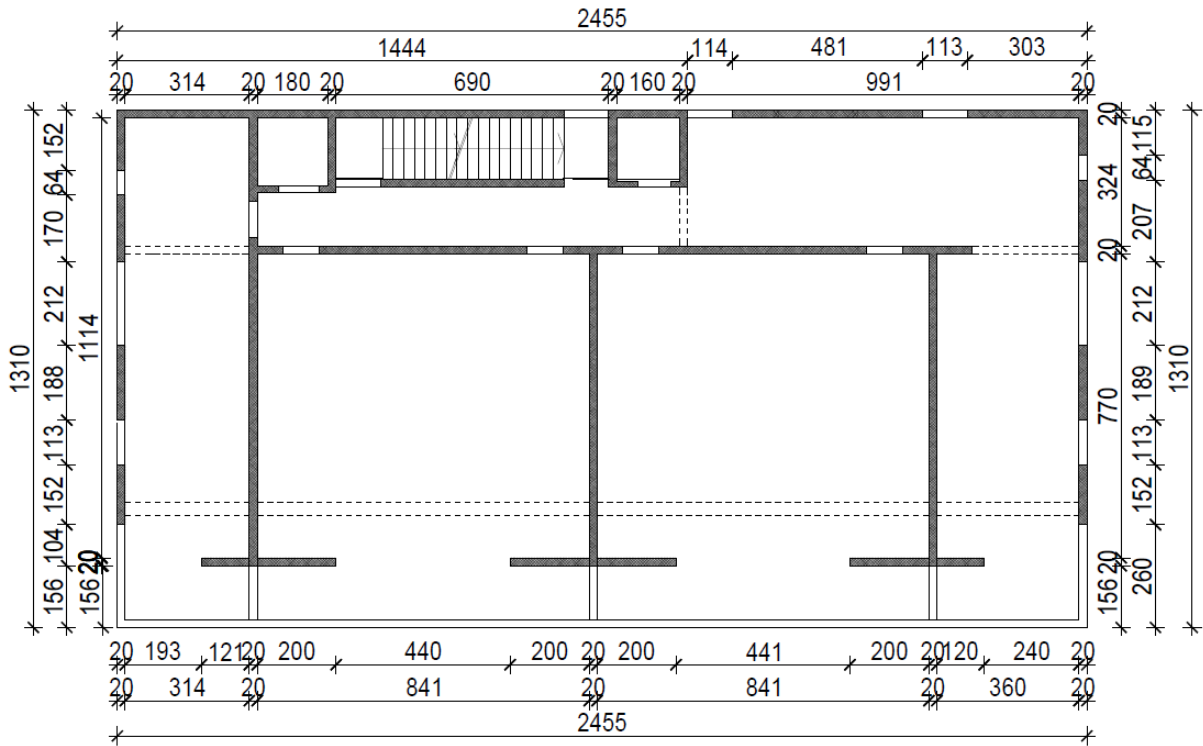
Slika 1.8 Karakteristični tlocrt prizemlja



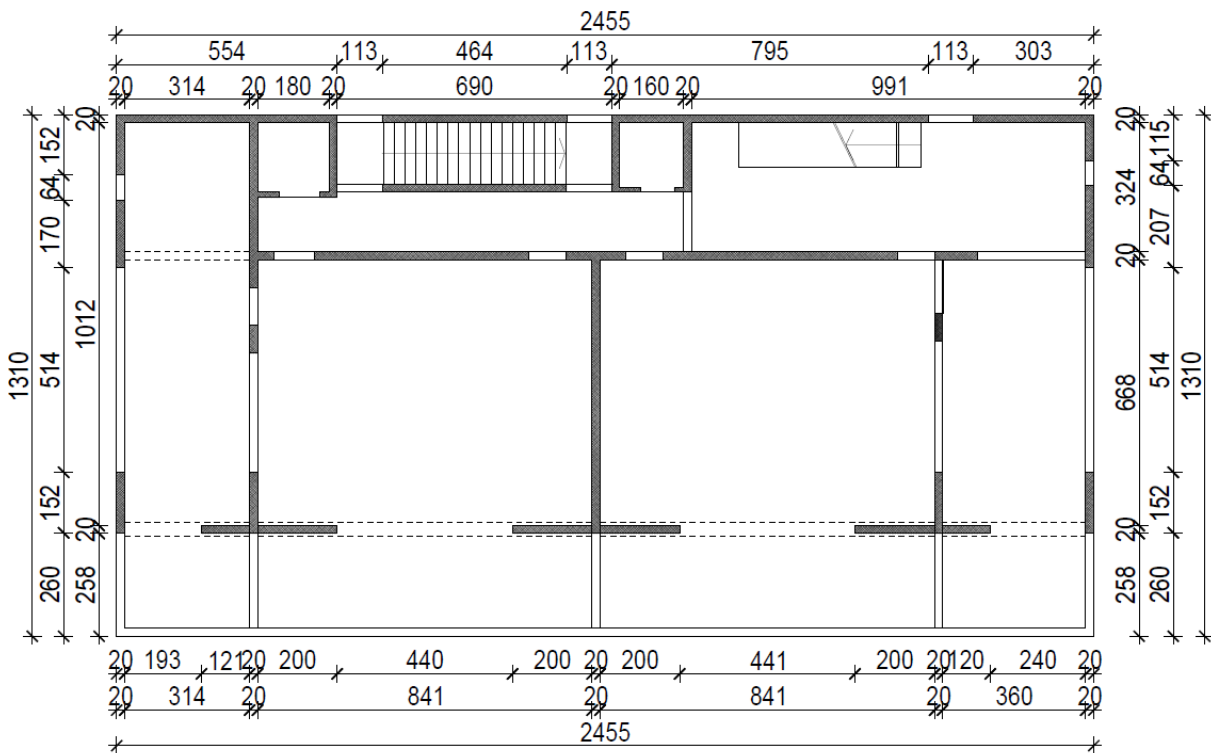
Slika 1.9 Karakteristični tlocrt I. kata



Slika 1.10 Karakteristični tlocrt II. kata

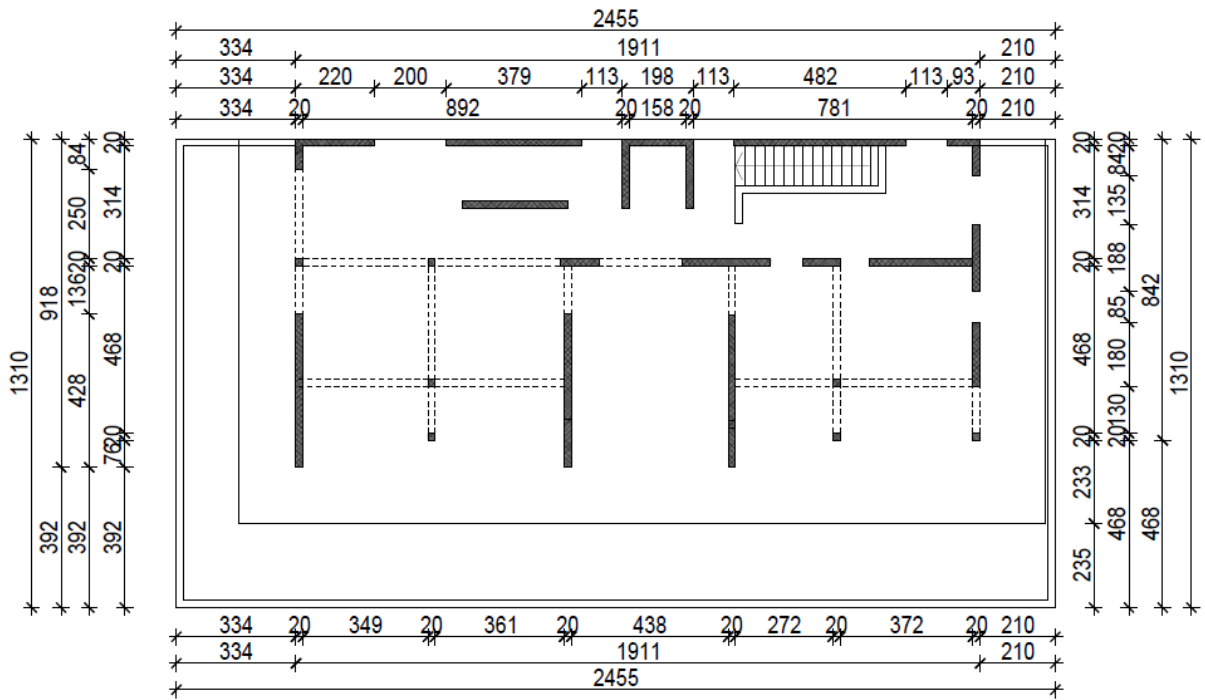


Slika 1.11 Karakteristični tlocrt III. Kata

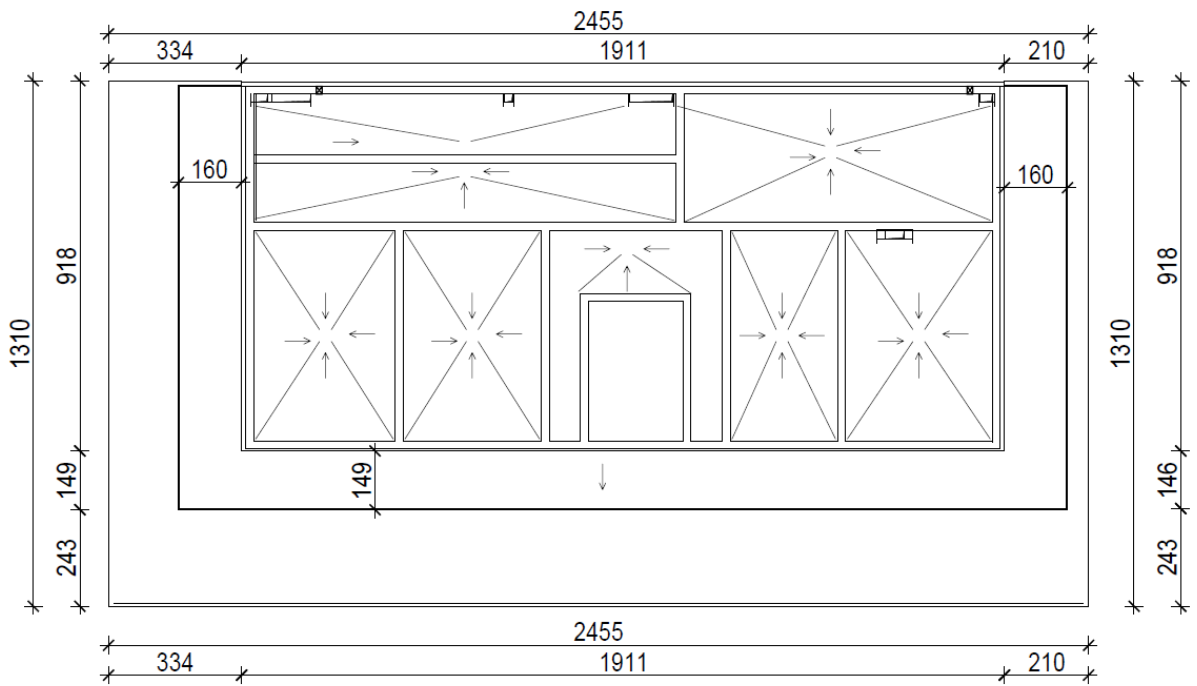


Slika 1.12 Karakteristični tlocrt IV. Kata

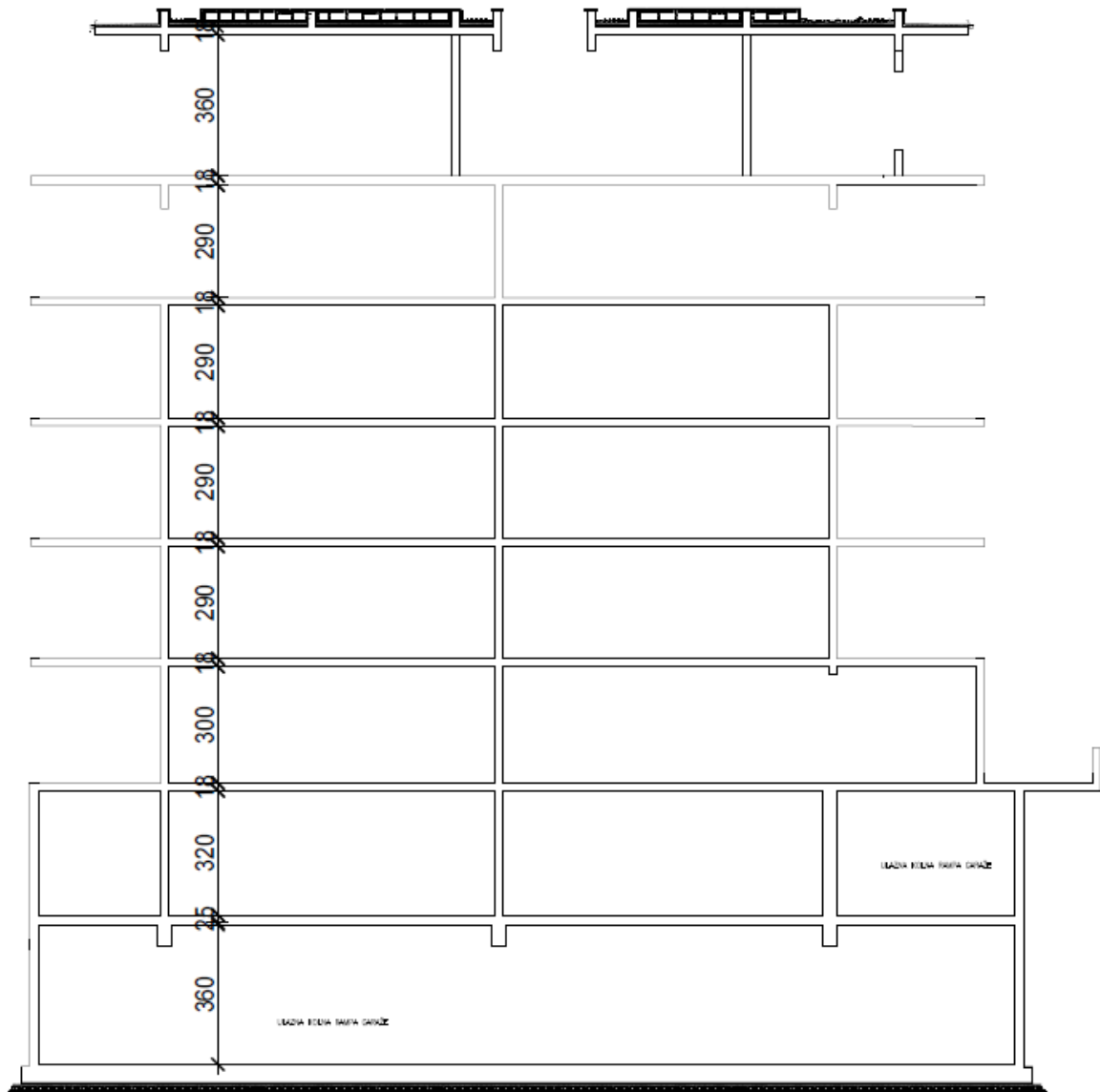




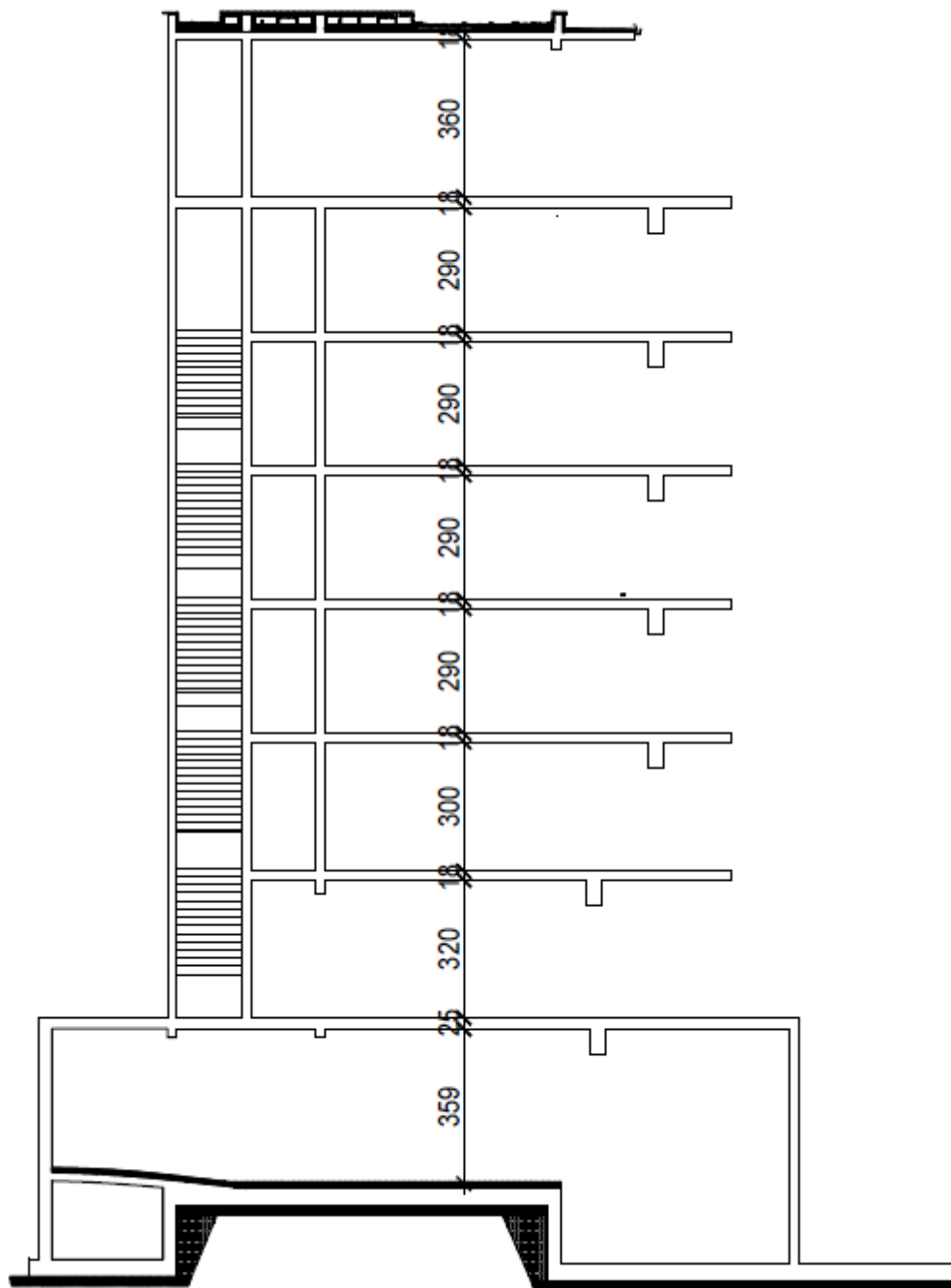
Slika 1.13 Karakteristični tlocrt nadgrađa



Slika 1.14 Karakteristični tlocrt krova



Slika 1.15 Karakteristični presjek A-A



Slika 1.16 Karakteristični presjek B-B

#### 1.4. **Konstruktivne pojedinosti – općenito**

U konstrukcijskom smislu građevina je standardna armirano – betonska konstrukcija koja će se izvesti prema slijedećem projektu.

Temelji objekta izvesti će se kao trakasti temelji i temeljne stope. Njihova dubina je definirana ovim te arhitektonskim projektom. U projektu je također predviđeno da se na zgradi izvede ravni krov.

Međukatne konstrukcije su AB ploče. Ploča garaže plana pozicije 100 je debljine 25 cm dok su sve ostale ploče plana pozicije 200 – 400 debljine 18 cm. Obodni nosivi zidovi podzemnog dijela zgrade su 30 cm, a unutarnji 25 cm, a svi nosivi zidovi nadzemnog dijela zgrade 20 cm, koji sadrže potrebne termičke slojeve. Ostale vertikalne pregrade izvedene su kao lagane pregrade od gipskartonskih ploča.

Položaj betonskih zidova prikazan je u priložima.

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

Armirano – betonska monolitna konstrukcija ploče garaže je konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonskih ploča ( $d = 25$  cm).

Garaža se sastoji od dvije, tlocrtno jednake etaže međusobno povezane kolnom rampom.

Podrum -2 je cijeli ukopan, dok je podrum -1 otvoren sa južne strane. Obodni zidovi podruma koji su ukopani, imaju ukrućenu vezu sa nasipom zemlje za horizontalna opterećenja.

Unutrašnji zidovi su debljine 25 cm, a obodni nosivi zidovi debljine 30 cm.

Materijal izrade je beton klase C 35/45.

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

Armirano – betonska monolitna konstrukcija ploče prizemlja je konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonske ploče ( $d = 18$  cm).

Unutrašnji i obodni zidovi su debljine 20 cm.

Materijal izrade je beton klase C 35/45.

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

Izvedba međukatne konstrukcije predviđena je AB pločama koja je izrađena je od betona klase C35/45 (prikazano u planovima pozicija), debljine 18 cm.

Armirano - betonske ploče na katovima kao i na ostalim etažama izvode se lijevanjem betona direktno u oplatu u koje je prethodno postavljena odgovarajuća armatura. Proračunom su dobivene osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente.

Konstruktivno se armiraju elementi koji nisu računati ( $\geq 0.1\%$  površine betonskog presjeka). Vertikalni nosivi sustav prizemlja i katova čine AB zidovi debljine 20 cm te na posljednjoj nadzemnoj etaži odnosno nadgrađu, istu konstrukciju čine još i stupovi kvadratnog poprečnog presjeka.

### 1.8. Lokacija i opterećenje

Zgrada se nalazi na lokaciji koja spada u zonu gdje je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g = 0.22g$ . Konstrukcija seizmičkih sila preuzima se sustavom armirano-betonskih zidova i stupova, što je u skladu s Eurokodom 2 i Eurokodom 8.

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

### 1.9. Izvedba

Iskop građevinske jame za izvedbu podzemnih etaža vršit će se do nivoa -7,90 m u odnosu na etažu prizemlja koja se nalazi na koti 0,00. Široki iskop će se izvesti vertikalnim zasjekom (10:1). Pristup jami predviđen preko buduće kolne 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 moguća su manja odstupanja u obliku poprečnog presjeka pojedinih elemenata u odnosu na elemente iz statičkog proračuna, no ne očekuju se bitna odstupanja. Inače, odstupanja bi imala utjecaj na ukupnu stabilnost građevine te je dovoljno ove razlike obraditi u izvedbenom projektu konstrukcije.

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

Zbog veličine i složenosti građevine u cilju osiguranja što kvalitetnije izvedbe nosive konstrukcije, investitor je u potpunosti dužan osigurati projektantski nadzor nad konstrukcijom za vrijeme izvedbe konstrukcije u skladu s Zakonom o gradnji (NN153/13,20/17).

### 1.10. Materijali

#### a) Beton

Za sve betonske radove predviđen je beton C 35/45, a sve prema "Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije" (NN 17/17).

#### b) Armatura

U obliku mreža ili šipki, predviđena je armatura B 500B za sve elemente. Zaštitni slojevi betona do armature iznose minimalno 3 cm.

Veličinu zaštitnog sloja treba osigurati dostatnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja treba 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. Za trajnost objekta presudni su veličina i kvaliteta zaštitnog sloja.

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

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

## 2. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

### 2.1. Podaci o istražnim radovima

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

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

### 2.2. Geološka i inženjersko – geološka istraživanja

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

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

### 2.3. Dubina podzemne vode

U hidrogeološkom smislu, razlomljene i okršene naslage lapora imaju pukotinsku i moguće kavernožnu 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 7,93 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 projektiranja kote temeljenja "plombira", tj. zapuni podbetonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0,55 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 Ø32 mm ("štopom") do dubine 2.0 do 3.0 m od kote temeljenja.



### **3. PLAN KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE**

#### **3.1. Opće napomene**

Izvoditelj je odgovoran za 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 zahtijevane geometrije**

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

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

#### **3.3. Zemljani radovi**

##### **3.3.1. Iskopi**

Tijekom radova na iskopima kontrolirati sljedeće:

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

- Tijekom rada ne smije doći do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- Ne smiju se iskopati nepotrebno povećani ili štetni iskopi
- Ne smije se degradirati ili oštetiti temeljno tlo zbog nekontroliranih miniranja i neadekvatnih iskopa
- Za vrijeme rada na iskopu, pa do završetka svih radova na objektu, izvođač je dužan osigurati pravilnu odvodnju, ne smije dozvoliti zadržavanje vode u iskopima
- Vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom elaboratu, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu građevine

### **3.3.2. Nasipi**

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

- Određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak (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 armirano - betonski radovi**

### **3.4.1. Beton**

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

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

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona (kojeg je dužan izraditi Izvođač), a u svemu sukladno s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (NN17/17).

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti

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

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrsnulog 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

- 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 (prEN10080-2:1999)
- nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik
  - 3.dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN10080-3:1999)
- 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 građevinske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

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

### **3.4.3. Prekidi betoniranja**

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### **3.4.4. Oplata**

Za izvedbu svih betonskih i armiranobetonskih elemenata potrebno je pravovremeno izraditi, postaviti i učvrstiti odgovarajuću drvenu, metalnu ili sličnu oplatu. Oplata mora odgovarati mjerama građevinskih nacrti, detalja i planova oplata. Podupiranjem i razupiranjem oplata mora se osigurati njena stabilnost i nedeformabilnost pod teretom ugrađene mješavine.

Unutarnje površine moraju biti ravne i glatke, bilo da su vertikalne, horizontalne ili kose.

Postavljena oplata mora se lako i jednostavno rastaviti, bez udaranja i upotrebe pomoćnih alata i sredstava čime bi se "mlada" konstrukcija izložila štetnim vibracijama. Ako se nakon skidanja oplata ustanovi da izvedena konstrukcija dimenzijama i oblikom ne odgovara projektu Izvođač je obavezan istu srušiti i ponovo izvesti prema projektu. Prije ugradnje svježe mješavine betona u oplatu istu, ako je drvena, potrebno je dobro navlažiti, a ako je metalna mora se premazati odgovarajućim premazom. Izvođač ne može započeti betoniranje dok nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri.

### **3.4.5. Primijenjeni standardi**

Standardi za beton – osnovni

HRN EN 206- Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN

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

## Standardi za beton – ostali

HRN EN 12350-1	Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
HRN EN 12350-2	Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
HRN EN 12350-3	Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
HRN EN 12350-4	Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
HRN EN 12350-5	Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
HRN EN 12350-6	Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
HRN EN 12350-7	Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
HRN EN 12390-1	Ispitivanje očvrtnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrtnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrtnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrtnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrtnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrtnulog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrtnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCEN/TS 12390-9	Ispitivanje očvrtnulog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
ISO 2859-1	Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine
ISO 3951	Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
HRN U.M1.057	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza

HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu I injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrslom betonu
HRN EN12504-1	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
HRN EN 12504-2	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
HRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
HRN EN 12504-4	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

#### Standardi za čelik za armiranje – osnovni

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

#### Standardi za čelik za armiranje – ostali

HRN EN 10020	Definicije i razredba vrsta čelika
HRN EN 10025	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti

	isporuke
HRN EN 10027-1	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
HRN EN 10027-2	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
EN 10079	Definicije čeličnih proizvoda
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: Armaturne šipke i žice
HRN EN ISO 15630-2	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže
Ostali standardi	
ENV 1992-1-1	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
ENV 1992-1-2	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

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

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta. Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima. Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

### **3.5. Ostali radovi i materijali**

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

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

### **3.6. Kontrolna ispitivanja**

Kontrolna ispitivanja provodi nadzorni organ, a za konačnu ocjenu kvalitete materijala i radova mjerodavni su rezultati kontrolnog ispitivanja. Kontrolna ispitivanja obavljaju se u tijeku izvedbe radova po vrsti, obujmu i vremenu, kako to nalažu zakonski propisi i tehnička regulativa.

Ukoliko rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu da kvaliteta 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 projektom 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 „TPGK“N.N.17/17.



### 3.7. Dužnosti izvođača

Radove izvoditi na način određen ugovorom, propisima i pravilima struke, tehničkim normativima i standardima propisanim i prihvaćenim u RH, te prema odobrenoj projektnoj dokumentaciji. Poduzeti sve potrebne mjere za sigurnost zaposlenih radnika, javnog prometa kao i susjednih objekata pored kojih se izvode radovi.

Organizirati kontrolu radova u terenskim i pogonskim laboratorijima, ili provjeriti tu kontrolu stručnim organizacijama koju su za to upisane u sudski registar. Ugrađivati materijal, predgotovljene elemente, elemente, uređaje i tehničku opremu koji odgovaraju propisanim standardima i tehničkim normativima. Kvalitetu radova, materijala i uređaja koji mogu utjecati na stabilnost i sigurnost objekta i kvalitetu cijelog objekta, odnosno radove, dokumentirati obrađenim rezultatima ispitivanja ili ispravama izdanim u skladu sa zakonom ili propisima o tehničkim normativima i standardima.

Radove izvoditi po redoslijedu kojim se osigurava kvalitetno izvođenje i o izvođenju pojedinih faza na vrijeme obavijestiti nadzorni organ zbog pregleda i utvrđivanja kvalitete.

Rezultate ispitivanja izvođač je dužan dostaviti nadzornom inženjeru.

Dužan je pribaviti sve ateste kada je to propisano tehničkim normativima ili propisima. Ne smije upotrebljavati građevinske materijale bez odobrenja nadzornog organa, a u slučaju da ih upotrijebi, snosi rizik i troškove koji iz toga nastanu. Izvođač je dužan tijekom građenja i po završetku istog pribaviti dokaze o kvaliteti upotrijebljenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih 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
- Uvjerjenje o kvaliteti zavarene građevinske armaturne mreže

## 4. OPĆI I POSEBNI TEHNIČKI UVJETI

### 4.1. Oplate i skele

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

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja. Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohama koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4.2. Transport i ugradnja betona**

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplate i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera.

Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu.

Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama).

Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja.

Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje

betona po kosinama. Transportna sredstva se ne smiju oslanjati na oplatu ili armaturu kako ne bi dovela u pitanje njihov projektirani položaj.

Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona. Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem. Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom ukliješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

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

#### 4.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama

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

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

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

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

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

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

Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno pokrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.

#### 4.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona.

Pri ugradnji svježi beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C. Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje pokrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata.

Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

#### **4.5. Obveze izvođača**

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku.

Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se otkloniti sa gradilišta.

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

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

## 5. NAČIN ZBRINJAVANJA GRAĐEVNOG OTPADA

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propis iz tog područja je: Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13), koji u sebi sadrži sve ostale relevantne pravilnike: Pravilnik o vrstama otpada, Pravilnik o postupanju s otpadom, itd.

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

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

Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom:

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

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

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

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

Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, 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, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali.

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



## 6. UVJETI ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK TRAJANJA

Razmatrana građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja.

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

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17) i pripadajućim normama. Redoviti pregled predmetne građevine, od strane kvalificiranih osoba, a u svrhu održavanja konstrukcije za predmetnu građevinu treba provoditi najmanje svakih 5 godina (zgrade javne namjene). Izvanredne preglede građevine provoditi nakon nekog izvanrednog događaja (ekstremne vremenske neprilike, potres, požar, eksplozija i slično) ili prema zahtjevu inspekcije.

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

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

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

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

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

Norme za ispitivanje i održavanje građevina :

HRN ENV 13269	Održavanje – Smjernice za izradu ugovora o održavanju
HRN EN 13306	Nazivlje u održavanju
HRN ENV 13670-1:2002	Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito (ENV 13670-1:2000)
HRN U.M1.047:1987	Ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem i ispitivanje do sloma
HRN EN 4866:1999	Mehaničke vibracije i udari – Vibracije građevina – Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine (ISO 4866:1990+Dopuna 1:1994+Dopuna 2:1996)
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima
HRN ISO 15686-1:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 1. dio: Opća načela (ISO 15686-1:2000)
HRN ISO 15686-2:2002	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe (ISO 15686-2:2001)
HRN ISO 15686-3:2004	Zgrade i druge građevine – Planiranje vijeka uporabe – 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava (ISO 15686-3:2002)
HRN 12504-1:2000	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće (EN 12504-1:2000)
HRN 12504-2:2001	Svojstva betona u konstrukcijama – 2.dio: Nerozorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2001)
nHRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 3. dio: Određivanje sile čupanja (pull-out) (prEN 12504-3:2003)
HRN EN 12504-4:2004	Ispitivanje betona – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvučnog

	impulsa (EN 12504-4:2004)
HRN EN 12390-1:2001	Ispitivanje očvrsloga betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe (EN 12390-1:2000)
HRN EN 12390-3:2002	Ispitivanje očvrsloga betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća ispitnih uzoraka (EN 12390-3:2001)

Očekivani vijek trajanja građevina je 50 godina. Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilna izvedba te pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## **7. PLANOVI POZICIJA**

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

Ploče su označavane velikim slovom P (P000, P100, ...) i pripadajućim brojem, grede su označavane velikim slovom G (G1, G2, ...) i pripadajućim brojem, stupovi velikim slovom S (S1, S2, ...) i pripadajućim brojem.

Zbog jednostavnosti grede i stupovi su podijeljeni prema tipu (dimenzijama).

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.

## 8. ANALIZA OPTEREĆENJA

Sva opterećenja uzeta prema:

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

## 8.1. Vlastita težina

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

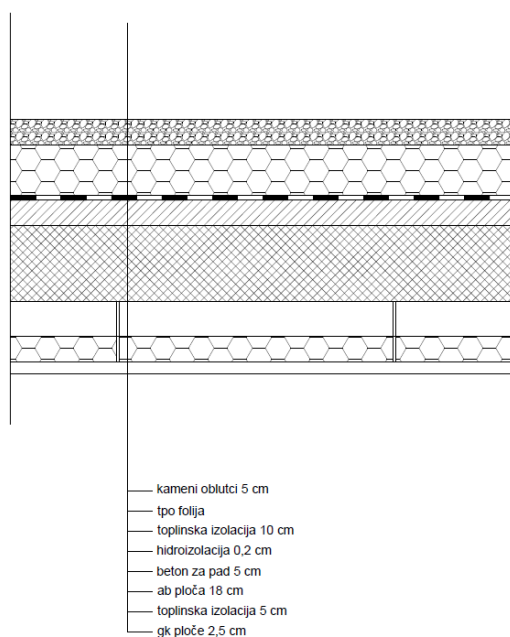
## 8.2. Dodatno stalno opterećenje

### a) Ploča krova nadgrađa

Tablica 8.1 – karakteristični iznos opterećenja slojeva ravnog krova nadgrađa

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Kameni oblutci	0,05	15	0,75
Tpo folija	0,007	9	0,063
Toplinska izolacija	0,10	5	0,5
Hidroizolacija + parna brana	0,0002	18	0,036
Beton za pad	0,05	25	1,25
AB ploča	0,18	Uključena	kroz program
Toplinska izolacija	0,05	5	0,25
GK ploče	0,025		0,20

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 3,05 \text{ (kN/m}^2\text{)}$



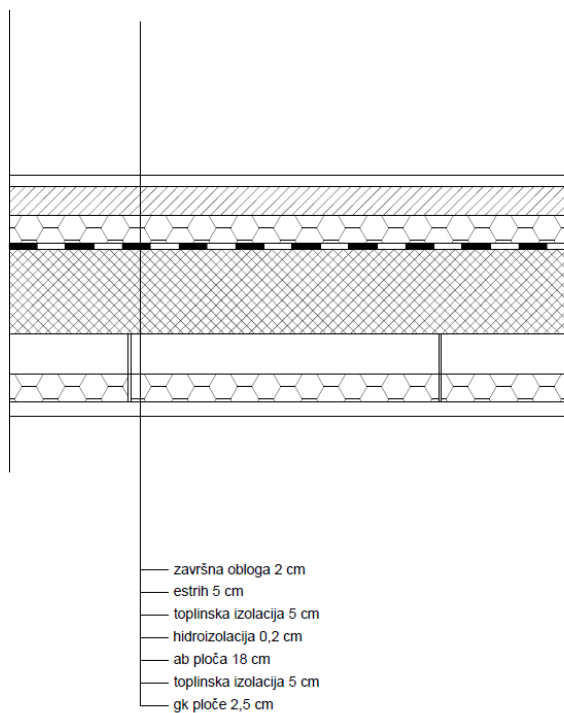
Slika 8.1. Karakterističan prikaz presjeka slojeva ploče krova nadgrađa

b) Ploča katova

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> )
Završni sloj	0,02	8	0,16
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,05	5,0	0,25
Hidroizolacija	0,002	18,0	0,036
AB ploča	0,18	Uključena	kroz program
Toplinska izolacija	0,05	5	0,25
GK ploče	0,025		0,20

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,15 \text{ (kN/m}^2\text{)}$



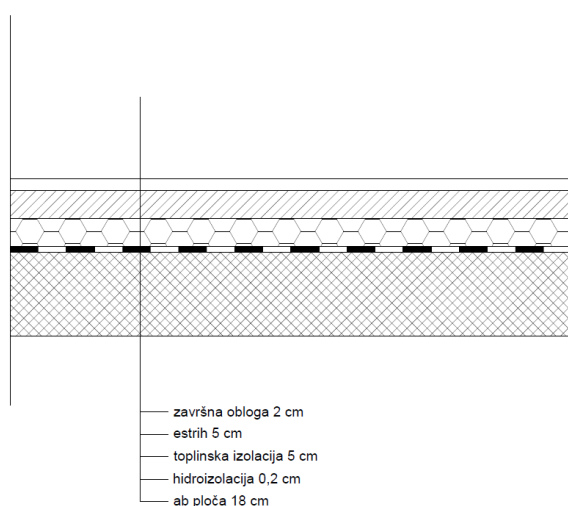
Slika 8.2. Karakterističan prikaz presjeka slojeva ploče katova

c) Ploča iznad podruma -1

Tablica 8.3 – karakteristični iznos opterećenja slojeva podruma -1

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Završni sloj	0,02	8	0,16
AB estrih	0,05	25,0	1,25
Toplinska izolacija	0,05	5,0	0,25
Hidroizolacija	0,002	18,0	0,036
AB ploča	0,18	Uključena kroz program	

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 1,70$  (kN/m<sup>2</sup>)



Slika 8.3. Karakterističan prikaz presjeka slojeva ploče podruma -1

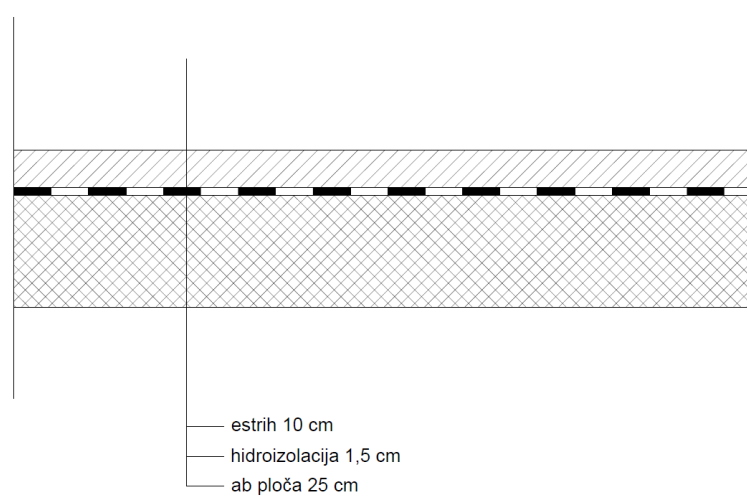
d) Ploča iznad podruma -2

Tablica 8.4 – karakteristični iznos opterećenja slojeva podruma -2

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
AB estrih	0,10	25,0	2,50
Hidroizolacija + parna brana	0,01	18,0	0,18
AB ploča	0,25	Uključena kroz program	

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,68$  (kN/m<sup>2</sup>)





Slika 8.4. Karakterističan prikaz presjeka slojeva ploče podruma -2

e) Stubište

Tablica 8.5 – karakteristični iznos opterećenja stubišta

Sloj:	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Kamene ploče	0,03	28	0,86
Cementni mort	0,02	20	0,40
Stepenik	0,075	Uključen kroz program	
AB ploča	0,18	Uključena kroz program	
Žbuka	0,02	19	0,38

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 1,62 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

### 8.3. Pokretno 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:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Kolnička ploča u garaži:  $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$

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:  $q = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ kN/m}^2$
- Kolnička ploča u garaži:  $q = 2,0 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$

### 8.4. 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  $s_k = 0.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  (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  $\Rightarrow C_t = 1,0$

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

## 8.5. 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:

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

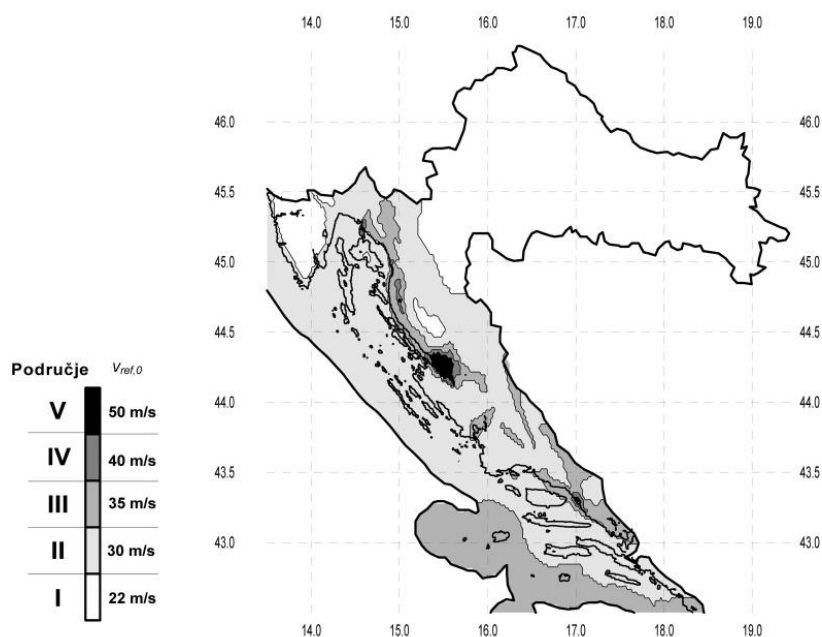
Koeficijent smjera vjetra ( $c_{DIR}$ ) proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske:  $c_{DIR} = 1,0$ .

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:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

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

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

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

$c_0(z)$  – 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:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{za} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

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

Pa je maksimalni tlak brzine vjetra :

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

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

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

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:

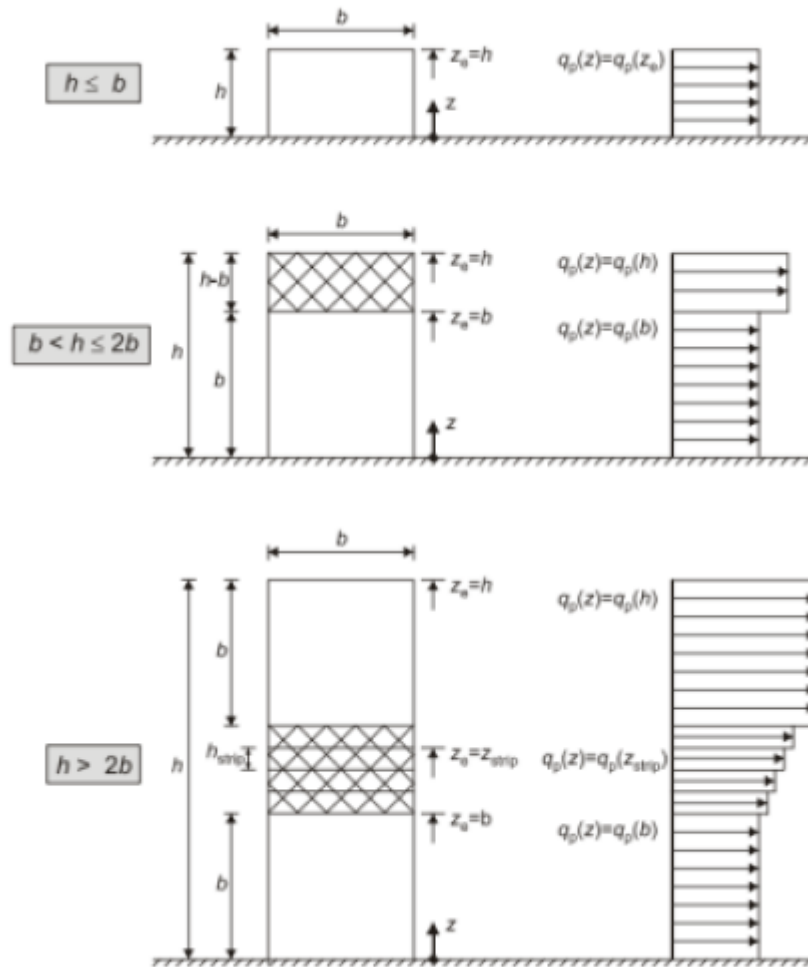
$$W_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe} \quad - \text{sila vjetra na vanjske plohe; } C_{pe} \text{ - koeficijent vanjskog tlaka}$$

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

$z_e$  - 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

Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

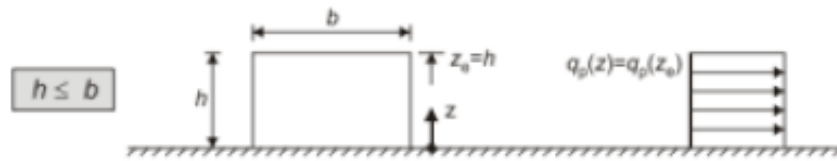
	X smjer (m)	Y smjer (m)
	24,55	13,10

Poredbena visina:

X smjer

Zgrada :  $h \leq b$

$$z_e = h = 18,20 \text{ m}$$

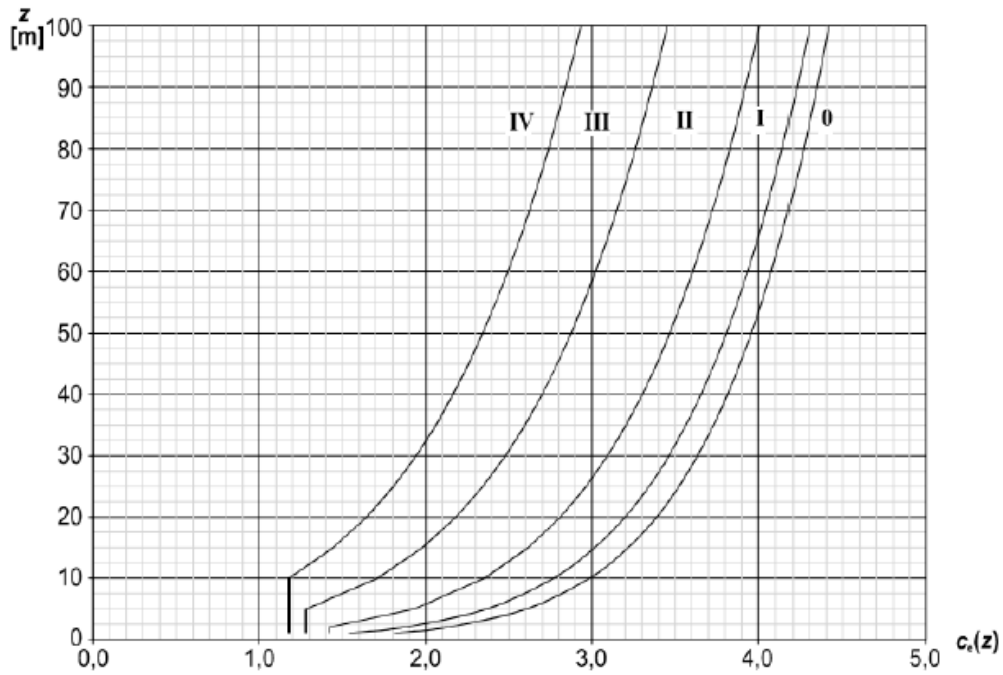
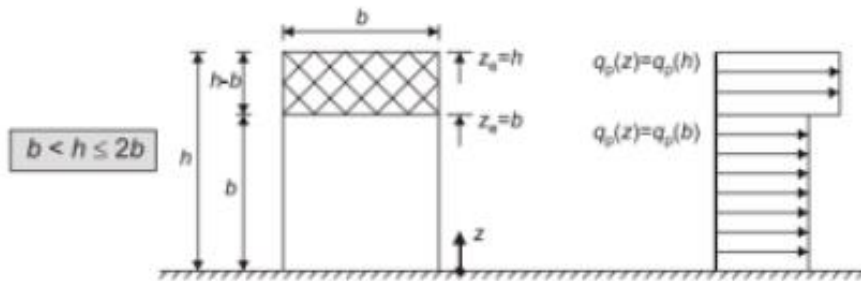


Y smjer

Zgrada:  $b < h \leq 2b$

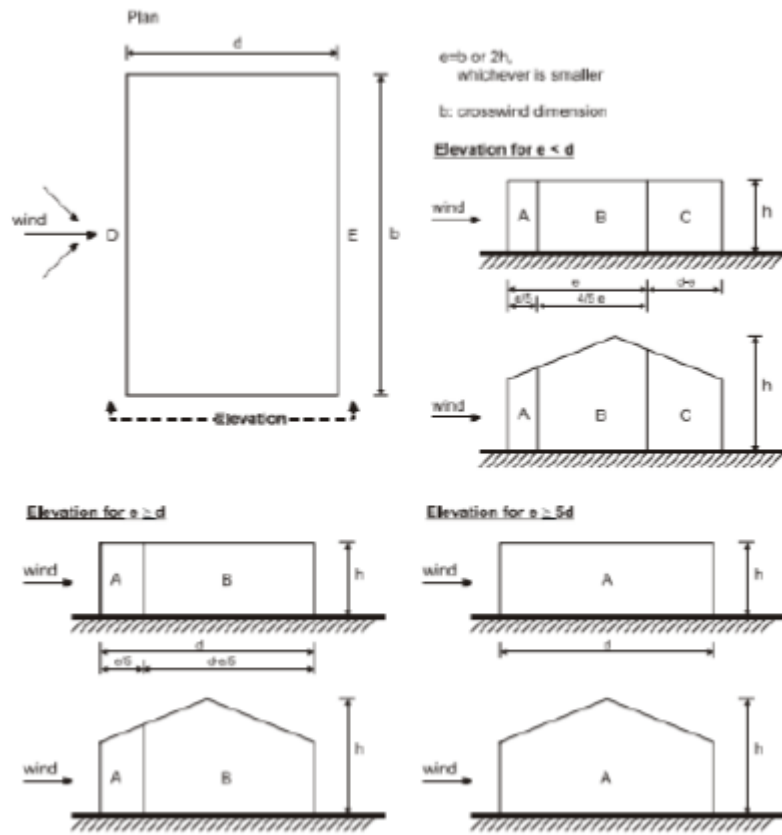
$$z_e = b = 13,10 \text{ m}$$

$$z_e = h = 18,20 \text{ m}$$



2) Podjela zgrade na zone

– vertikalni zidovi



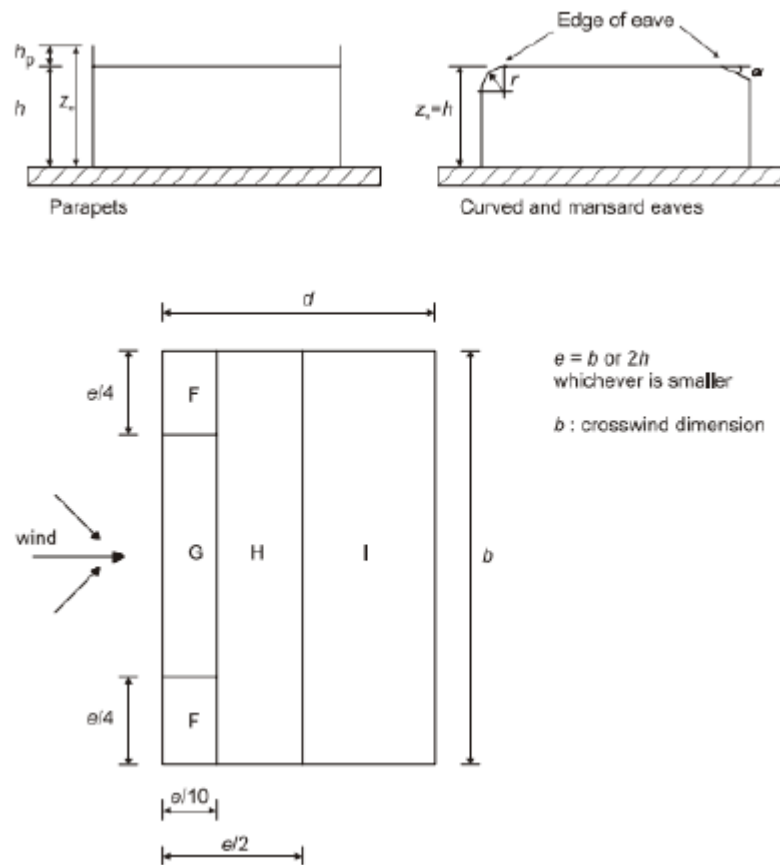
Slika 8.6 Područja djelovanja vanjskog tlaka za vertikalne zidove

Tablica 8.6 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 8.7 Područja djelovanja vanjskog tlaka za ravne krovove

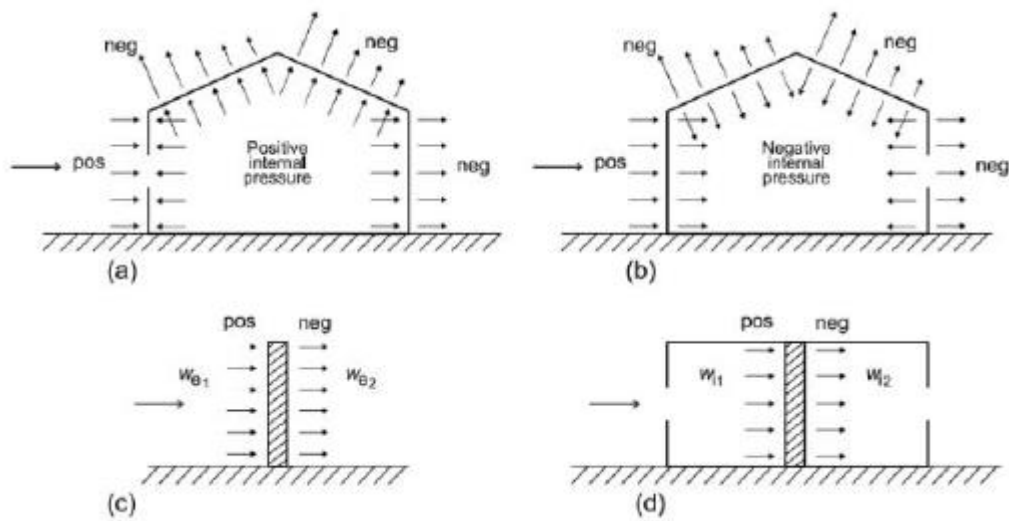
Tablica 8.7 Koeficijenti vanjskog tlaka na ravne krovove

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
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-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

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

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

Rezultirajuća sila vjetra na vanjske i unutarnje plohe ( $w_e$  i  $w_i$ ) se raspoređi prema shemi prikazanoj na slici 8.4 te se zbrajanjem odnosno oduzimanjem rezultirajuće sile vjetra dobije ekvivalentna sila vjetra na plohu.



Slika 8.8 Smjer djelovanja unutarnjeg i vanjskog tlaka

## Rezultati proračuna zgrade

X smjer

Zgrada

Tablica 8.8 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_p$ 

$v_{b,0}=35 \text{ m/s}, k_r=0,234, z_{\min}=10 \text{ m}, z_0=1 \text{ m}$	
$z_e \text{ (m)}$	18,20
$v_{b,0} \text{ (m/s)}$	35
$a_s \text{ (m)}$	80
$c_{ALT}$	1,008
$c_{DIR}$	1
$c_{TEM}$	1
$v_b \text{ (m/s)}$	35,28
$c_r(z)$	0,679
$k_r$	0,234
$z = z_e$	18,20
$z_0$	1
$c_0$	1
$v_m(z)$	23,95
$I_v(z)$	0,345
$\rho_{zr} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	1,25
$q_p(z)$	1,224

Tablica 8.9 Proračun ekvivalentnog opterećenja vjetrom

ZONA	A	B	C	D	E
$q_p(z) \text{ (kN/m}^2\text{)}$	1,224	1,224	1,224	1,224	1,224
$c_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
$c_{pi} \text{ (max)}$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$c_{pi} \text{ (min)}$	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
$W_e \text{ (kN/m}^2\text{)}$	-1,469	-0,979	-0,612	0,979	-0,612
$W_i \text{ - max}$	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979
$W_i \text{ - min}$	-0,612	-0,612	-0,612	-0,612	-0,612
$W_{ekv} \text{ - max}$	-2,45	-1,96	-1,59	0	-1,59
$W_{ekv} \text{ - min}$	-0,86	-0,37	0	1,59	0

Y smjer

Zgrada

Tablica 8.10 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_p$  za  $z_e = 18,20$  m

$v_{b,0}=35$ m/s, $k_r=0,234$ , $z_{\min}=10$ m, $z_0=1$ m	
$z_e$ (m)	18,20
$v_{b,0}$ (m/s)	35
$a_s$ (m)	80
$c_{ALT}$	1,008
$c_{DIR}$	1
$c_{TEM}$	1
$v_b$ (m/s)	35,28
$c_r(z)$	0,679
$k_r$	0,234
$z = z_e$	18,20
$z_0$	1
$c_0$	1
$v_m(z)$	23,95
$I_v(z)$	0,345
$\rho_{zr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,25
$q_p(z)$	1,224

Tablica 8.11 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_{p,z}$  za  $z_e = 11,45$  m

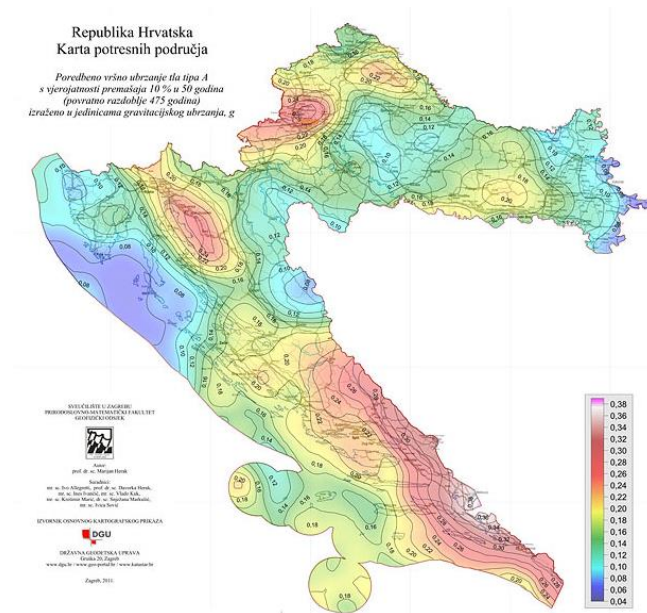
$v_{b,0}=35$ m/s, $k_r=0,234$ , $z_{\min}=10$ m, $z_0=1$ m	
$z_e$ (m)	13,10
$v_{b,0}$ (m/s)	35
$a_s$ (m)	80
$c_{ALT}$	1,008
$c_{DIR}$	1
$c_{TEM}$	1
$v_b$ (m/s)	35,28
$c_r(z)$	0,570
$k_r$	0,234
$z = z_e$	11,45
$z_0$	1
$c_0$	1
$v_m(z)$	20,11
$I_v(z)$	0,410
$\rho_{zr}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,25
$q_p(z)$	0,978

Tablica 8.12 Proračun maksimalnog tlaka brzine vjetra  $q_p$ 

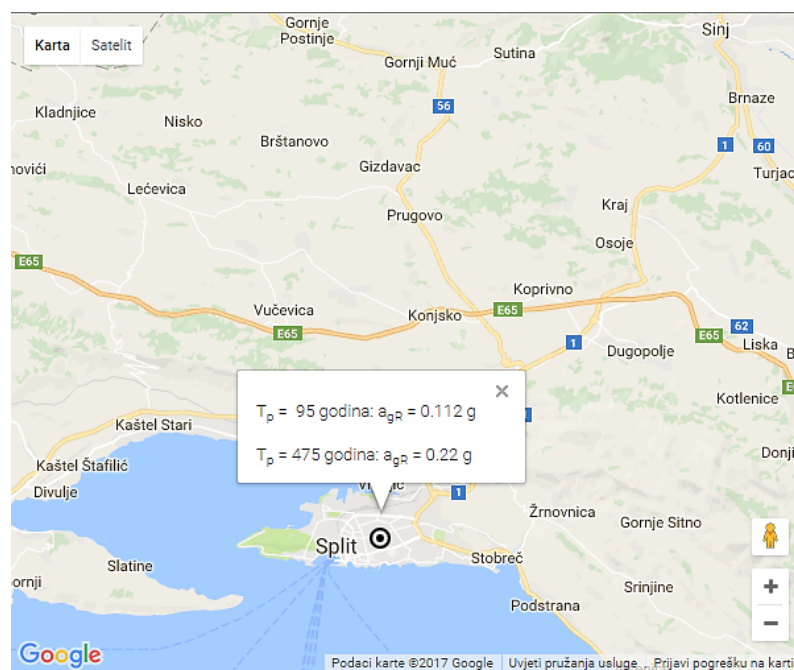
ZONA	A	B	D	E
$q_p(z)$ (kN/m <sup>2</sup> ) (11,45)	0,978	0,978	0,978	0,978
$q_p(z)$ (kN/m <sup>2</sup> ) (18,20)	1,224	1,224	1,224	1,224
$c_{pe}$	-1,2	-0,8	0,8	-0,5
$c_{pi}(\max)$	0,8	0,8	0,8	0,8
$c_{pi}(\min)$	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
$W_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) (11,45)	-1,174	-0,782	0,782	-0,489
$W_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) (18,20)	-1,469	-0,979	0,979	-0,612
$W_i - \max$ (11,45)	0,782	0,782	0,782	0,782
$W_i - \max$ (18,20)	0,979	0,979	0,979	0,979
$W_i - \min$ (11,45)	-0,489	-0,489	-0,489	-0,489
$W_i - \min$ (18,20)	-0,612	-0,612	-0,612	-0,612
$W_{ekv} - \max$ (11,45)	-1,96	-1,56	0	-1,27
$W_{ekv} - \max$ (18,20)	-2,45	-1,96	0	-1,59
$W_{ekv} - \min$ (11,45)	-0,69	-0,29	1,27	0
$W_{ekv} - \min$ (18,20)	-0,86	-0,37	1,59	0

## 8.6. Potresno 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 8.9 Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 8.10 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  $0,5 \leq k_w \leq 1$ ;  $\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}}$

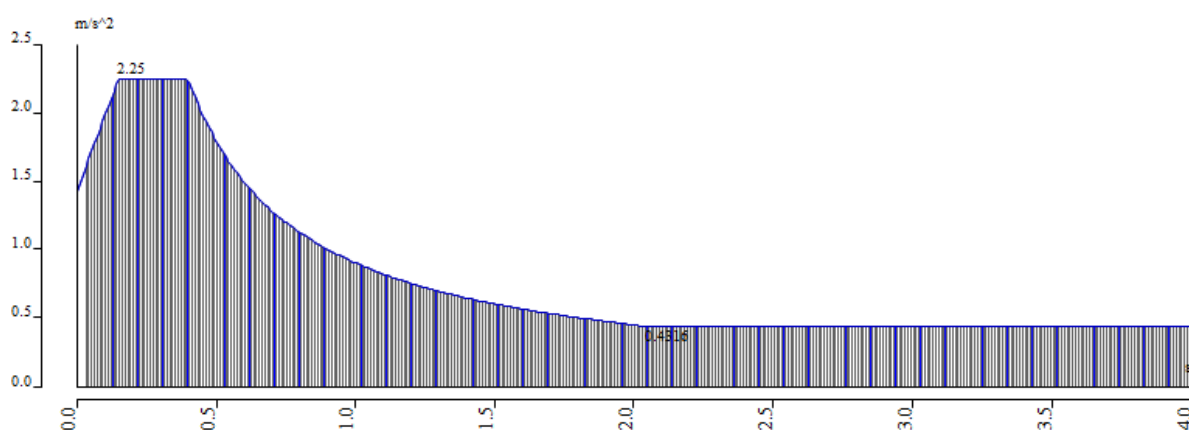
$$k_w = 1 \text{ za smjer } x \text{ i } y$$

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

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

Code parameters	
coeff accel. ag	0.220
ag - design acc...	2.158
q - behaviour fa...	2.400
beta	0.200
S, Tb, Tc, Td ma...	No
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1.000
Tb	0.150
Tc	0.400
Td	2.000

Slika 8.11. Upotrijebljeni parametri u proračunu



Slika 8.12 Normirani računski spektar odgovora

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (težina konstrukcije i dodatno stalno opterećenje) i 30% pokretnog opterećenja. Broj oblika ( modova ) osciliranja za predmetnu zgradu iznosi 50.

U nastavku su prikazani rezultati dinamičke analize posebno za svaku zgradu iz razloga što dobivamo realniji uvid dinamičkog ponašanja.



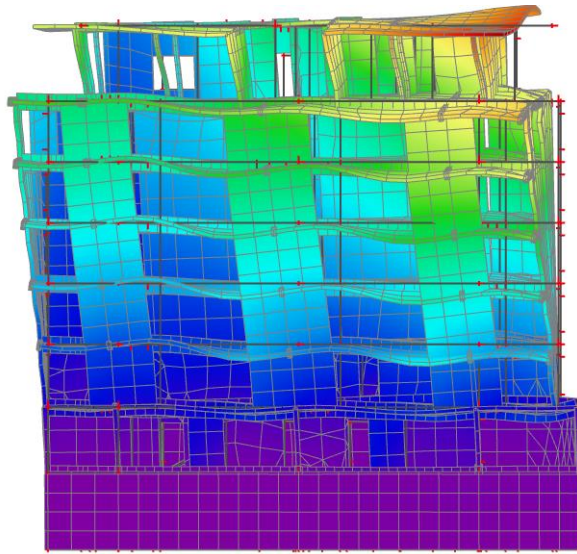
### 8.6.1. Rezultati dinamičke analize

a) Aktivirana masa pri djelovanju potresa

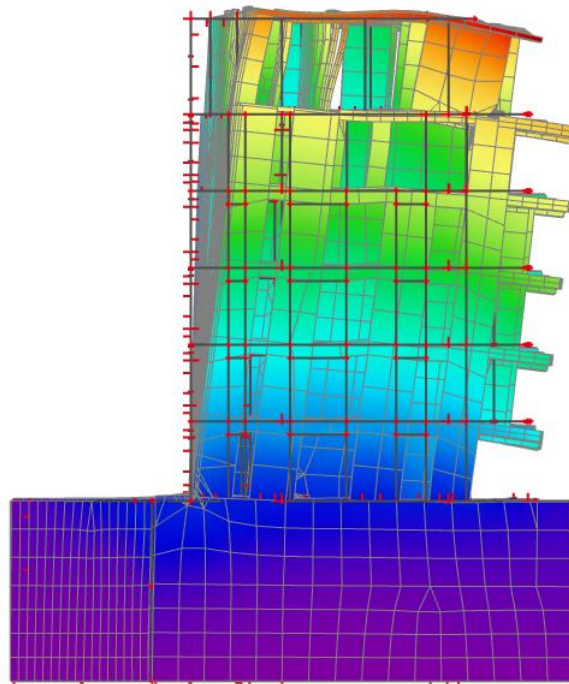
Mode	Imaga [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_x / W_{total}$	$W_y / W_{total}$	$W_z / W_{total}$	$V_{x,R} / W_{total,R}$	$V_{y,R} / W_{total,R}$	$V_{z,R} / W_{total,R}$
1	27.022	0.23	4.30	0.2928	0.2152	0.0011	0.0957	0.0369	0.1842
2	32.669	0.19	5.20	0.1807	0.4745	0.0111	0.1673	0.0158	0.0824
3	59.0075	0.11	9.39	0.3224	0.0034	0.0000	0.0006	0.0871	0.2470
4	68.5218	0.09	10.91	0.0012	0.0085	0.0023	0.0120	0.0873	0.1269
5	78.8279	0.08	12.55	0.0012	0.0101	0.1128	0.0112	0.0020	0.0009
6	81.4076	0.08	12.96	0.0017	0.0989	0.3189	0.1287	0.0166	0.0036
7	88.4875	0.07	14.08	0.0000	0.0167	0.0150	0.0201	0.0001	0.0006
8	92.6497	0.07	14.75	0.0072	0.0005	0.0001	0.0001	0.0312	0.0323
9	94.3327	0.07	15.01	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001
10	96.291	0.07	15.33	0.0016	0.0013	0.0009	0.0006	0.0080	0.0012
11	97.8457	0.06	15.57	0.0097	0.0025	0.0551	0.0058	0.0278	0.0002
12	101.204	0.05	16.11	0.0034	0.0000	0.0155	0.0001	0.0120	0.0034
13	102.459	0.05	16.31	0.0007	0.0003	0.0003	0.0000	0.0052	0.0137
14	104.481	0.05	16.63	0.0003	0.0003	0.0005	0.0003	0.0018	0.0000
15	104.765	0.05	16.67	0.0014	0.0011	0.0000	0.0017	0.0066	0.0010
16	106.685	0.05	16.98	0.0005	0.0011	0.0003	0.0016	0.0036	0.0021
17	107.816	0.06	17.16	0.0078	0.0026	0.0084	0.0070	0.0191	0.0026
18	109.715	0.06	17.46	0.0233	0.0039	0.0055	0.0073	0.0706	0.0029
19	110.432	0.06	17.58	0.0179	0.0018	0.0082	0.0059	0.0325	0.0083
20	113.269	0.06	18.03	0.0076	0.0030	0.0035	0.0073	0.0200	0.0014
21	114.444	0.05	18.21	0.0006	0.0163	0.0069	0.0284	0.0003	0.0004
22	115.231	0.05	18.34	0.0008	0.0050	0.0013	0.0107	0.0031	0.0025
23	119.155	0.05	18.96	0.0047	0.0044	0.0010	0.0109	0.0092	0.0019
24	119.739	0.05	19.06	0.0016	0.0018	0.0071	0.0031	0.0188	0.0200
25	124.695	0.05	19.85	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002
26	128.147	0.05	20.40	0.0046	0.0199	0.0090	0.0485	0.0105	0.0018
27	130.133	0.05	20.71	0.0001	0.0002	0.0483	0.0029	0.0113	0.0457
28	131.297	0.05	20.90	0.0004	0.0003	0.0001	0.0000	0.0023	0.0003
29	132.946	0.05	21.16	0.0034	0.0016	0.0149	0.0011	0.0325	0.0071
30	137.122	0.05	21.82	0.0005	0.0020	0.0020	0.0025	0.0083	0.0042
31	139.868	0.04	22.26	0.0082	0.0008	0.0244	0.0091	0.0483	0.0013
32	143.804	0.04	22.89	0.0009	0.0090	0.0167	0.0266	0.0026	0.0000
33	144.331	0.04	22.97	0.0059	0.0002	0.0217	0.0053	0.0363	0.0025
34	148.392	0.04	23.62	0.0012	0.0016	0.0015	0.0049	0.0045	0.0004
35	148.984	0.04	23.71	0.0000	0.0036	0.0134	0.0211	0.0000	0.0018
36	149.974	0.04	23.87	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0005	0.0001
37	150.222	0.04	23.91	0.0004	0.0009	0.0012	0.0034	0.0014	0.0000
38	150.624	0.04	23.97	0.0000	0.0025	0.0007	0.0077	0.0003	0.0005
39	151.051	0.04	24.04	0.0021	0.0044	0.0256	0.0248	0.0126	0.0002
40	151.867	0.04	24.17	0.0009	0.0006	0.0002	0.0011	0.0016	0.0000
41	152.147	0.04	24.21	0.0008	0.0006	0.0006	0.0014	0.0054	0.0013
42	153.388	0.04	24.41	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
43	154.179	0.04	24.54	0.0003	0.0005	0.0255	0.0059	0.0030	0.0000
44	156.224	0.04	24.86	0.0001	0.0000	0.0001	0.0004	0.0008	0.0000
45	157.157	0.04	25.01	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
46	157.594	0.04	25.08	0.0001	0.0000	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001
47	158.847	0.04	25.28	0.0068	0.0001	0.0192	0.0033	0.0203	0.0083
48	159.5	0.04	25.43	0.0009	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0007
49	161.755	0.04	25.74	0.0028	0.0001	0.0236	0.0015	0.0366	0.1082
50	162.219	0.04	25.82	0.0000	0.0000	0.0010	0.0001	0.0000	0.0002
				0.9288	0.9227	0.8262	0.6991	0.7555	0.8246

Skupljeno je prosječno 90 % mase u tri glavna smjera deformacija ( $W_x$ ,  $W_y$ ,  $W_z$ \_ Rotation) koja promatramo za 50 modova.

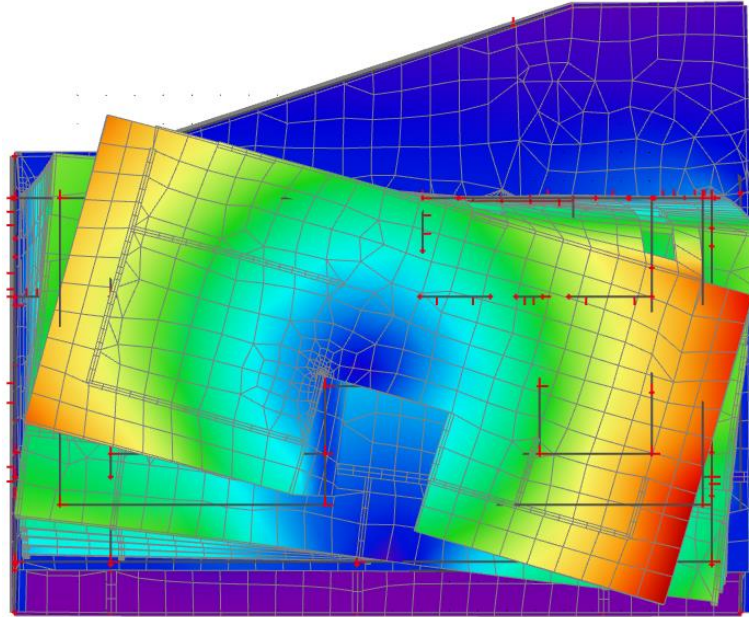
b) Grafički prikaz deformacija uslijed nekoliko karakterističnih modova osciliranja



Slika 8.13 Prvi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju



Slika 8.14 Drugi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju



Slika 8.15 Treći vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju

## 9. NUMERIČKI MODEL

Numerički model je izrađen u računalnom programu Scia Engineer 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 i 25 cm (podrumski zidovi) i 20 cm (svi ostali), modelirani kao 2D elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano-betonske ploče debljine 18 cm, a iznad razine -2 debljine 25 cm te krovna ploča 18 cm i modelirane kao pločasti elementi. Grede imaju poprečni presjek 35x80, 20/40 cm te su modelirane kao štapni elementi. Svi nosivi elementi su klase betona C 35/45 te kvalitete čelika B 500B.

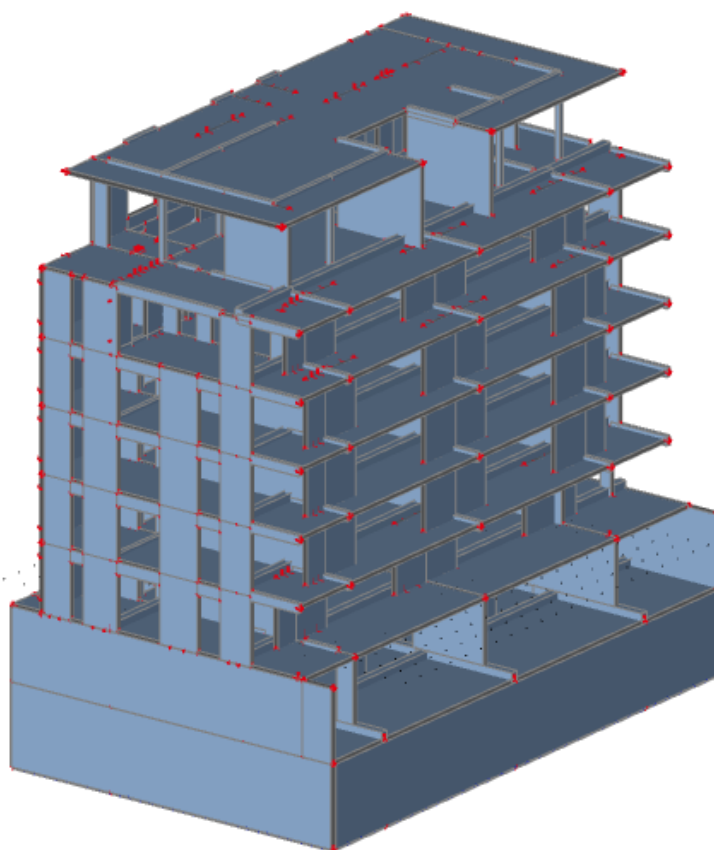
Za GSN:

- a)  $1,35 (g+\Delta g) + 1,5s$
- b)  $1,35 (g+\Delta g) + 1,5w_x$
- c)  $1,35 (g+\Delta g) + 1,5w_y$
- d)  $1,35 (g+\Delta g) + 1,5q$
- e)  $1,35 (g+\Delta g) + 1,5q + 0,9 (1,5s)$
- f)  $1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0S_x$
- g)  $1,0 (g+\Delta g) + 0,3q + 1,0S_y$

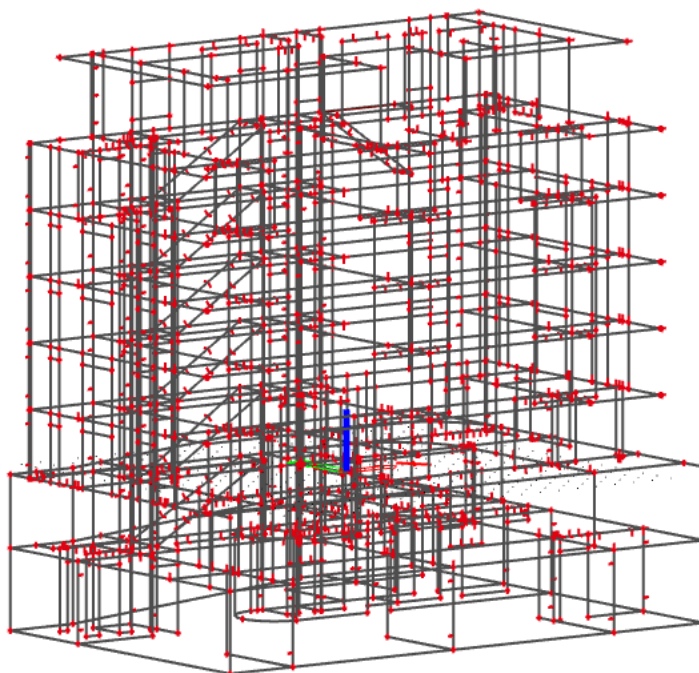
Za GSU:

- a)  $1,0 (g+\Delta g) + 1,0q$
- b)  $1,0 (g+\Delta g) + 1,0s$

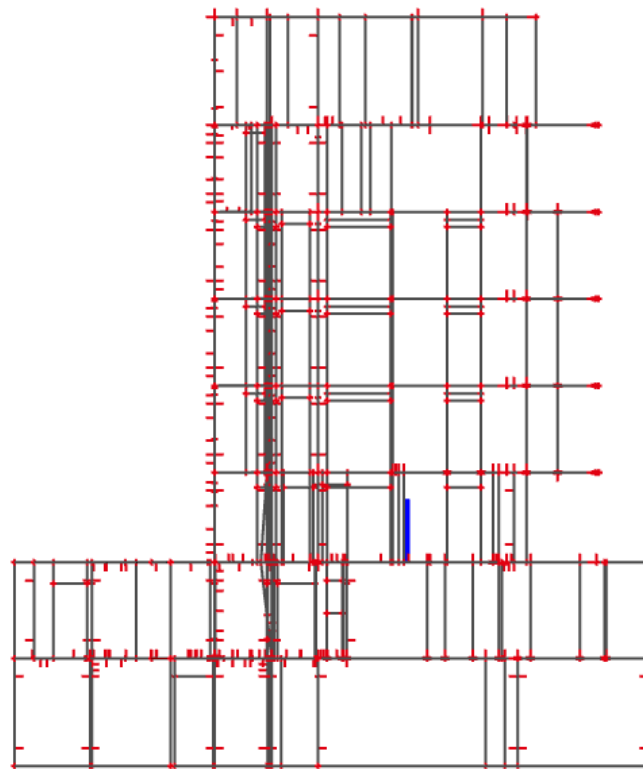
Numerički model je proračunat u računalnom programu Scia Engineer 18.1., program za linearnu analizu grednih i pločastih sustava.



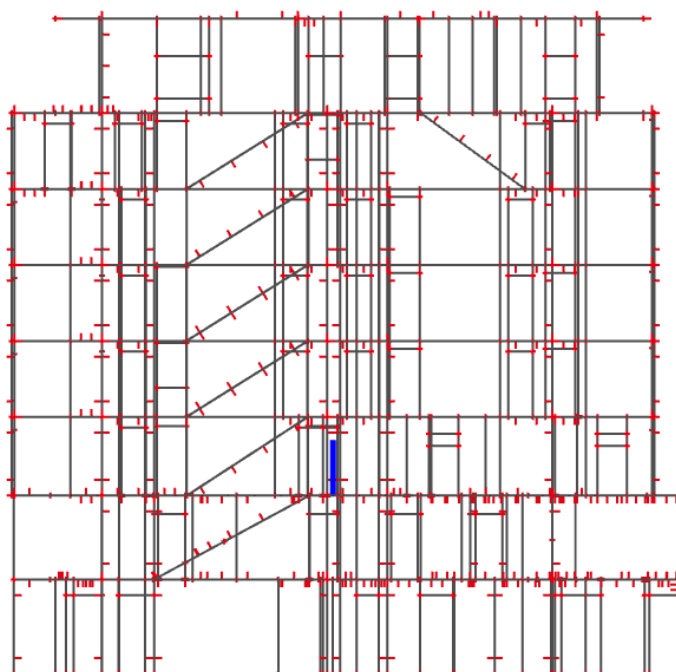
Slika 9.1 Renderirani prikaz modela - aksonometrija



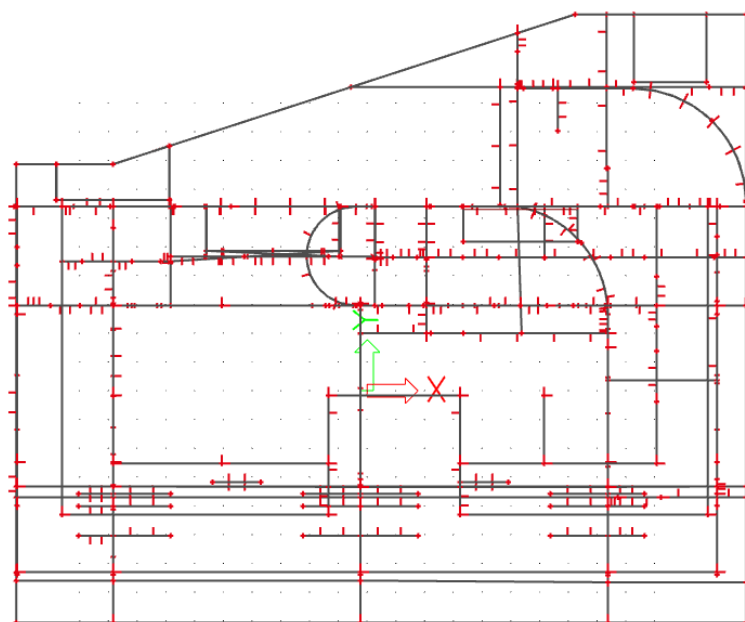
Slika 9.2 Model za proračun - aksonometrija



Slika 9.3 Model za proračun ( pogled u x smjeru )



Slika 9.4 Model za proračun ( pogled u y smjeru )



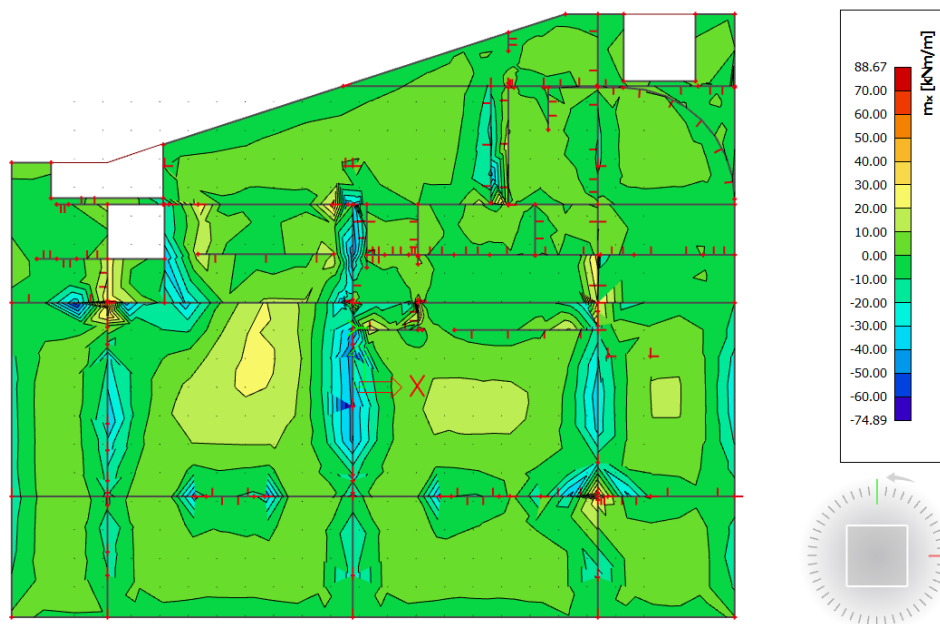
Slika 9.5 Model za proračun ( pogled u z smjeru )

## 10. DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA

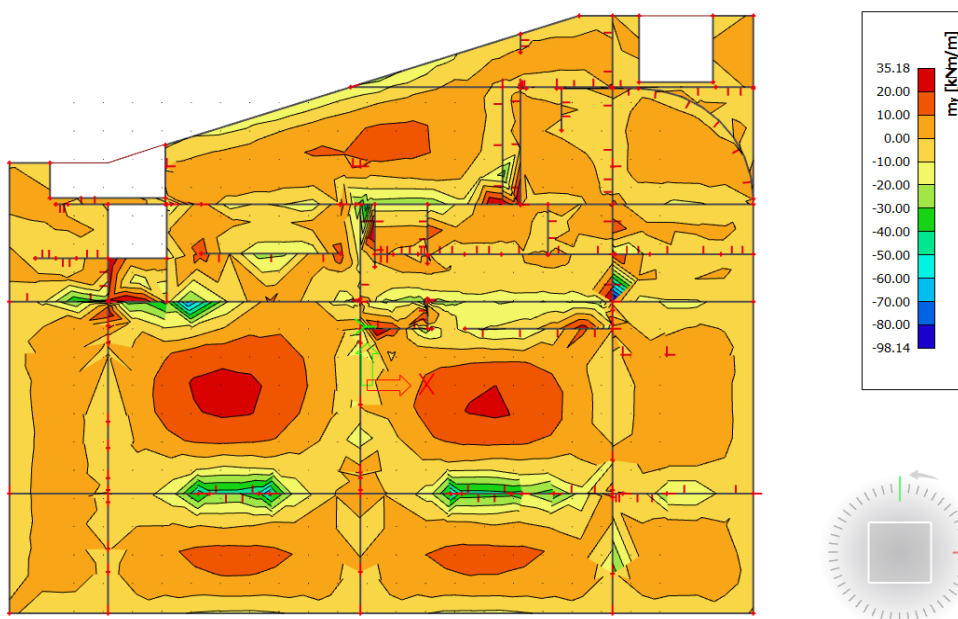
### KONSTRUKCIJE

#### 10.1. Proračun ploča

##### 10.1.1. Ploča garaže – plan pozicije 100

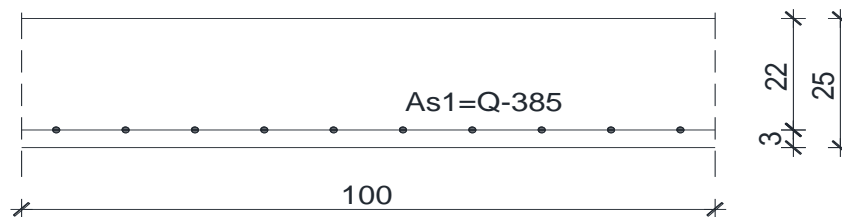


Slika 10.1 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_x$



Slika 10.2 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_y$



**Dimenzioniranje na savijanje**

Slika 10.3 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 35/45 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3\ \text{MPa}; \quad f_{cd} = 2,33\ \text{kN/cm}^2$$

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

$$b=100\ \text{cm};\ h=25\ \text{cm};\ d=22\ \text{cm}$$

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c/\varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 25 = 2,5\ \text{cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 25 = 50,0\ \text{cm}^2$$

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	179.31	28.85	0.13
R/Q - 385	3.85	179.31	33.16	0.15
R/Q - 424	4.24	179.31	36.52	0.17
R/Q - 503	5.03	179.31	43.32	0.20
R/Q - 524	5.24	179.31	45.13	0.21
R/Q - 636	6.36	179.31	54.78	0.25
R/Q - 785	7.85	179.31	67.61	0.31

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	179.31	26.25	0.12
R/Q - 283		3.36	179.31	28.91	0.13
R/Q - 335		3.97	179.31	34.22	0.16
R/Q - 385		4.57	179.31	39.33	0.18
R/Q - 424		5.03	179.31	43.31	0.20
R/Q - 503		5.97	179.31	51.38	0.24
R/Q - 524		6.21	179.31	53.53	0.25
R/Q - 636		7.54	179.31	64.97	0.30
R/Q - 785		9.31	179.31	80.19	0.37

Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju povećati za cca 25-30%, a armaturu nad ležajevima umanjiti za cca 15-20%. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima.

Donja zona ploče (polje):

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 35,18$  kNm

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3518}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,33} = 0,031$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3518}{0,965 \cdot 22 \cdot 43,48} = 3,81 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: Q - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57 \text{ cm}^2$ )

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	179.31	26.25	0.12
R/Q	- 283	3.36	179.31	28.91	0.13
R/Q	- 335	3.97	179.31	34.22	0.16
R/Q	- 385	4.57	179.31	39.33	0.18
R/Q	- 424	5.03	179.31	43.31	0.20
R/Q	- 503	5.97	179.31	51.38	0.24
R/Q	- 524	6.21	179.31	53.53	0.25
R/Q	- 636	7.54	179.31	64.97	0.30
R/Q	- 785	9.31	179.31	80.19	0.37

Gornja zona ploče (ležajevi):

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,min} = 60 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6000}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,33} = 0,053$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6000}{0,953 \cdot 22 \cdot 43,48} = 6,58 \text{ cm}^2$$

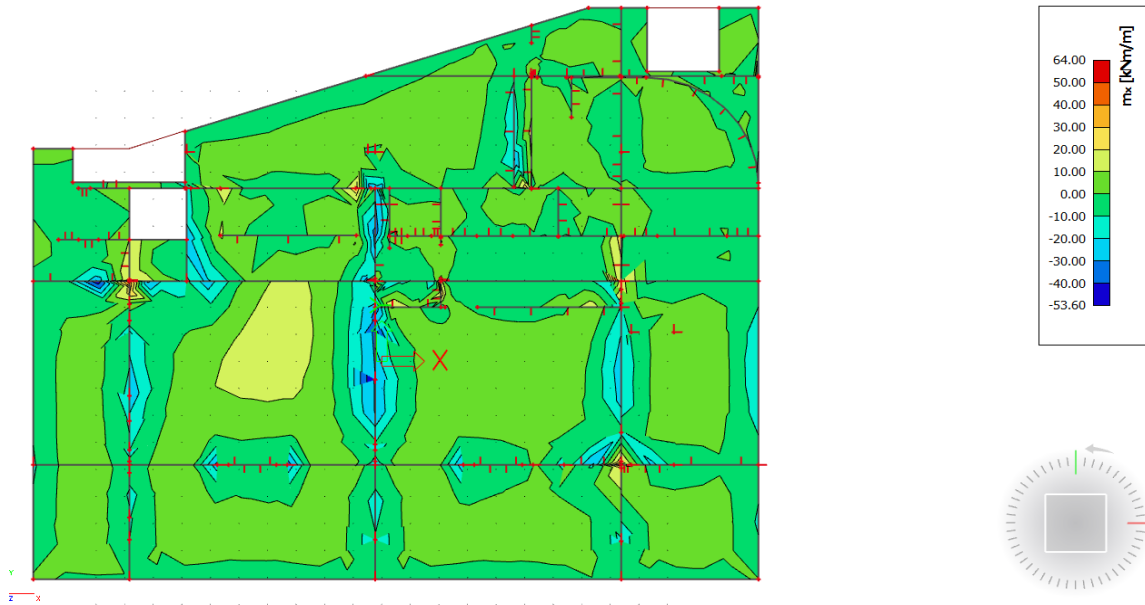
Odabrana armatura: R636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )

## Kontrola pukotina

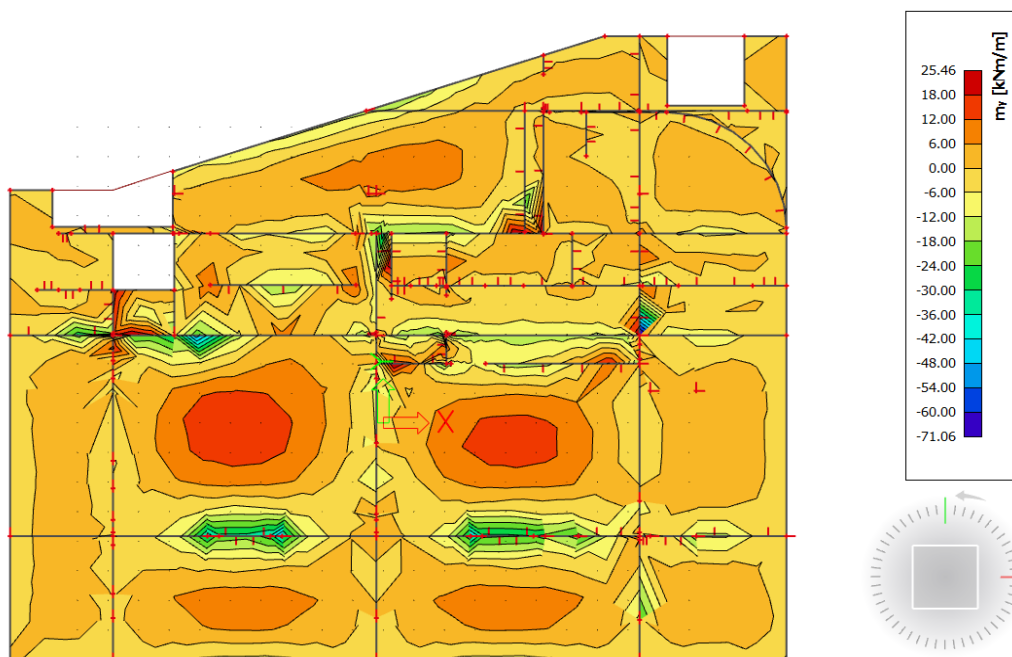
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q  
Prikazani su samo maksimalni radni momenti na ležaju i u polju (Slika).

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$



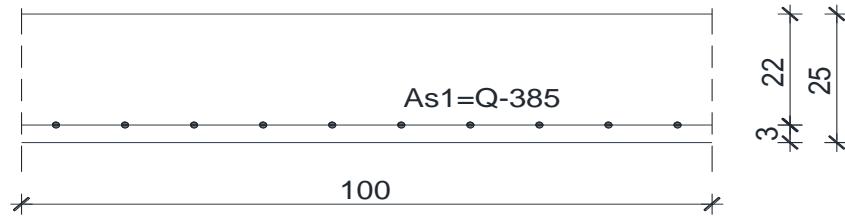
Slika10.4 Maksimalni momenti savijanja u polju – mx, za kombinaciju GSU1



Slika10.5 Maksimalni momenti savijanja na ležajevima – mx, za kombinaciju GSU1

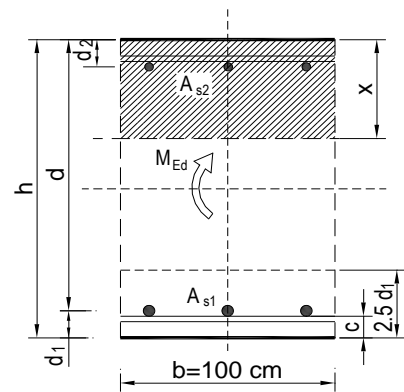
Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment u polju :  $M_{Ed} = 25,46 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: Q - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.6 Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	4.57 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>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	25.5 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	266.06 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3.18 cm	$r_{p,eff} =$	0.0061		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000239	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000798		
$\emptyset =$	9.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	353.09 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.282 mm	$< w_g$			



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

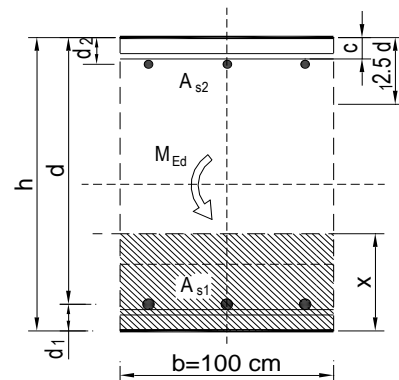
Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment na ležaju :  $M_{Ed}=40 \text{ kNm}$

Armatura ploče gornja zona: R - 636 + preklop 40 cm ( $A_s = 7,54 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.7 Skica armature ploče na ležaju

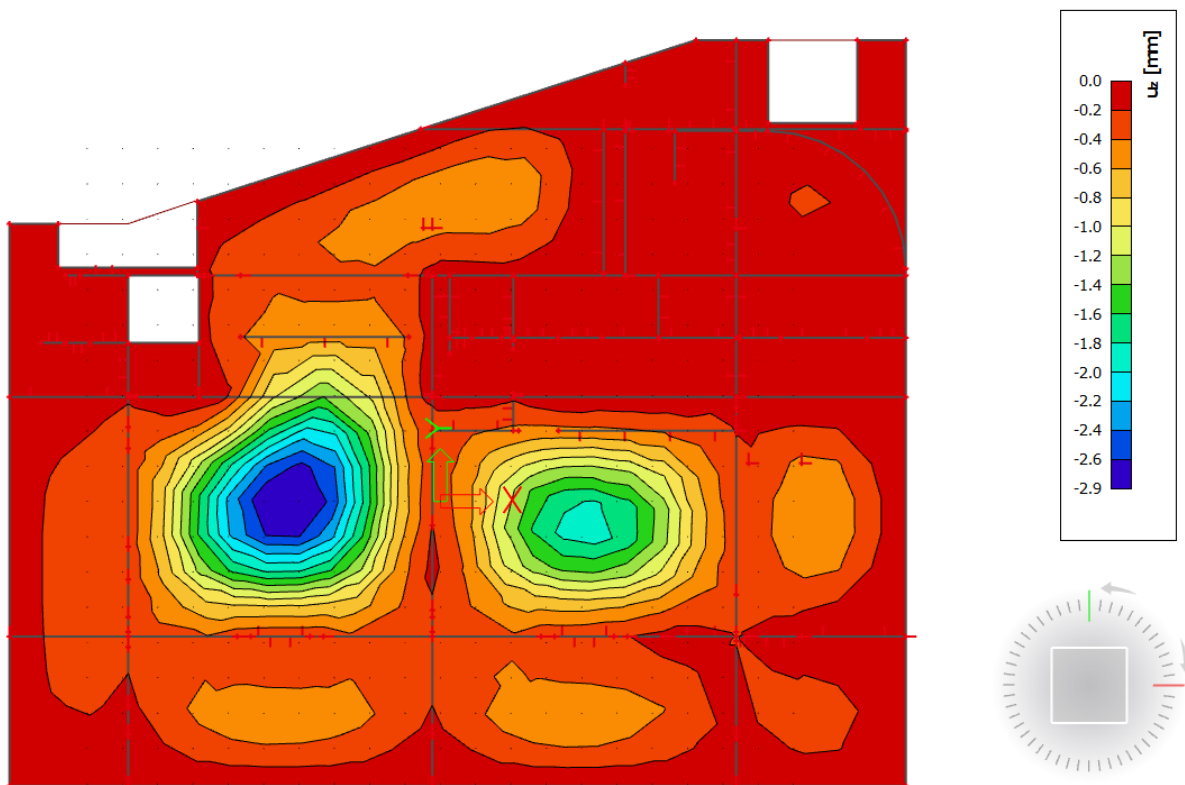
$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	7.54 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	40.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	256.68 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	4.00 cm	$r_{p,eff} =$	0.0101		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000607	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000770		
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	271.10 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) = 0.209 \text{ mm} < w_g$					



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

### Kontrola progiba

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



Slika 10.8 Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU 1

#### Progib ploče iznad pozicije 100

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{666}{250} = 2,66 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,29 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

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

$$u_c = 2 \times (b + h) = 2 \times (100 + 25) = 250 \text{ cm}$$

$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 2500 / 250 = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$  srednji polumjer konstrukcijskog elementa  
RH=80% → vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1-RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1-80/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{200}} = 1,34 \quad \text{koef. utjecaja relativne vlažnosti RH}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 35 + 8 = 43 \text{ MPa} \quad \text{srednja tlačna čvrstoća betona klase C 45/55}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{38}} = 2,562 \quad \text{koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje}$$

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 = 1,5 \times [1 + (0,012 \times 80)^{18}] \times 200 + 250 = 693,88$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1+t_0^{0,20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$

$$\beta(28) = \frac{1}{0,1+28^{0,2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha=0$  → nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T=20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$

$$\Phi_0(28) = 1,34 \times 2,562 \times 0,488 = 1,68$$

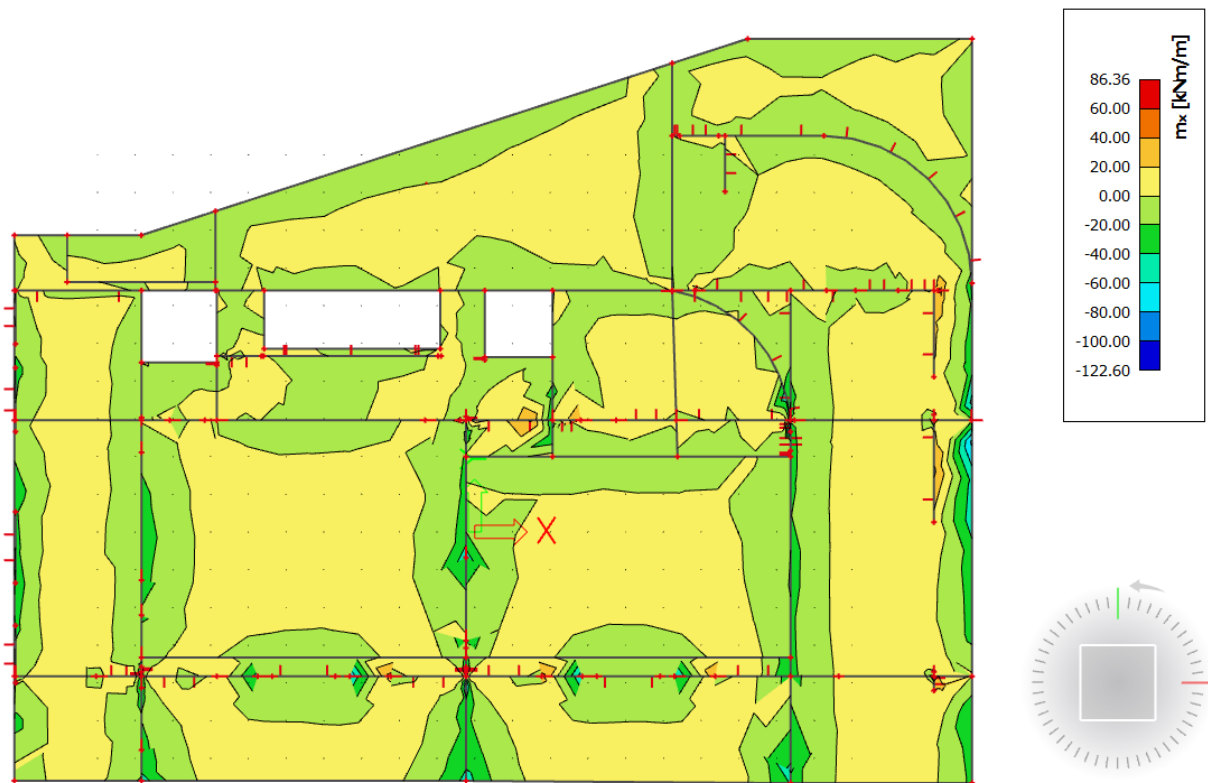
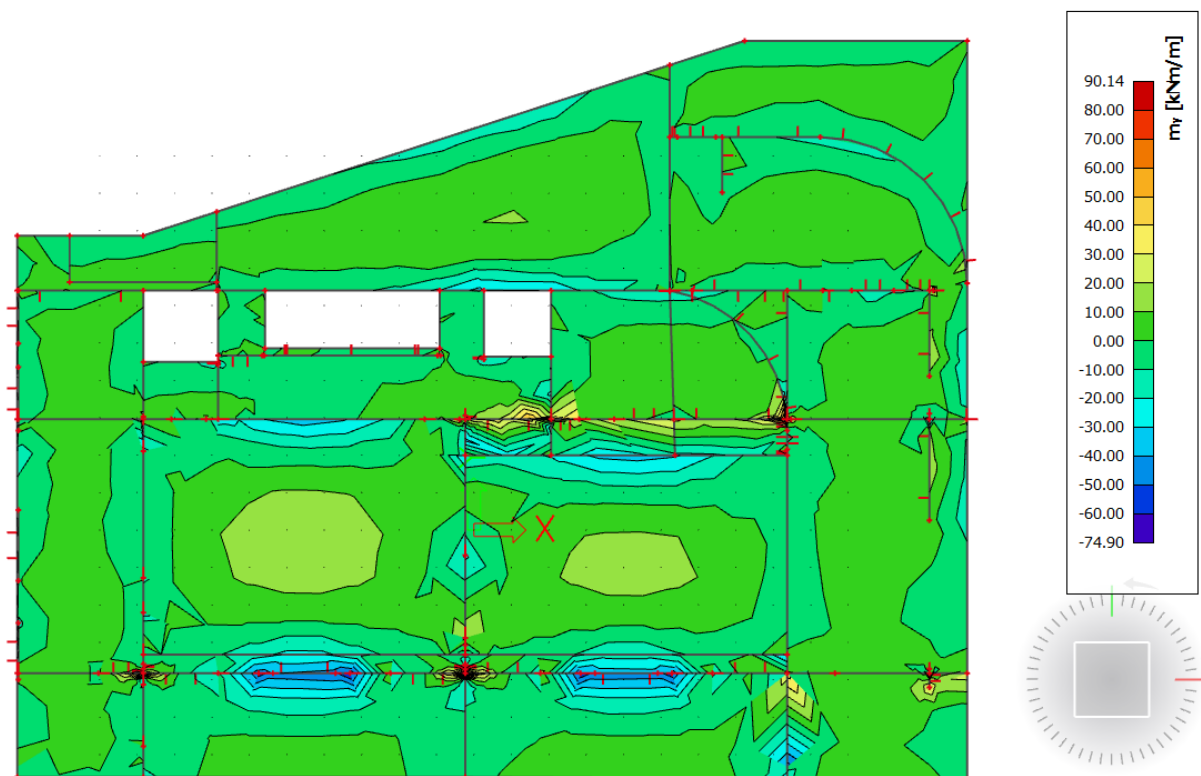
$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{7,54} = 0,85$$

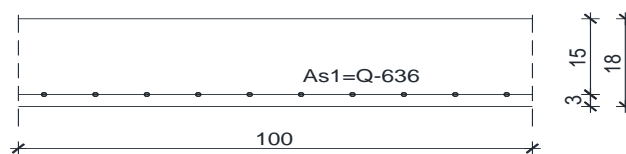
$$f_d = 1,68 \cdot 0,29 \cdot 0,85 = 0,41 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,29 + 0,41 = 0,70 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,66 \text{ cm}$$



## 10.1.2. Ploča garaže – plan pozicija 200

Slika 10.9 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_x$ Slika 10.10 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_y$

**Dimenzioniranje na savijanje**

Slika 10.11 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 35/45 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3\ \text{MPa}; \quad f_{cd} = 2,33\ \text{kN/cm}^2$$

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

b=100 cm; h=18 cm; d=15 cm

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 18 = 1,80\ \text{cm}^2$$

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

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 <sup>1</sup> ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 335	3.35	71.55	19.67	0.19
R/Q - 385	3.85	71.55	22.61	0.21
R/Q - 424	4.24	71.55	24.90	0.24
R/Q - 503	5.03	71.55	29.54	0.28
R/Q - 524	5.24	71.55	30.77	0.29
R/Q - 636	6.36	71.55	37.35	0.35
R/Q - 785	7.85	71.55	46.10	0.44

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 $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 257	3.05	71.55	17.90	0.17
R/Q - 283	3.36	71.55	19.71	0.19
R/Q - 335	3.97	71.55	23.33	0.22
R/Q - 385	4.57	71.55	26.82	0.25
R/Q - 424	5.03	71.55	29.53	0.28
R/Q - 503	5.97	71.55	35.03	0.33
R/Q - 524	6.21	71.55	36.50	0.35
R/Q - 636	7.54	71.55	44.30	0.42
R/Q - 785	9.31	71.55	54.68	0.52

Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju povećati za cca 25-30%, a armaturu nad ležajevima umanjiti za cca 15-20%. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima.

Donja zona ploče (polje):

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 30$  kNm

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3000}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,057$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3000}{0,954 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,83 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: Q - 503 + preklop 40 cm ( $A_s = 5,97 \text{ cm}^2$ )

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 <sup>1</sup> ]	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 257		3.77	83.36	22.11	0.21
R/Q - 283		4.15	83.36	24.35	0.23
R/Q - 335		4.91	83.36	28.82	0.27
R/Q - 385		5.64	83.36	33.12	0.31
R/Q - 424		6.21	83.36	36.48	0.35
R/Q - 503		7.37	83.36	43.28	0.41
R/Q - 524		7.68	83.36	45.08	0.43
R/Q - 636		9.32	83.36	54.72	0.52
R/Q - 785		11.50	83.36	67.54	0.64

Gornja zona ploče (ležajevi):

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,min} = 50 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5000}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,0954$$

Očitano:  $\epsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\epsilon_{c2} = 2,2 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,931$      $\xi = 0,180$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5000}{0,931 \cdot 15 \cdot 43,48} = 8,23 \text{ cm}^2$$

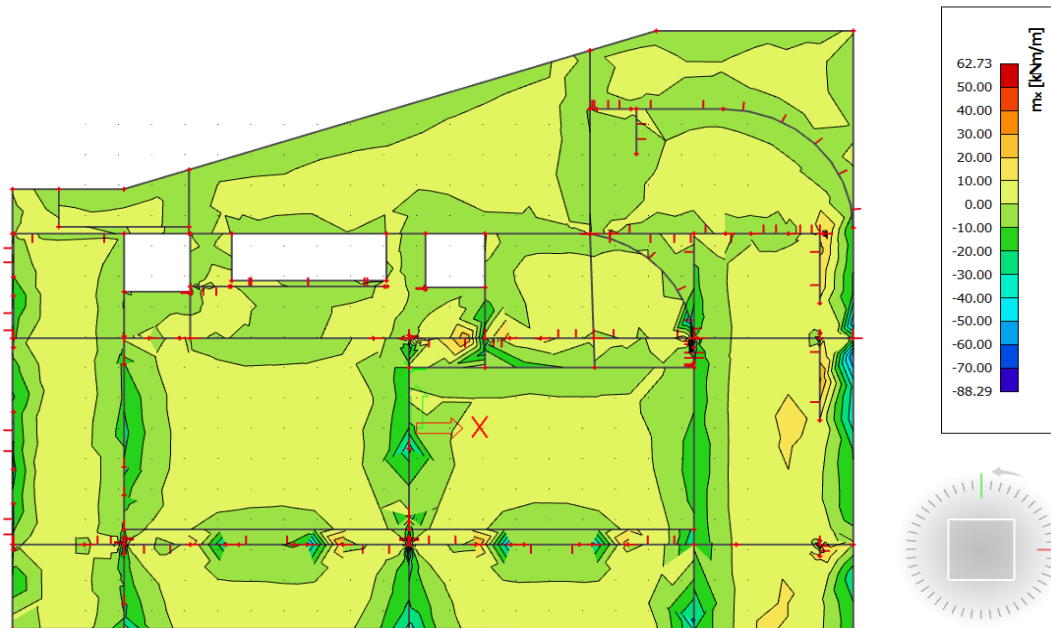
Odabrana armatura: R-636 + preklop 40 cm ( $A_s = 9,32 \text{ cm}^2$ )

## Kontrola pukotina

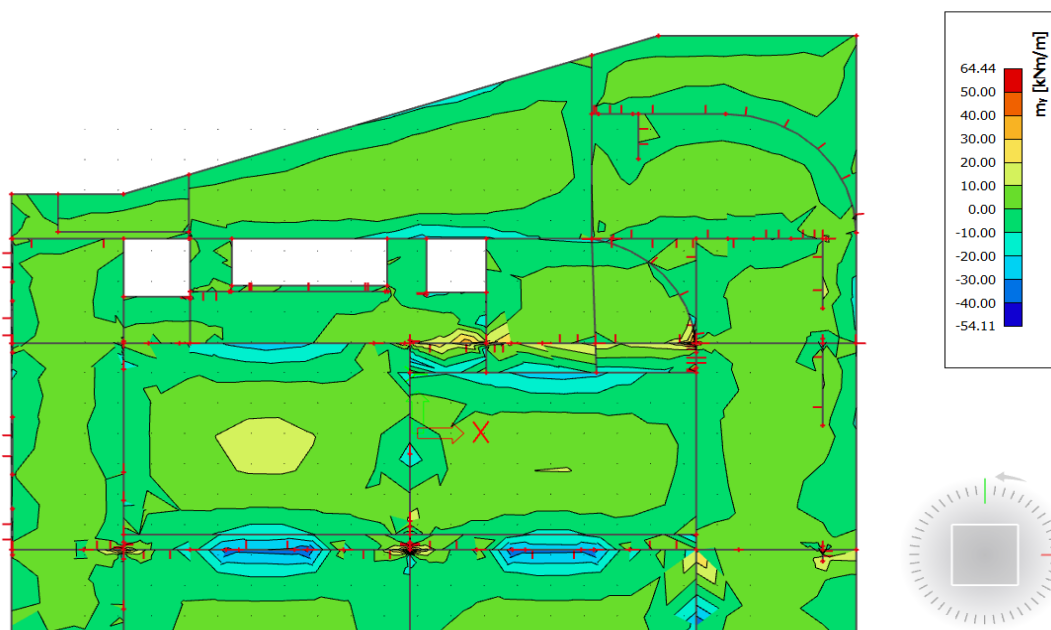
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q  
Prikazani su samo maksimalni radni momenti na ležaju i u polju (Slika).

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$



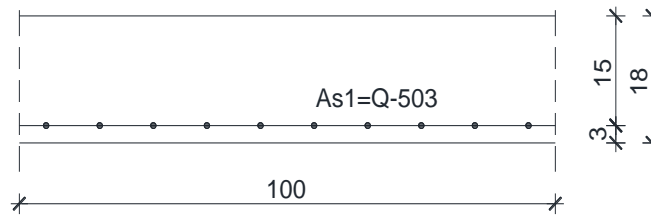
Slika10.12 Maksimalni momenti savijanja u polju –  $m_x$ , za kombinaciju GSU1



Slika10.13 Maksimalni momenti savijanja na ležajevima –  $m_{yy}$ , za kombinaciju GSU1

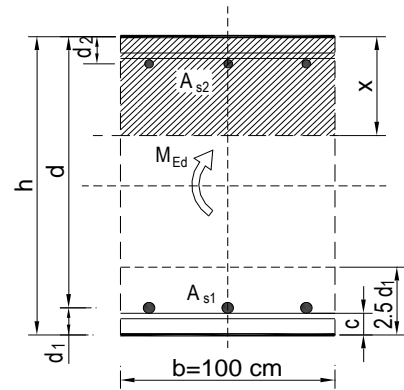
Pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed} = 20,00 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona: Q - 503 + preklop 40 cm ( $A_s = 5,97 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.14 Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	5.97 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>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	20.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	238.80 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.91 cm	$r_{p,eff} =$	0.0080		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000350	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000716		
$\emptyset =$	9.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	294.21 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.211 mm	$< w_g$			

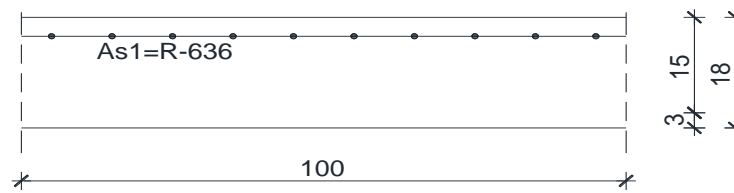


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment na ležaju :

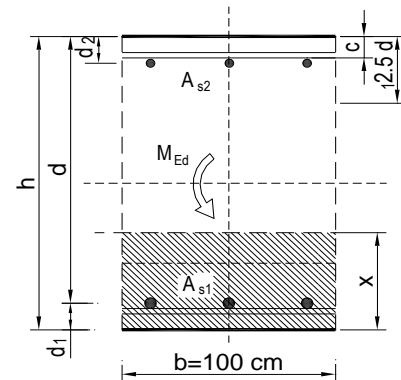
→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,min} = 30,00 \text{ kNm}$

Armatura ploče gornja zona: R - 636+ preklop 40 cm ( $A_s = 9,32 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.15 Skica armature ploče na ležaju

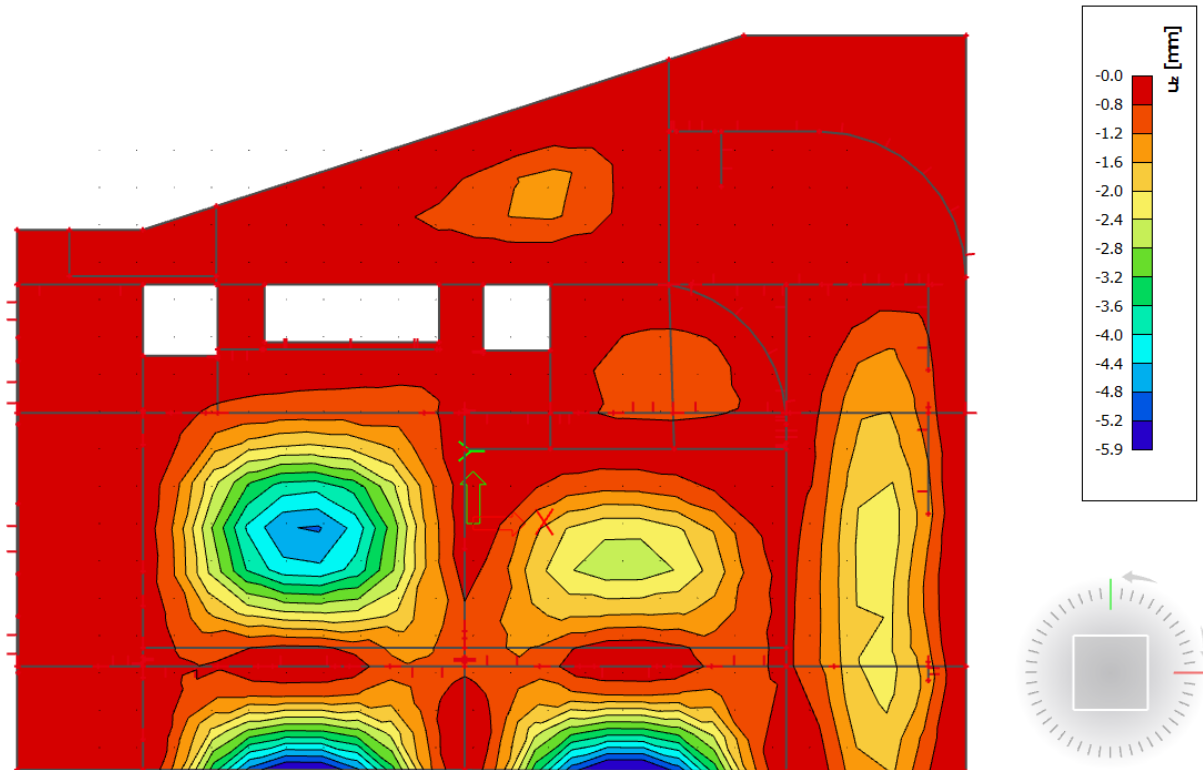
$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	9.32 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	30.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	232.94 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	3.54 cm	$r_{p,eff} =$	0.0124		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000610	$<$	$0.6 \cdot s_s / E_s =$	0.000699	
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	238.80 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.167 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Kontrola progiba**

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



Slika 10.16 Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU 1

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{666}{250} = 2,66 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,59 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$



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

$$u_c = 2 \times (b + h) = 2 \times (100 + 18) = 236 \text{ cm}$$

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 2500 / 250 = 15,3 \text{ cm} = 153 \text{ mm}$$

srednji polumjer konstrukcijskog elementa  
RH=80% → vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1-RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1-80/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{153}} = 1,37$$

koef. utjecaja relativne vlažnosti RH

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 35 + 8 = 43 \text{ MPa}$$

srednja tlačna čvrstoća betona klase C 45/55

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{43}} = 2,562$$

koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 = 1,5 \times [1 + (0,012 \times 80)^{18}] \times 153 + 250 = 589,67$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,20}}$$

koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja

$$\beta(28) = \frac{1}{0,1 + 28^{0,2}} = 0,488$$

koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha=0$  → nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T=20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0)$$

osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)

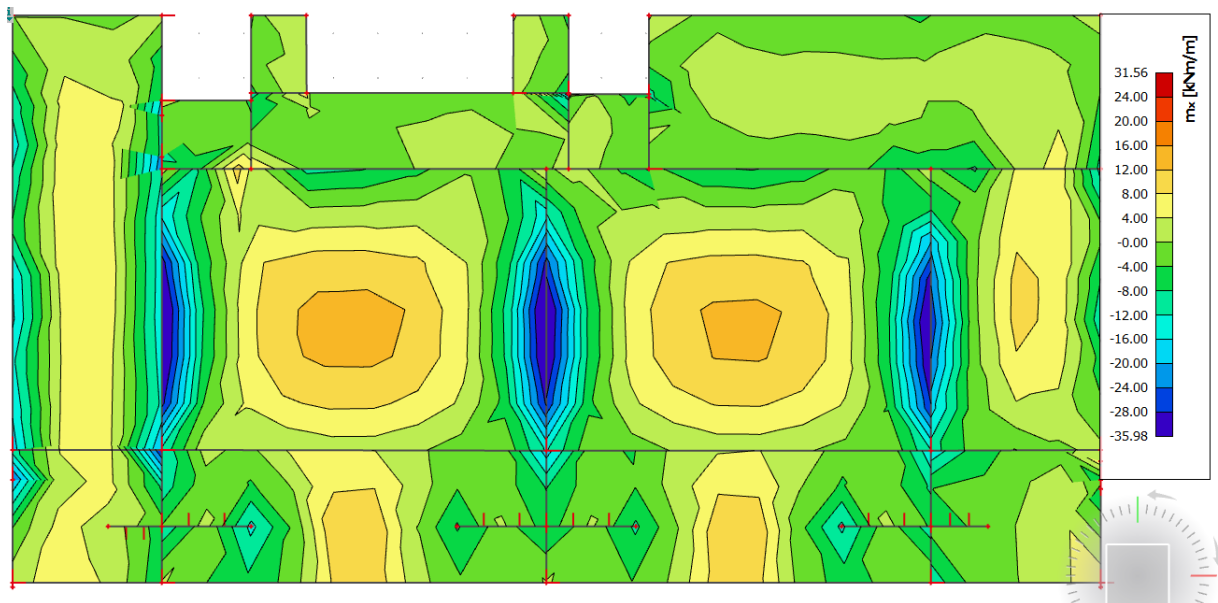
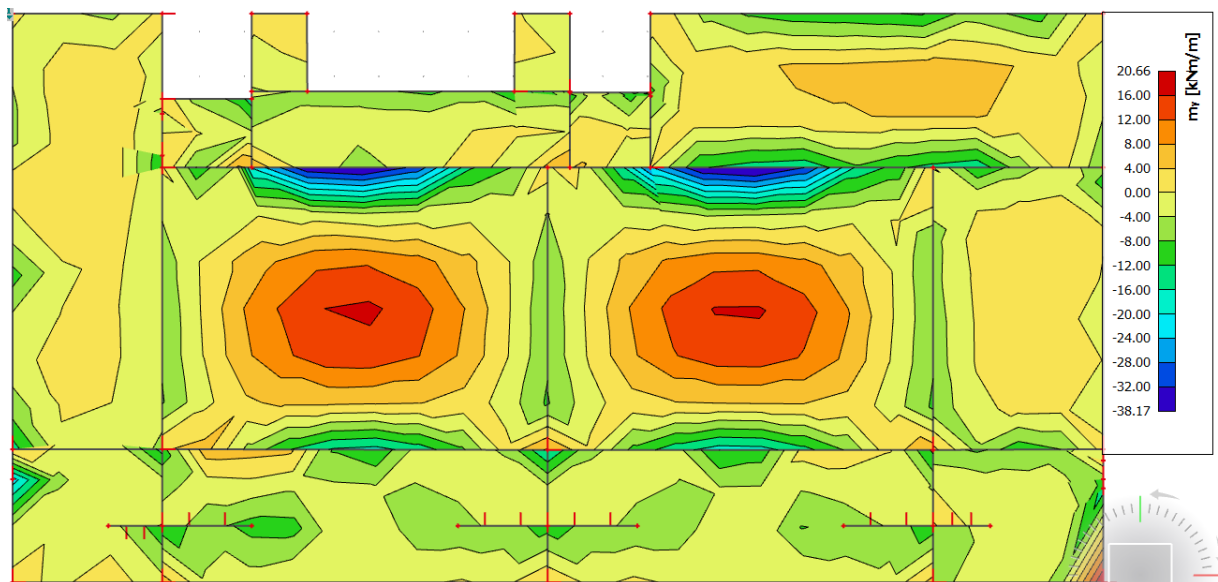
$$\Phi_0(28) = 1,37 \times 2,562 \times 0,488 = 1,71$$

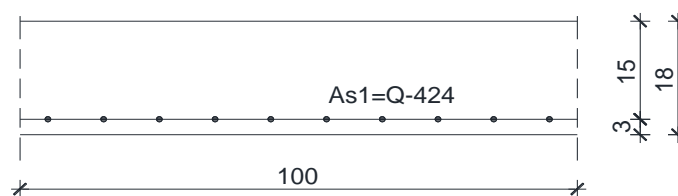
$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{7,54} = 0,85$$

$$f_d = 1,71 \cdot 0,59 \cdot 0,85 = 0,86 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,59 + 0,86 = 1,45 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,66 \text{ cm}$$

## 10.1.3. Ploče katova – plan pozicija 300

Slika 10.17 Prikaz momenata savijanja u polju –  $m_x$ Slika 10.18 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_y$

**Dimenzioniranje na savijanje**

Slika 10.19 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C 35/45 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,33 \text{ kN/cm}^2$$

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

b=100 cm; h=18 cm; d=15 cm

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

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

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

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

Mreža	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti	Moment nosivosti	Postotak armature
		betona $M_{Rd,c,lim}$	armature $M_{Rd,s,lim}$	
	[cm <sup>2</sup> /m']	[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 335	3.35	71.55	19.67	0.19
R/Q - 385	3.85	71.55	22.61	0.21
R/Q - 424	4.24	71.55	24.90	0.24
R/Q - 503	5.03	71.55	29.54	0.28
R/Q - 524	5.24	71.55	30.77	0.29
R/Q - 636	6.36	71.55	37.35	0.35
R/Q - 785	7.85	71.55	46.10	0.44

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 $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 257	3.05	71.55	17.90	0.17
R/Q - 283	3.36	71.55	19.71	0.19
R/Q - 335	3.97	71.55	23.33	0.22
R/Q - 385	4.57	71.55	26.82	0.25
R/Q - 424	5.03	71.55	29.53	0.28
R/Q - 503	5.97	71.55	35.03	0.33
R/Q - 524	6.21	71.55	36.50	0.35
R/Q - 636	7.54	71.55	44.30	0.42
R/Q - 785	9.31	71.55	54.68	0.52

Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju povećati za cca 25-30%, a armaturu nad ležajevima umanjiti za cca 15-20%. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima.

Donja zona ploče (polje):

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 20,66 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2066}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,039$$

Očitano:  $\epsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\epsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,962$      $\xi = 0,107$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2066}{0,962 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,29 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: Q - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi):

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,min} = 38,17 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3817}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,072$$

Očitano:  $\epsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\epsilon_{c2} = 1,8 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,944$      $\xi = 0,153$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3817}{0,944 \cdot 15 \cdot 43,48} = 6,20 \text{ cm}^2$$

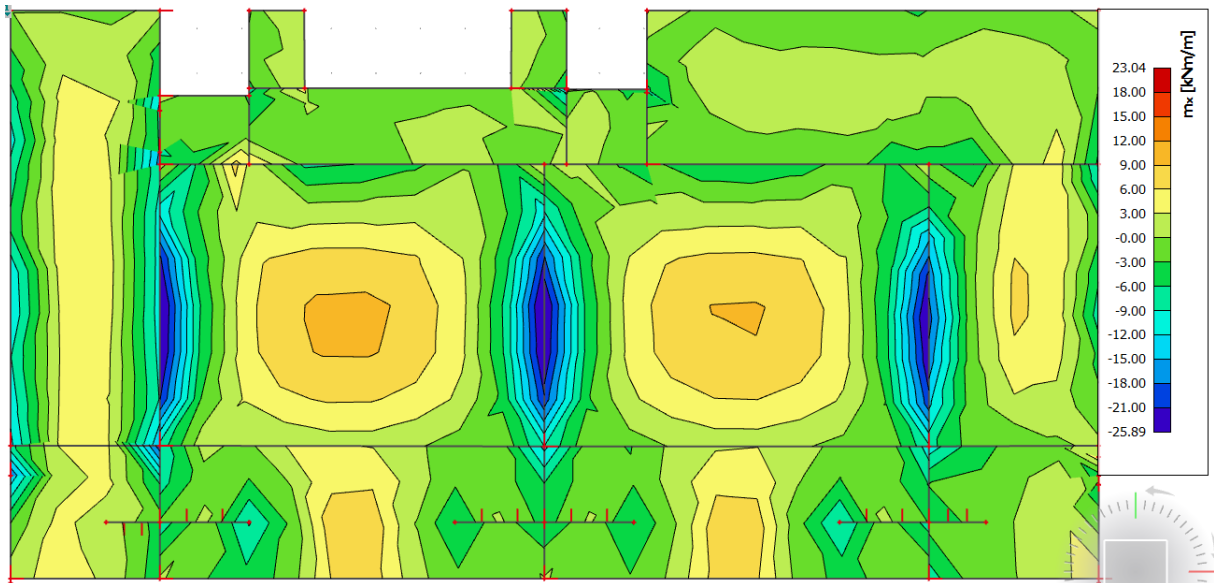
Odabrana armatura: R-524 + preklop 40 cm ( $A_s = 6,21 \text{ cm}^2$ )

## Kontrola pukotina

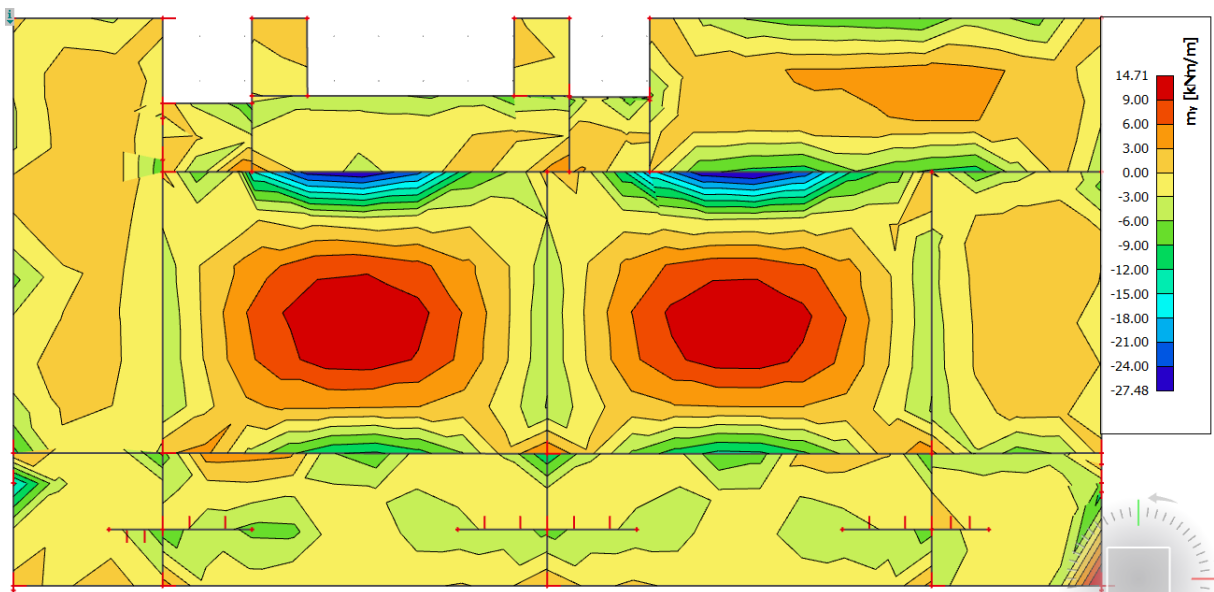
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q  
Prikazani su samo maksimalni radni momenti na ležaju i u polju (Slika).

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$

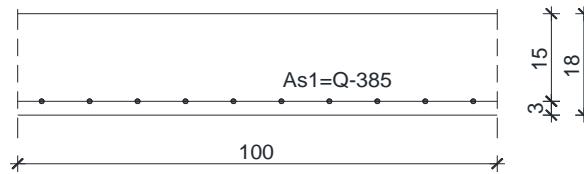


Slika 10.20 Maksimalni momenti savijanja u polju –  $m_x$ , za kombinaciju GSU1



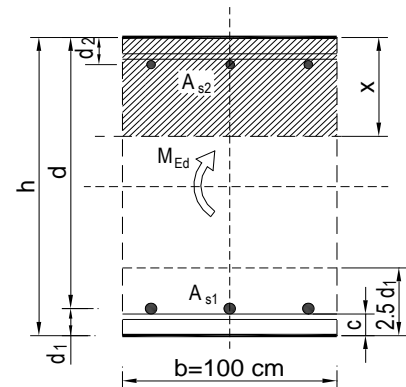
Slika 10.21 Maksimalni momenti savijanja na ležajevima –  $m_y$ , za kombinaciju GSU1

Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment u polju :  $M_{Ed} = 14,71 \text{ kNm}$   
 Armatura ploče donja zona: Q - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.21 Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 $\text{MN/m}^2$	$f_{ctm} =$	3.21 $\text{MN/m}^2$	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	4.57 $\text{cm}^2$	$A_{s2} =$	0.00 $\text{cm}^2$	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 $\text{GN/m}^2$	$E_{cm} =$	34.00 $\text{GN/m}^2$	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	14.7 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	227.66 $\text{MN/m}^2$				
$x =$	2.58 cm	$r_{p,eff} =$	0.0061		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000047	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000683		
$\emptyset =$	9.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	353.09 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.241 mm	$< w_g$			



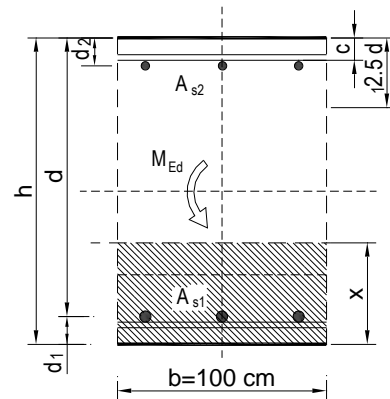
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment na ležaju :  $M_{Ed}=27,48$  kNm  
 Armatura ploče gornjaa zona: R - 524 + preklop 40 cm ( $A_s = 6,21$  cm<sup>2</sup>)



Slika 10.22 Skica armature ploče na ležaju

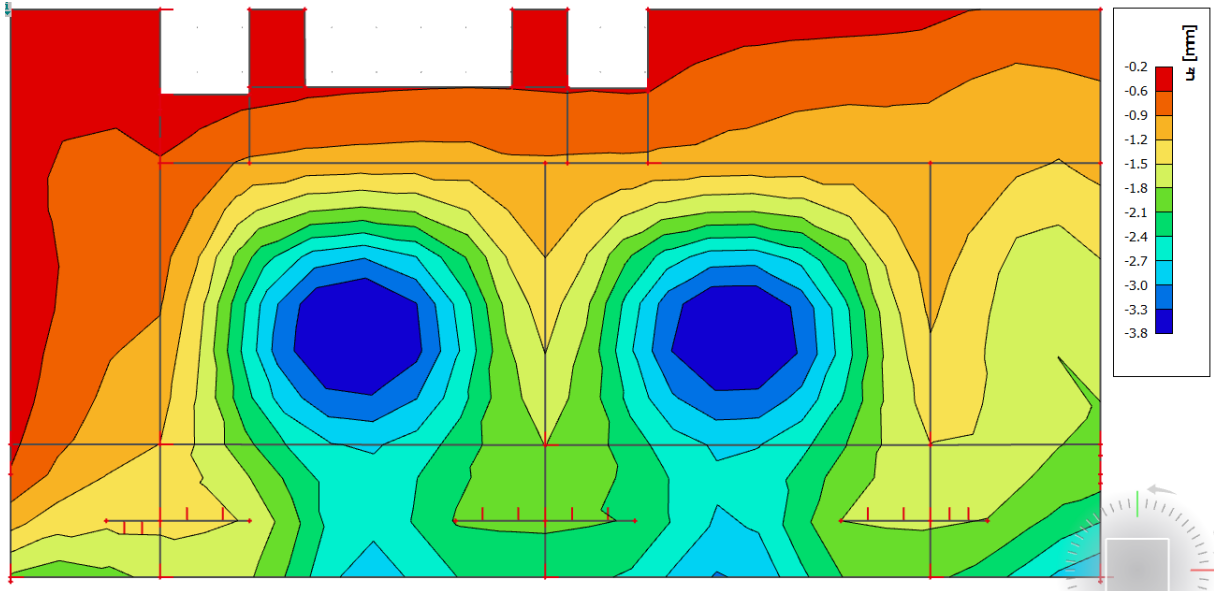
$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	6.21 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	27.5 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	315.82 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.97 cm	$r_{p,eff} =$	0.0083		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000766	$<$	$0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000947	
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	307.31 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.291 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

### Kontrola progiba

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



Slika 10.23 Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU 1

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{666}{250} = 2,66 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,38 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$



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

$$u_c = 2 \times (b + h) = 2 \times (100 + 18) = 236 \text{ cm}$$

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 1800 / 236 = 15,3 \text{ cm} = 153 \text{ mm}$$

srednji polumjer konstrukcijskog elementa  
RH=80% → vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - 80/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{153}} = 1,37$$

koef. utjecaja relativne vlažnosti RH

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 35 + 8 = 43 \text{ MPa}$$

srednja tlačna čvrstoća betona klase C 45/55

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{43}} = 2,562$$

koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 = 1,5 \times [1 + (0,012 \times 80)^{18}] \times 153 + 250 = 589,57$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,20}}$$

koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja

$$\beta(28) = \frac{1}{0,1 + 28^{0,2}} = 0,488$$

koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha=0$  → nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T=20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0)$$

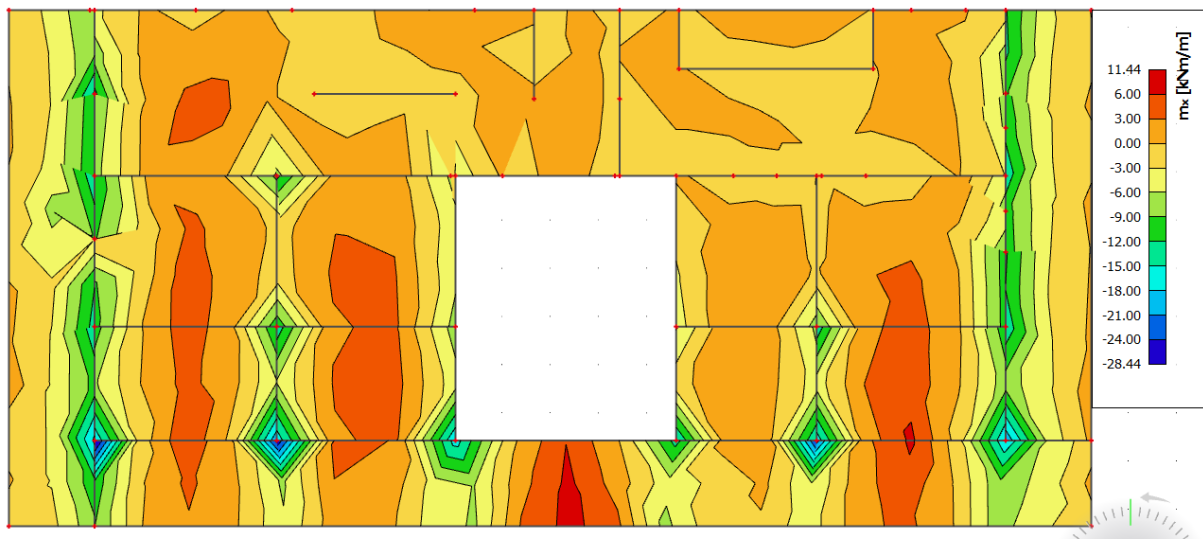
osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)

$$\Phi_0(28) = 1,37 \times 2,562 \times 0,488 = 1,71$$

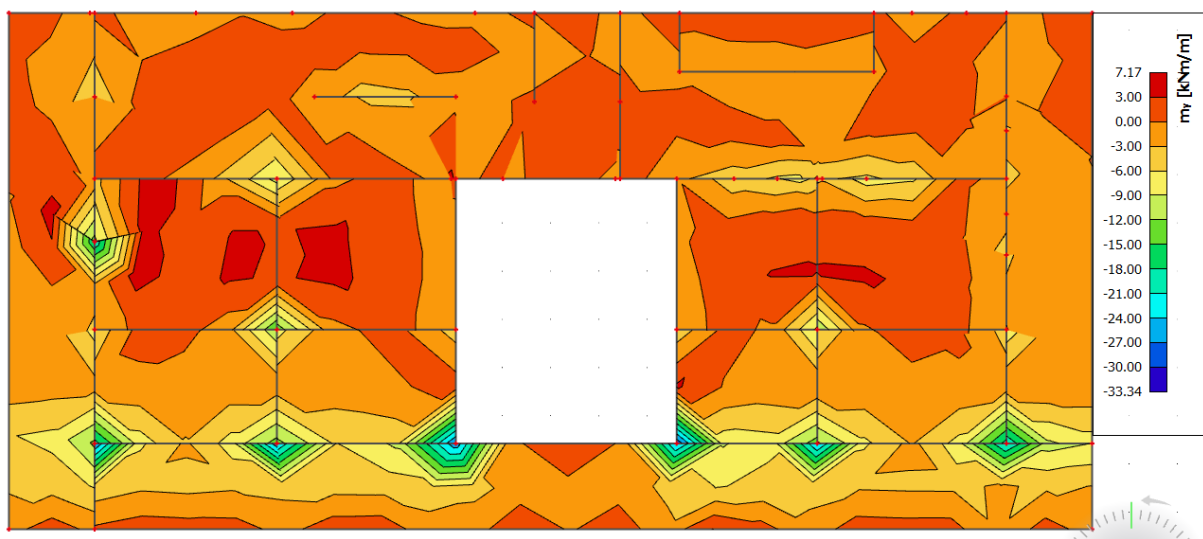
$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{4,57} = 0,85$$

$$f_d = 1,71 \cdot 0,38 \cdot 0,85 = 0,55 \text{ cm}$$

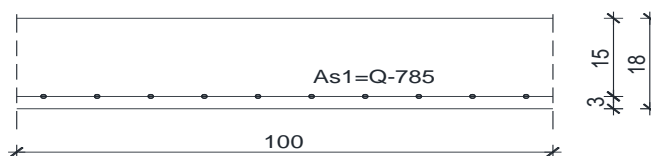
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,38 + 0,55 = 0,93 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 2,66 \text{ cm}$$

**10.1.4. Ploča krova– plan pozicija 400**

Slika 10.24 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_x$



Slika 10.25 Prikaz momenata savijanja u polju -  $m_y$

**Dimenzioniranje na savijanje**

Slika 10.26 Skica armature ploče u polju

Postupak dimenzioniranja:

$$C\ 35/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3\ \text{MPa}; \quad f_{cd} = 2,33\ \text{kN/cm}^2$$

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

b=100 cm; h=18 cm; d=15 cm

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c/\varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

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

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

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	71.55	19.67	0.19
R/Q - 385	3.85	71.55	22.61	0.21
R/Q - 424	4.24	71.55	24.90	0.24
R/Q - 503	5.03	71.55	29.54	0.28
R/Q - 524	5.24	71.55	30.77	0.29
R/Q - 636	6.36	71.55	37.35	0.35
R/Q - 785	7.85	71.55	46.10	0.44

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	71.55	17.90	0.17
R/Q - 283		3.36	71.55	19.71	0.19
R/Q - 335		3.97	71.55	23.33	0.22
R/Q - 385		4.57	71.55	26.82	0.25
R/Q - 424		5.03	71.55	29.53	0.28
R/Q - 503		5.97	71.55	35.03	0.33
R/Q - 524		6.21	71.55	36.50	0.35
R/Q - 636		7.54	71.55	44.30	0.42
R/Q - 785		9.31	71.55	54.68	0.52

. Zbog preraspodjele kod dugotrajnih efekata armaturu u polju povećati za cca 25-30%, a armaturu nad ležajevima umanjiti za cca 15-20%. Skica armature prikazana je u grafičkim priložima.

Donja zona ploče (polje):

→ pozitivni moment savijanja:  $M_{Ed,max} = 11,44 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1144}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,022$$

Očitano: :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$      $\varepsilon_{c2} = 0,9 \text{ ‰}$      $\zeta = 0,968$      $\xi = 0,083$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1144}{0,968 \cdot 15 \cdot 43,48} = 1,81 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: Q - 257 + preklop 40 cm ( $A_s = 3,05 \text{ cm}^2$ )

Gornja zona ploče (ležajevi):

→ negativni moment savijanja:  $M_{Ed,min} = 21,00 \text{ kNm/m'}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,040$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2100}{0,962 \cdot 15 \cdot 43,48} = 3,35 \text{ cm}^2$$

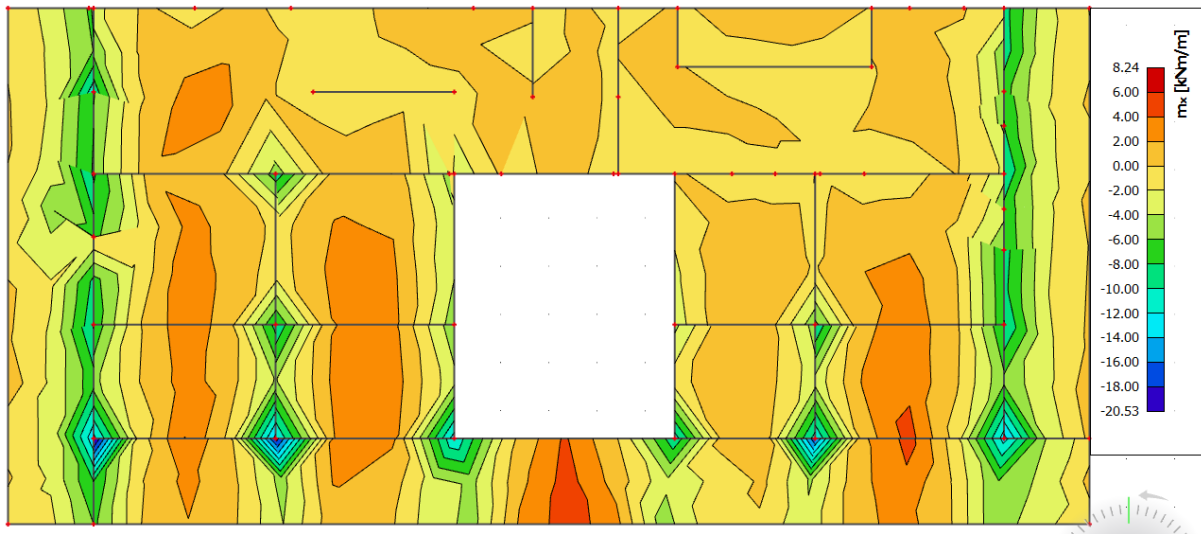
Odabrana armatura: R - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57 \text{ cm}^2$ )

### Kontrola pukotina

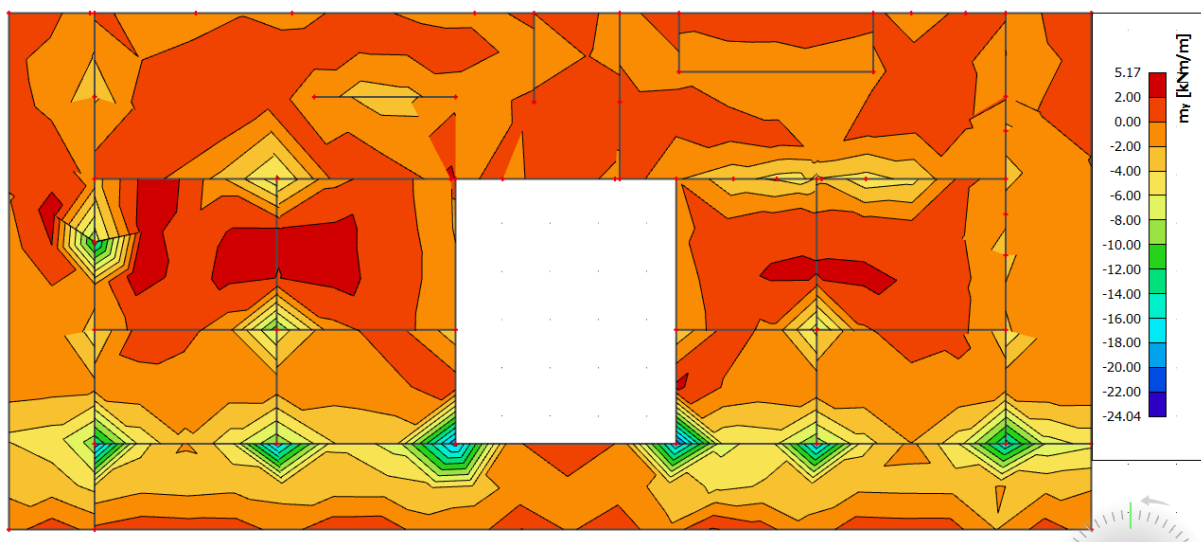
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja: GSU 1 : 1,0 (G+ΔG) + 1,0Q  
Prikazani su samo maksimalni radni momenti na ležaju i u polju (Slika).

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):  $w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$

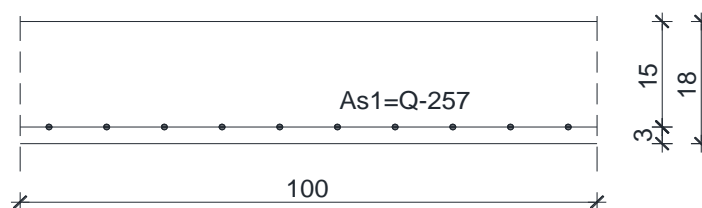


Slika 10.27 Maksimalni momenti savijanja u polju –  $m_x$ , za kombinaciju GSU1



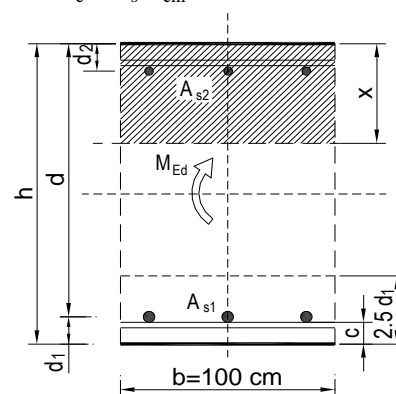
Slika 10.28 Maksimalni momenti savijanja na ležajevima –  $m_y$ , za kombinaciju GSU1

Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment u polju :  $M_{Ed} = 8,24 \text{ kNm}$   
 Armatura ploče donja zona: Q - 257 + preklop 40 cm ( $A_s = 3,05 \text{ cm}^2$ )



Slika 10.29 Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 $\text{MN/m}^2$	$f_{ctm} =$	3.21 $\text{MN/m}^2$	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	3.05 $\text{cm}^2$	$A_{s2} =$	0.00 $\text{cm}^2$	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 $\text{GN/m}^2$	$E_{cm} =$	34.00 $\text{GN/m}^2$	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	8.2 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	189.14 $\text{MN/m}^2$				
$x =$	2.15 cm	$r_{p,eff} =$	0.0041		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0.000671	$< 0.6 \cdot s_s / E_s =$	0.000567		
$\emptyset =$	9.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	478.23 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.271 mm	$< w_g$			



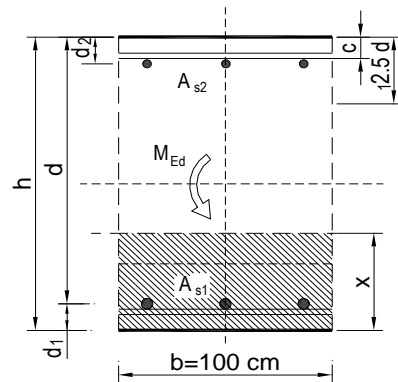
→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

Maksimalni eksploatacijski ( radni ) moment na ležaju :  $M_{Ed}=14,00$  kNm  
 Armatura ploče gornjaa zona: R - 385 + preklop 40 cm ( $A_s = 4,57$  cm<sup>2</sup>)



Slika 10.30 Skica armature ploče na ležaju

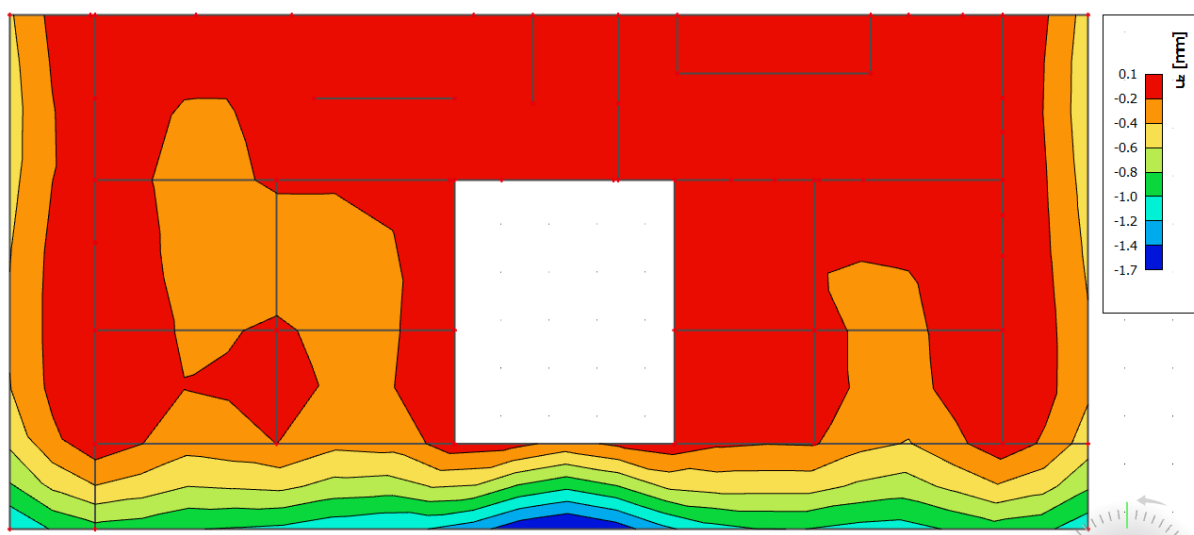
$b =$	100.0 cm	$d =$	15.0 cm	$h =$	18.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	4.57 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	14.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	216.67 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2.58 cm	$r_{p,eff} =$	0.0061		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0.000008	$<$	$0.6 \cdot s_s / E_s =$	0.000650	
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	380.99 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.248 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Kontrola progiba**

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



Slika 10.31 Prikaz progiba za ploču za kombinaciju GSU 1

Granična vrijednost progiba ploče u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{749}{250} = 3,00 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib ploče (očitano iz modela):  $f_k = 0,17 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \Phi_0 \cdot K_r \cdot f_k$

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

$$u_c = 2 \times (b + h) = 2 \times (100 + 18) = 236 \text{ cm}$$

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 1800 / 236 = 15,3 \text{ cm} = 153 \text{ mm}$$

srednji polumjer konstrukcijskog elementa  
RH=80% → vlažnost zraka

$$\Phi_{RH} = 1 + \frac{1-RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1-80/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{153}} = 1,37$$

koef. utjecaja relativne vlažnosti RH

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f = 35 + 8 = 43 \text{ MPa}$$

srednja tlačna čvrstoća betona klase C 45/55

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{43}} = 2,562$$

koef. utjecaja čvrstoće na skupljanje

koeficijenti utjecaja vlažnosti zraka i srednjeg polumjera  $\leq 1500$

$$\beta_H = 1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 = 1,5 \times [1 + (0,012 \times 80)^{18}] \times 153 + 250 = 589,57$$



$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1+t_0^{0,20}} \quad \text{koeficijenti starosti betona u trenutku opterećivanja}$$
$$\beta(28) = \frac{1}{0,1+28^{0,2}} = 0,488 \quad \text{koeficijenti starosti betona za opterećivanje nakon 28 dana}$$

Utjecaj vrste cementa: za normalne ili brzovezujuće cemente  $\alpha=0 \rightarrow$  nema utjecaja

Utjecaj temperature: za  $T=20^\circ\text{C}$  nema utjecaja

$$\Phi_0(28) = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) \quad \text{osnovna veličina koef. puzanja (opt. nakon 28 dana)}$$
$$\Phi_0(28) = 1,37 \times 2,562 \times 0,488 = 1,71$$

$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{3,97} = 0,85$$

$$f_d = 1,71 \cdot 0,17 \cdot 0,85 = 0,25 \text{ cm}$$

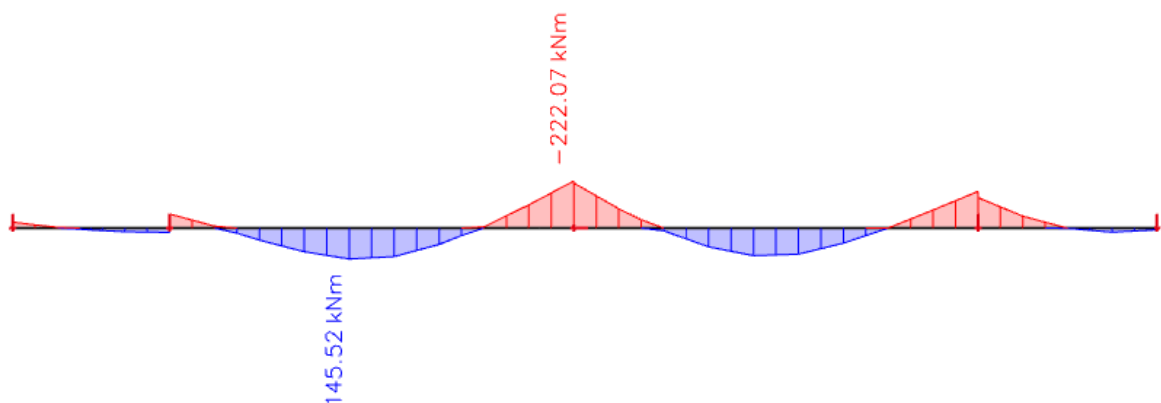
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,17 + 0,25 = 0,42 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 3,00 \text{ cm}$$

## 10.2. Proračun AB greda

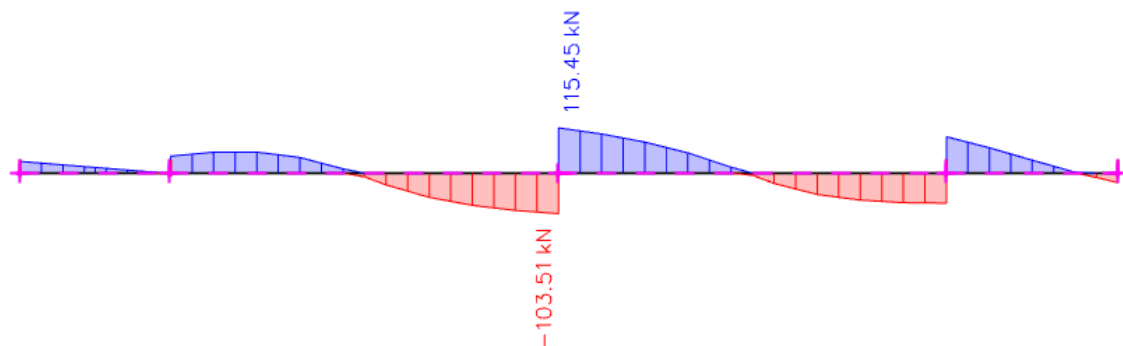
### 10.2.1. Greda 35x80 cm

#### Dimenzioniranje na moment savijanja

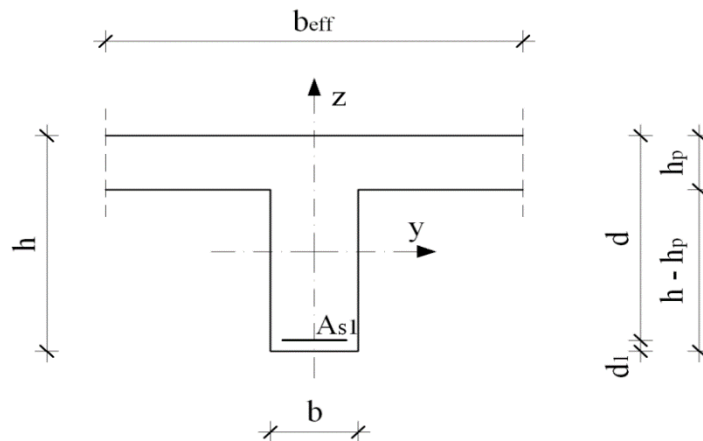
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije  $(1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35S)$ .



Slika 10.32 Maksimalni momenti savijanja  $M_y$



Slika 10.33 Maksimalna poprečna sila  $V_z$

**Proračun uzdužne armature**

Slika 10.34 – Poprečni presjek grede u polju

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$h_p = 18 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 75 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = b + (l_0 \times l_y) \div 5,0$$

$$b_{eff} = 35 + \frac{0,85 \cdot 865}{5} = 182,05 \text{ cm}$$

$$\text{C 35/45} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,33 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 35 \cdot 80 = 2,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 35 \cdot 80 = 56 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede 35x80cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[ $cm^2/m$ ]	[kNm]	[kNm]	%
3 $\phi$ 14	4.62	729.36	135.65	0.17
3 $\phi$ 16	6.03	729.36	177.06	0.22
3 $\phi$ 18	7.63	729.36	224.04	0.27
3 $\phi$ 20	9.42	729.36	276.59	0.34
3 $\phi$ 22	11.40	729.36	334.73	0.41
3 $\phi$ 25	14.73	729.36	432.51	0.53

Polje:

$$M_{Ed} = 145,52 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{145,52 \cdot 100}{182,05 \cdot 75^2 \cdot 2,33} = 0,0061$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,048 \quad \zeta = 0,984$$

$$x = \xi \cdot d = 0,048 \cdot 75 = 3,6 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14552}{0,984 \cdot 75 \cdot 43,5} = 4,53 \text{ cm}^2$$

Odabrano 3 $\phi$ 14 ( $A_s=4,62 \text{ cm}^2$ )

Ležaj:

$$M_{Ed} = 222,07 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{222,07 \cdot 100}{30 \cdot 55^2 \cdot 2,33} = 0,056$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0,130 \cdot 75 = 9,75 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22207}{0,953 \cdot 75 \cdot 43,5} = 7,15 \text{ cm}^2$$

Odabrano 3 $\phi$ 18 ( $A_s=7,63 \text{ cm}^2$ )

**Dimenzioniranje na poprečnu silu**

<p>C 35/37</p> <p><math>f_{cd}=35/1.5=23,3</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max}= 115,45</math> kN</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2[mm]$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$ <p>Na mjestu maksimalne poprečne sile:</p> $s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$

$b_w$	35.00	cm
$h$	80.00	cm
$d_1 (d_2)$	5.00	cm
$d$	75.00	cm
$A_{sl}$	7.63	cm <sup>2</sup>
$V_{Ed,max}$	115.45	kN
$N_{sd}$	0.00	kN
$k$	1.52	
$\rho_l$	0.0029	
$v_{min}$	0.39	
$\sigma_{cp}$	0.00	kN/cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c}$	103.5	kN
$V_{Rd,c,min}$	101.5	kN
$V_{Rd,c,mjer}$	103.5	kN
$v$	0.516	
$V_{Rd2}$	1580.3	kN

<b>C 35/45</b>		
$f_{ck}$	35.00	Mpa
$f_{cd}$	2.33	kN/cm <sup>2</sup>
$f_{yd}, f_{yw,d}$	43.48	kN/cm <sup>2</sup>
$\tau_{Rd}$	0.34	kN/cm <sup>2</sup>

**Računska armatura**

$\rho_{min}$	0.0011	
$m$	2	
$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0.07	
$s_{w,max}$	30.0	cm
$A_{sw,min}$	0.578	cm <sup>2</sup>
Odabrano:	<b>Ø10 / 30</b>	
$A_{sw,od}$	0.79	cm <sup>2</sup>
$V_{wd}$	153.67	kN

**Kontrola pukotina**

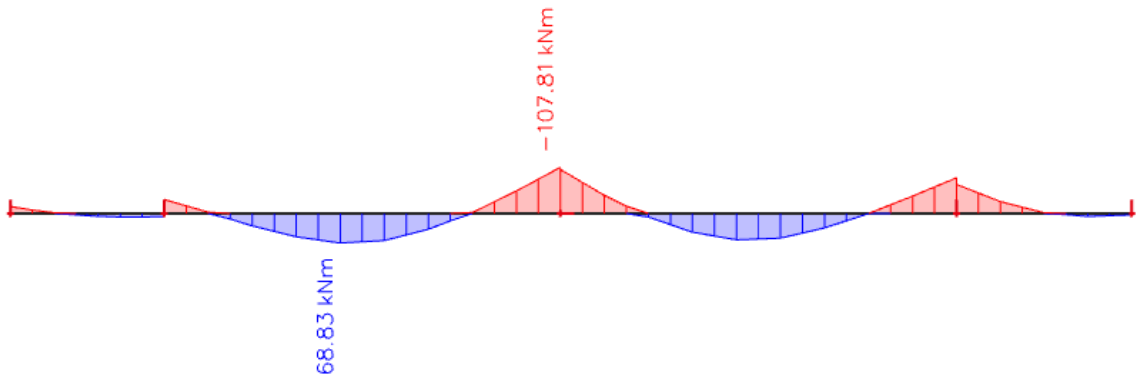
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

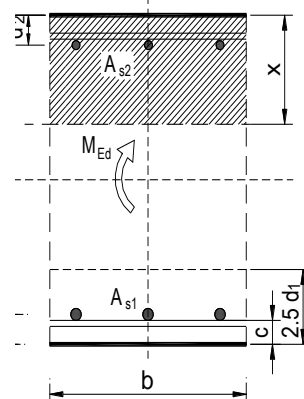
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$$



Slika 10.35 Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 68,83 \text{ kNm}$ Armatura grede u polju:  $3\phi 14$  ( $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$ )

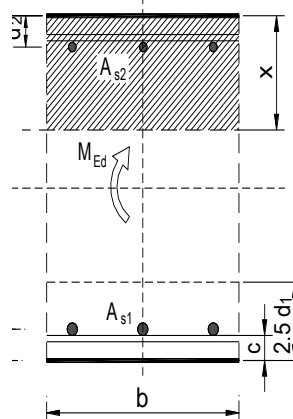
$b =$	35.0 cm	$d =$	75.0 cm	$h =$	80.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	4.62 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	68.8 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	207.92 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	10.04 cm	$r_{p,eff} =$	0.0106		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000394	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000624		
$\emptyset =$	14.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	327.38 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.204 mm	$< w_g$			



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 107,81 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $3\phi 18$  ( $A_s = 7,63 \text{ cm}^2$ )

$b =$	35.0 cm	$d =$	75.0 cm	$h =$	80.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	7.63 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	107.8 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	199.62 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	12.65 cm	$r_{p,eff} =$	0.0174		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000592	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000599		
$\emptyset =$	18.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	277.46 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.166 mm	$< w_g$			

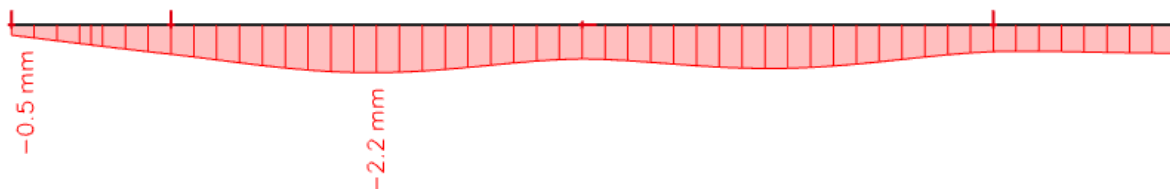


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.



**Kontrola progiba**

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



Slika 10.36 Dijagram progiba grede za GSU 1

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{865}{250} = 3,46 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,22 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \rho(\infty) \cdot K_r \cdot f_k$

Tablica 10.1 – Konačne vrijednosti koeficijenta pužanja  $\rho(\infty, t_0)$ 

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

Konačni koeficijent pužanja za starost betona od 90 dana sa vlagom od 50%:

$$\rho(\infty) = 2,4$$

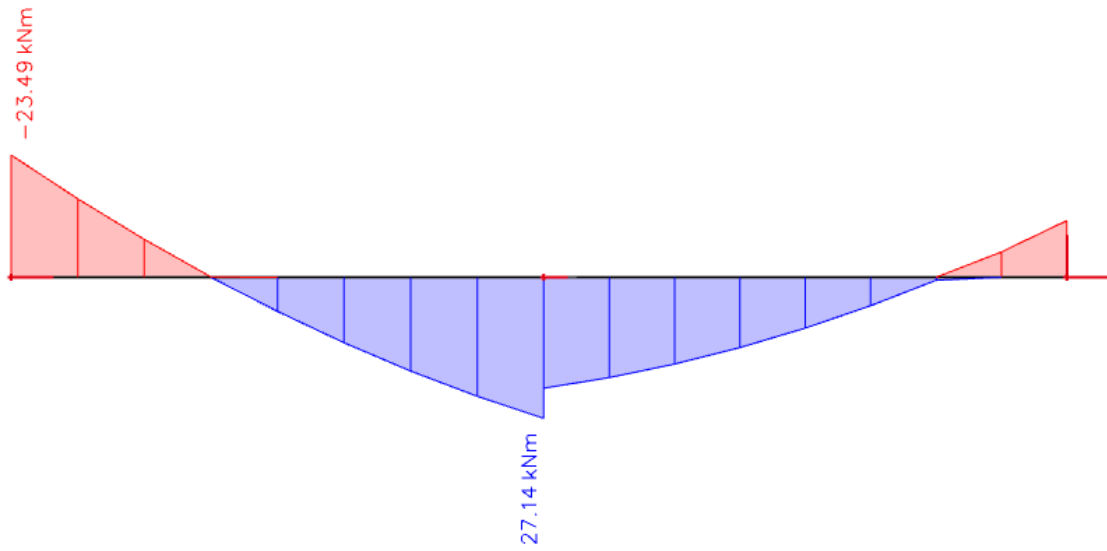
$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{7,63} = 0,85$$

$$f_d = 2,4 \cdot 0,22 \cdot 0,85 = 0,45 \text{ cm}$$

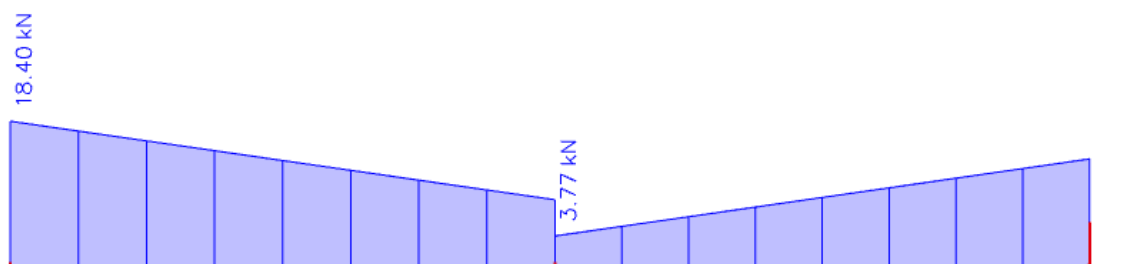
$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,22 + 0,45 = 0,67 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 3,46 \text{ cm}$$

**10.2.2. Greda 20x40 cm****Dimenzioniranje na moment savijanja**

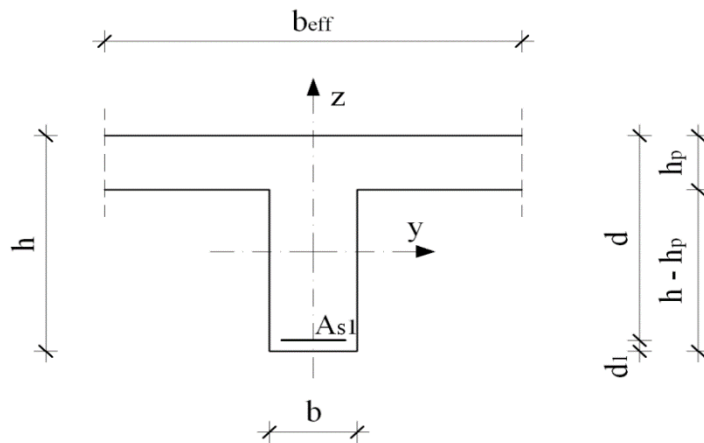
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije  $(1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35S)$ .



Slika 10.37 Maksimalni momenti savijanja  $M_y$



Slika 10.38 Maksimalna poprečna sila  $V_z$

**Proračun uzdužne armature**

Slika 10.39 – Poprečni presjek grede u polju

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

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$h_p = 18 \text{ cm}$$

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

$$d = h - d_1 = 35 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = b + (l_0 \times l_y) \div 5,0$$

$$b_{eff} = 20 + \frac{0,85 \cdot 749}{5} = 147,33 \text{ cm}$$

$$\text{C 35/45} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,33 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$\mu_{sds}^* = 0,159; \quad \zeta \approx 0,9; \quad \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3,5/10$$

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

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

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 20 \cdot 40 = 0,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 20 \cdot 40 = 16 \text{ cm}^2$$

U tablici su prikazani ultimativni momenti nosivosti za odabranu uzdužnu armaturu, grede 20x40cm :

Šipke	Površina $A_{s1}$	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
	[ $cm^2/m$ ]	[kNm]	[kNm]	%
2 $\phi$ 10	1.57	90.77	21.51	0.20
2 $\phi$ 12	2.26	90.77	30.97	0.28
2 $\phi$ 14	3.08	90.77	42.20	0.39
2 $\phi$ 16	4.02	90.77	55.08	0.50
2 $\phi$ 18	5.09	90.77	69.75	0.64
2 $\phi$ 20	6.28	90.77	86.05	0.79

Polje:

$$M_{Ed} = 27,14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{27,14 \cdot 100}{147,33 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,0064$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,048 \quad \zeta = 0,984$$

$$x = \xi \cdot d = 0,048 \cdot 35 = 1,68 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2714}{0,984 \cdot 35 \cdot 43,5} = 1,81 \text{ cm}^2$$

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

Ležaj:

$$M_{Ed} = 23,49 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,49 \cdot 100}{20 \cdot 35^2 \cdot 2,33} = 0,041$$

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

$$x = \xi \cdot d = 0,107 \cdot 35 = 3,75 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2349}{0,962 \cdot 35 \cdot 43,5} = 1,60 \text{ cm}^2$$

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

**Dimenzioniranje na poprečnu silu**

<p>C 35/37</p> <p><math>f_{cd}=35/1.5=23,3</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p> <p><math>V_{Ed,max}= 18,40</math> kN</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2[mm]$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$ <p>Na mjestu maksimalne poprečne sile:</p> $s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$

$b_w$	20.00	cm	<b>C 35/45</b>		
$h$	40.00	cm	$f_{ck}$	35.00	Mpa
$d_1 (d_2)$	5.00	cm	$f_{cd}$	2.33	kN/cm <sup>2</sup>
$d$	35.00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43.48	kN/cm <sup>2</sup>
$A_{sl}$	2.26	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0.34	kN/cm <sup>2</sup>
$V_{Ed,max}$	18.40	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
$N_{sd}$	0.00	kN	$\rho_{min}$	0.0011	
$k$	1.76		$m$	2	
$\rho_l$	0.0032		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0.04	
$v_{min}$	0.48		$s_{w,max}$	26.3	cm
$\sigma_{cp}$	0.00	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0.289	cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c}$	33.1	kN	Odabrano:	<b>Ø8 / 30</b>	
$V_{Rd,c,min}$	33.7	kN	$A_{sw,od}$	0.50	cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c,mjer}$	33.7	kN	$V_{wd}$	45.90	kN
$v$	0.516				
$V_{Rd2}$	421.4	kN			

**Kontrola pukotina**

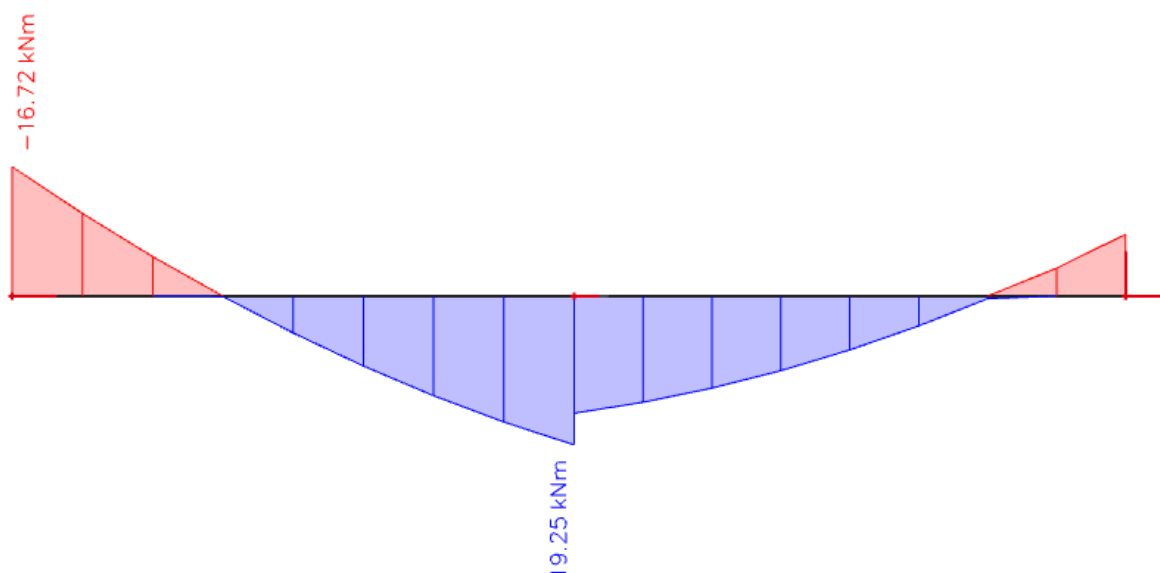
Mjerodavni momenti u gredi su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja:

$$\text{GSU 1 : } 1,0 G + 1,0\Delta G + 1,0Q$$

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

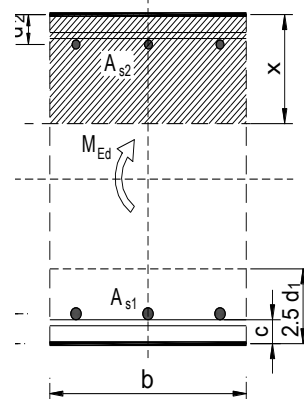
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \leq w_g$$



Slika 10.40 Dijagram maksimalnih momenata savijanja u polju i na ležaju  $M_y$

**Polje:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju:  $M_{Ed} = 19,25 \text{ kNm}$ Armatura grede u polju:  $2\phi 12$  ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

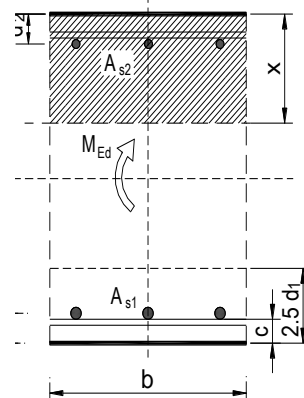
$b =$	20.0 cm	$d =$	35.0 cm	$h =$	40.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	2.26 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	19.3 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	258.61 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	6.19 cm	$r_{p,eff} =$	0.0090		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000545	$<$	$0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000776	
$\emptyset =$	12.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	327.66 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.254 mm	$<$	$w_g$		



→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.

**Ležaj:**Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju:  $M_{Ed} = 16,72 \text{ kNm}$ Armatura grede na ležaju:  $2\phi 12$  ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

$b =$	20.0 cm	$d =$	35.0 cm	$h =$	40.0 cm
$f_{ck} =$	35.0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	3.21 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	2.26 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0.00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	34.00 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	5.88
$M_{Ed} =$	16.7 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	224.62 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	6.19 cm	$r_{p,eff} =$	0.0090		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.000375	$<$	$0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000674	
$\emptyset =$	12.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	327.66 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.221 mm	$<$	$w_g$		

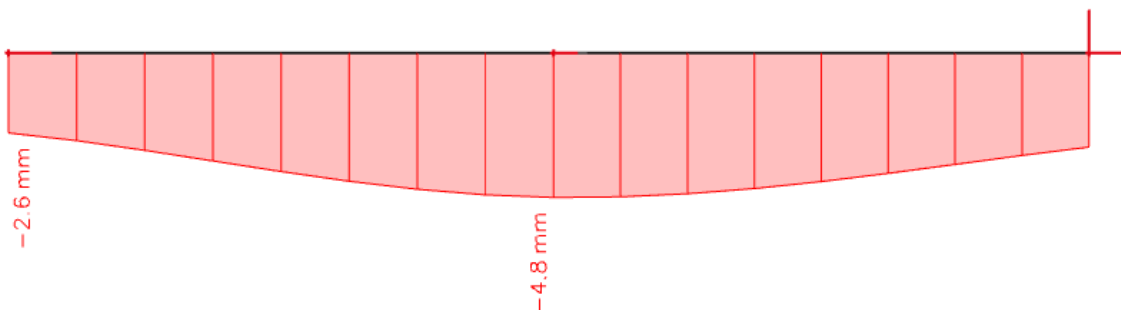


→ Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotine.



**Kontrola progiba**

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



Slika 10.41 Dijagram progiba grede za GSU 1

Granična vrijednost progiba grede u polju:  $f_{p,dop} = \frac{l}{250} = \frac{749}{250} = 3,00 \text{ cm}$

Kratkotrajni progib grede (očitano iz modela):  $f_k = 0,48 \text{ cm}$

Ukupni progib:  $f_d = \rho(\infty) \cdot K_r \cdot f_k$

Tablica 10.2 Konačne vrijednosti koeficijenta puzanja  $\rho(\infty, t_0)$ 

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

Konačni koeficijent puzanja za starost betona od 90 dana sa vlagom od 50%:

$$\rho(\infty) = 2,4$$

$$K_r = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 0,85 - 0,45 \cdot \frac{0}{2,26} = 0,85$$

$$f_d = 2,4 \cdot 0,48 \cdot 0,85 = 0,98 \text{ cm}$$

$$f_{uk} = f_k + f_d = 0,48 + 0,98 = 1,46 \text{ cm} \leq f_{p,dop} = 3,00 \text{ cm}$$

## **11. DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA**

### **KONSTRUKCIJE**

#### **11.1. Proračun stupova**

Proračun stupova napravljen je na temelju prostornog modela predmetne građevine u Stupovi su predviđeni kao klasično armirano betonski elementi.

Stupovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u četverostranoj oplati na licu mjesta. Za sve stupove predviđen je beton C 35/45 te armatura B500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min 3,0 cm.

Proračun i dimenzioniranje stupova predmetne građevine napravljen je na temelju uobičajenih i izvanrednih kombinacija. Uobičajene kombinacije predstavljaju kombinaciju stalnog i korisnog opterećenja zajedno sa promjenjivim opterećenjem vjetra. Izvanredne kombinacije čine stalno i korisno opterećenje zajedno sa djelovanjem potresa.

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

Utjecaj vitkosti stupova obuhvaćen je inženjerskom metodom povećanja momenta.

Rezultati reznih sila za svaki pojedini tip stupa, proračunati računalnim programom Scia Engineer 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:

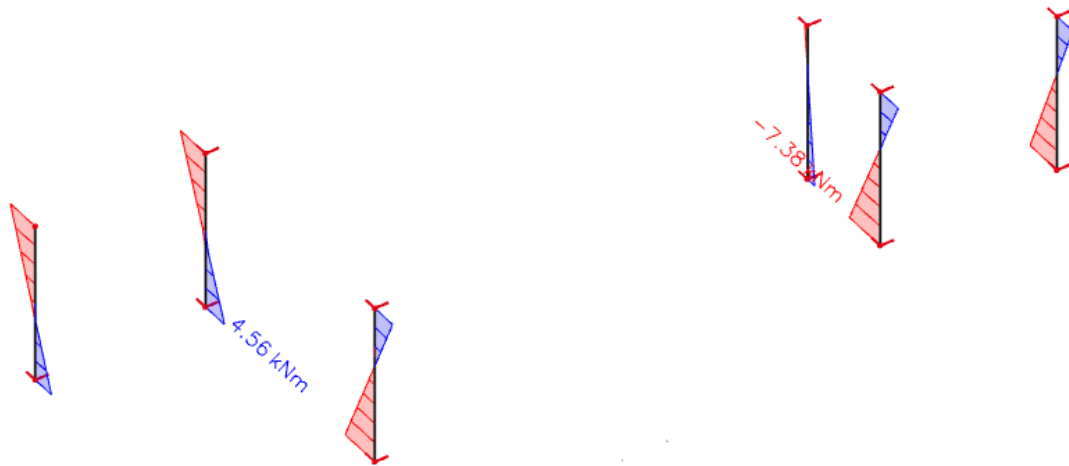
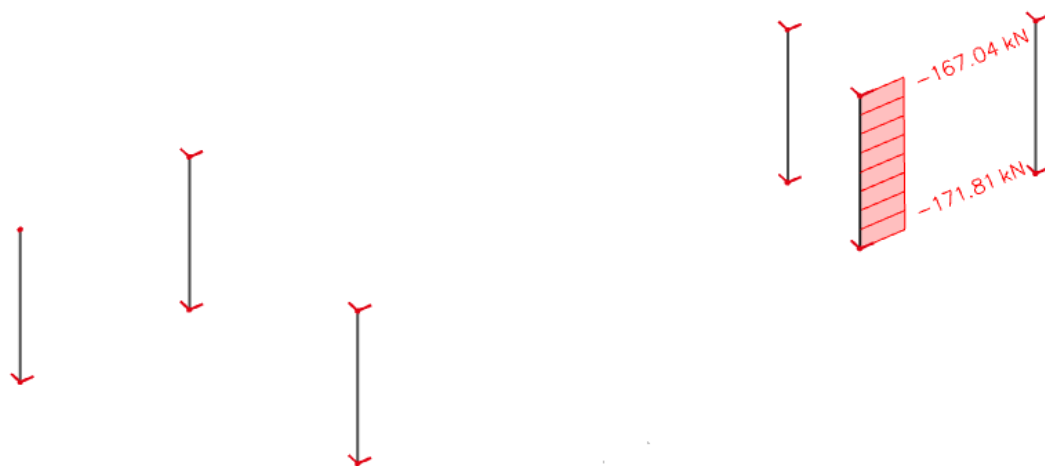
$$M_{Ed,rac} = \psi \cdot M_{sd} \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

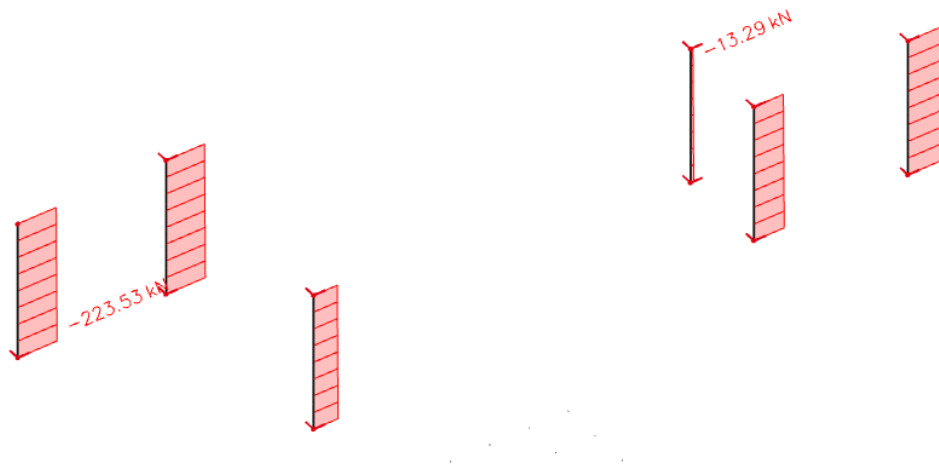
$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{\ell_i^2}; \quad E_\phi = \frac{E}{\phi}$$

Mjerodavne rezne sile su očitane i dimenzioniranje je izvršeno za najkritičniji presjek.

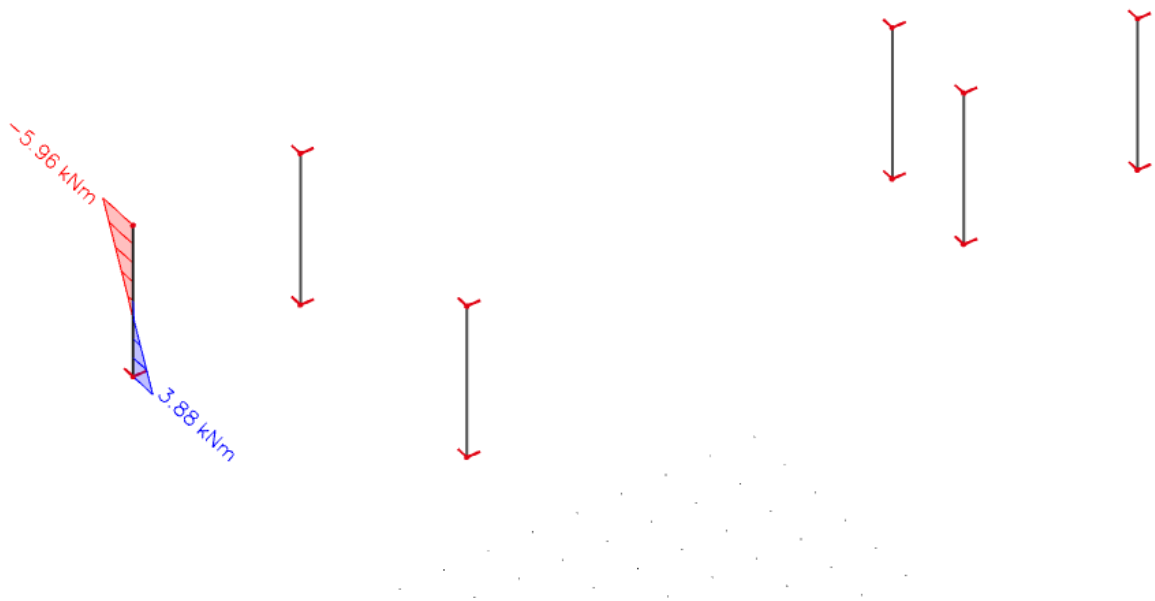
## 11.2. Proračun stupova S1 20x20 cm

## 11.2.1. Rezultati proračuna

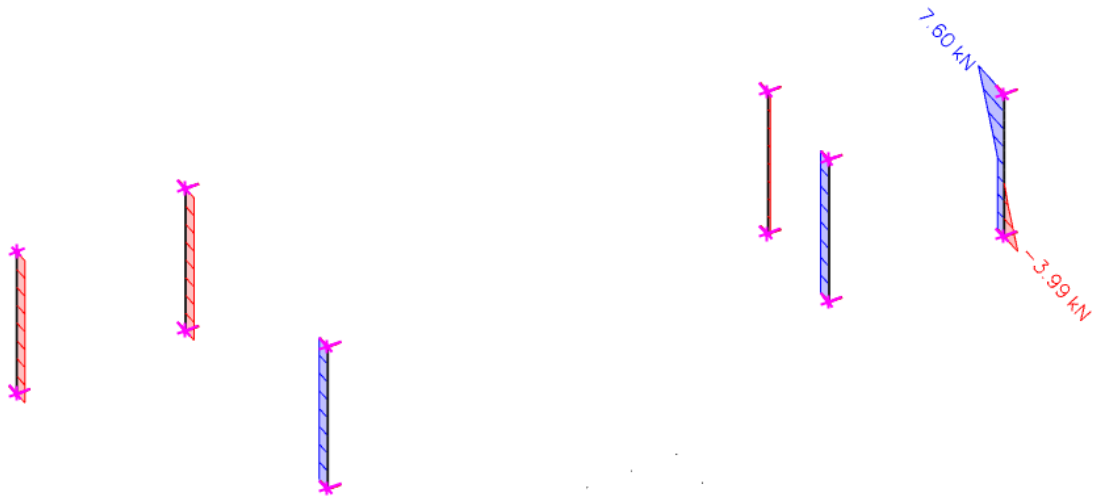
Slika 11.1 Maksimalni moment savijanja za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$ Slika 11.2 Pripadna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$



Slika 11.3 Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$



Slika 11.4 Pripadni moment savijanja za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$

Slika 11.5 Maksimalna poprečna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5W_x$ Postupak povećanja početnog momenta savijanjaMaksimalni moment savijanja i pripadajuća uzdužna sila za kombinaciju:

$$M_{Ed}^I = 7,38 \text{ kNm} \quad N = -171,81 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{l_0^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{34000}{1 + 1} = 17000 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$l_0 = 1,4 \cdot 3,60 = 5,04 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{17.000.000,00 \cdot 0,00013}{5,04^2} = 858,68 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1.0}{1 - \frac{1,5 \cdot 171,81}{858,68}} = 1,43$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,43 \cdot 7,38 = 10,55 \text{ kNm}$$

Maksimalni uzdužna sila i pripadajući moment za kombinaciju:

$$M_{Ed}^I = 5,96 \text{ kNm} = -223,53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I \quad ; \quad \psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} \quad ; \quad C_m = 1.0 \quad ; \quad \gamma = 1.5$$

$$N_e = \pi^2 \frac{E_\phi \cdot I}{l_0^2} \quad ; \quad E_\phi = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{34000}{1 + 1} = 17000 \text{ MPa}$$

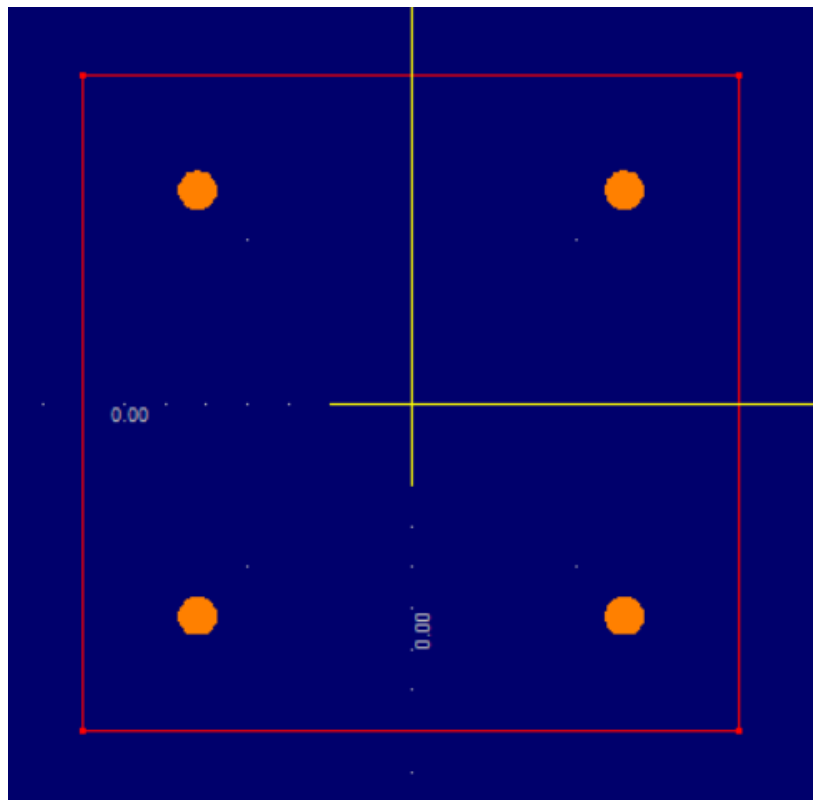
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$l_0 = 1,4 \cdot 3,60 = 5,04 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \frac{17.000.000,00 \cdot 0,00013}{5,04^2} = 858,68 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N}{N_e}} = \frac{1.0}{1 - \frac{1,5 \cdot 223,53}{858,68}} = 1,64$$

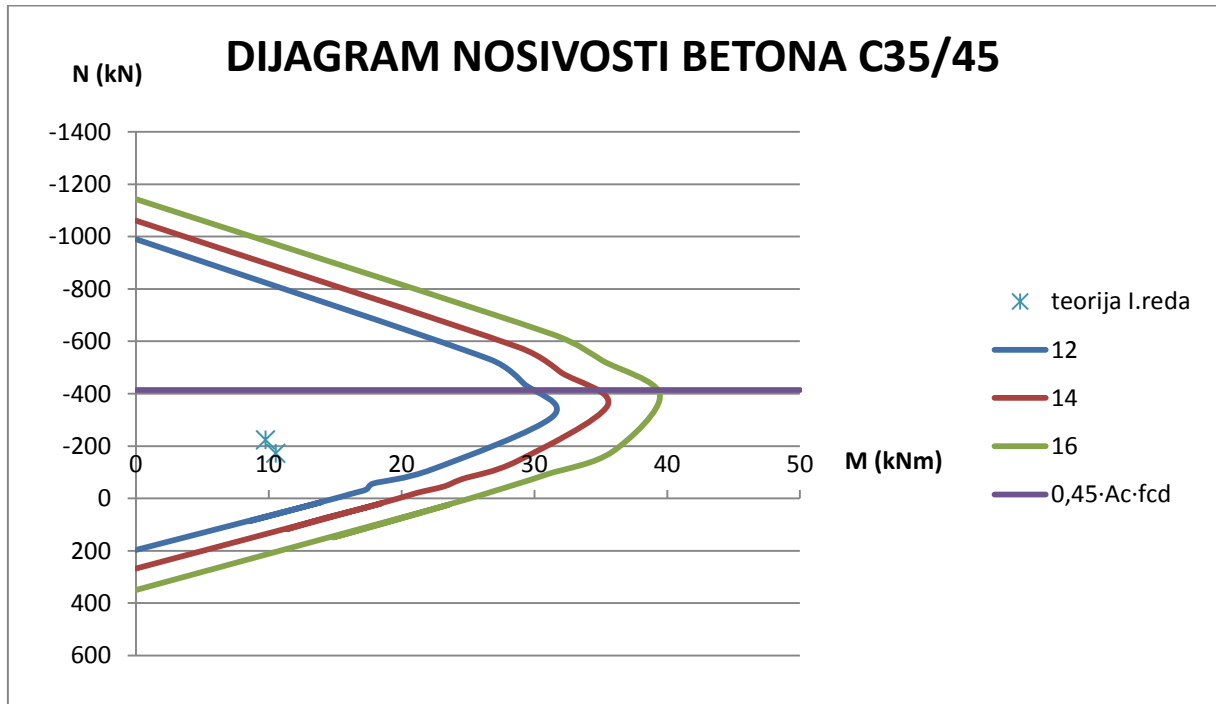
$$M_{Ed}^{II} = 1,64 \cdot 5,96 = 9,78 \text{ kNm}$$



Slika 11.6 Poprečni presjek stupa S1 s armaturom (Aspalathos Section Design)

Tablica 11.1 Rezne sile u stupovima

teorija I.reda	Mmax	Nprip	Nmax	Mprip
Kombinacija	10,55	-171,81	-223,53	9,78
$1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 0,9 \cdot (1,5s)$				



Slika 11.7 Dijagram nosivosti za stupove S1 u garaži

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot a \cdot b = 0,001 \cdot 20 \cdot 20 = 0,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot a \cdot b = 0,02 \cdot 20 \cdot 20 = 8 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura:  $4\Phi 12 (A_{s1} = 4,52 \text{ cm}^2)$



## 11.2.2. Proračun na poprečnu silu

<p>C 35/45</p> <p><math>f_{cd}=35/1.5=23,3</math> MPa</p> <p>Računska poprečna sila:</p>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,min} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ $V_{Rd,c,mjer} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min})$ $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $V_{wd} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w}$
<p><math>V_{Ed,max}= 7,60</math> kN</p> <p>Računska uzdužna sila:</p> <p><math>N_{Ed}= 223,53</math> kN</p> <p>Na mjestu maksimalne poprečne sile:</p>	$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2[mm]$ $k_1 = 0.15$ $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0 \leq 0,2 \cdot f_{cd}$ $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$ $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$ $v = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right]$ $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ $V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\theta$ $V_{Ed} > V_{Rd}$ $s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$

$b_w$	20.00	cm	<b>C 35/45</b>		
$h$	20.00	cm	$f_{ck}$	35.00	Mpa
$d_1 (d_2)$	3.00	cm	$f_{cd}$	2.33	kN/cm <sup>2</sup>
$d$	17.00	cm	$f_{yd}, f_{yw,d}$	43.48	kN/cm <sup>2</sup>
$A_{sl}$	4.52	cm <sup>2</sup>	$\tau_{Rd}$	0.34	kN/cm <sup>2</sup>
$V_{Ed,max}$	7.60	kN	<b>Konstruktivna armatura</b>		
$N_{sd}$	223.53	kN	$\rho_{min}$	0.0011	
$k$	2.00		$m$	2	
$\rho_l$	0.0133		$V_{Ed,max}/V_{Rd2}$	0.04	
$v_{min}$	0.59		$s_{w,max}$	12.8	cm
$\sigma_{cp}$	0.47	kN/cm <sup>2</sup>	$A_{sw,min}$	0.140	cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c}$	31.7	kN	Odabrano:	<b>Ø8 / 15</b>	
$V_{Rd,c,min}$	22.3	kN	$A_{sw,od}$	0.50	cm <sup>2</sup>
$V_{Rd,c,mjer}$	31.7	kN	$V_{wd}$	44.59	kN
$v$	0.516				

- Po sredini stupa povećati razmak na  $\Phi 8/20$  cm
- Detalji armiranja prikazani su u nacrtima

### 11.3. Proračun zidova

Zidovi su predviđeni kao klasično armirano-betonski elementi. Debljina obodnih zidova je 20 i 30 cm. Zidovi se izvode kao monolitni elementi lijevani u dvostranoj oplati na licu mjesta. Za sve zidove predviđen je beton C 35/45 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 ( $M_{Ed}$ ). Unutarnje sile u zidovima prikazane su kao na 1D elementu i dobivene integriranjem naprezanja duž cijele duljine odabranog zida korištenjem opcije Integration strip u računalnom programu.

Dimenzioniran je karakteristični zid zgrade i garaže. 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 zidovi 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:

$$h_{cr} \leq 2h_s = 5,80 \text{ m}$$

Za svaki zid vrijedi:

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

$V'_{Ed}$  - korigirana poprečna sila

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

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

Minimalna armatura u zidovima:

$$A_{s,min} = 0,2\% \cdot 20,0 \cdot 100 = 4,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

tj. zidove za koje ne treba računski 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:

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

$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}$$

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

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

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:

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

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

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

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

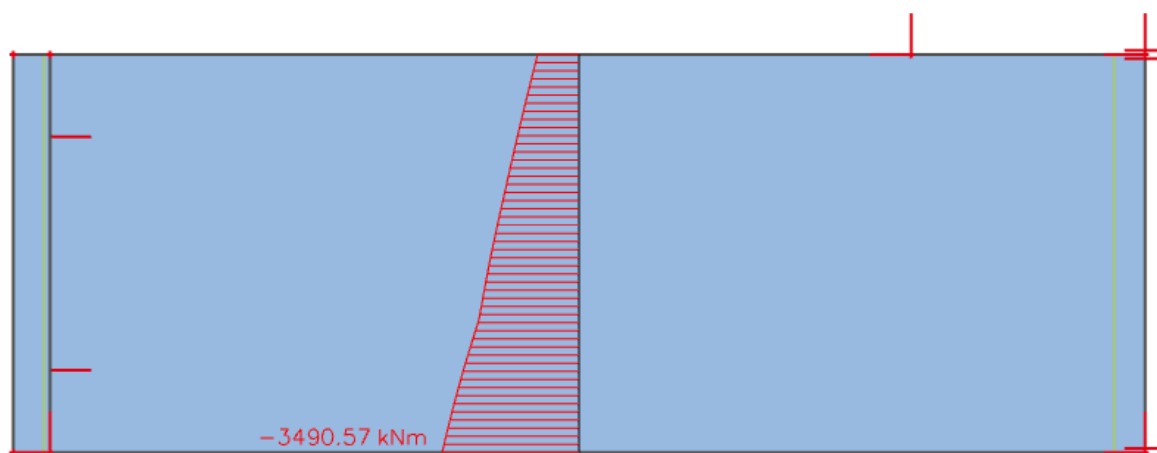
$$z \approx 0,9 \cdot d$$

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

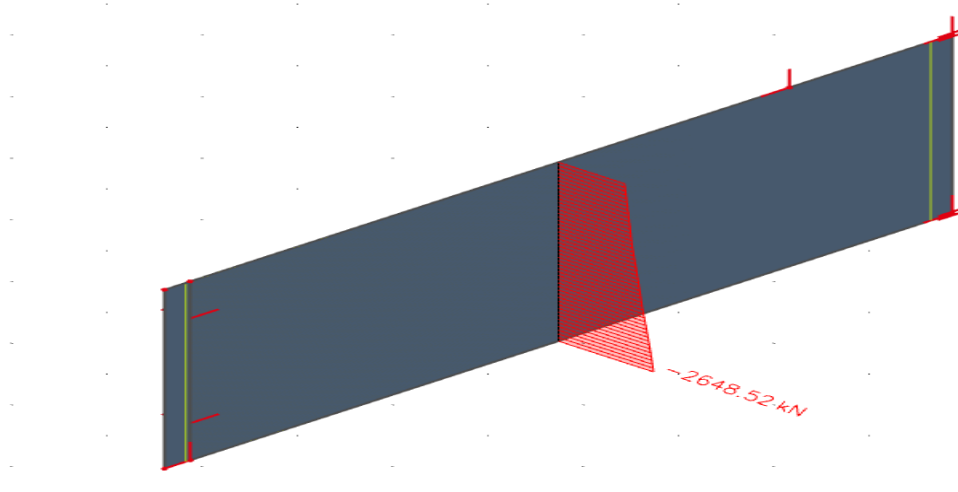
### 11.3.3. Rezultati proračuna karakterističnog zida zgrade

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.

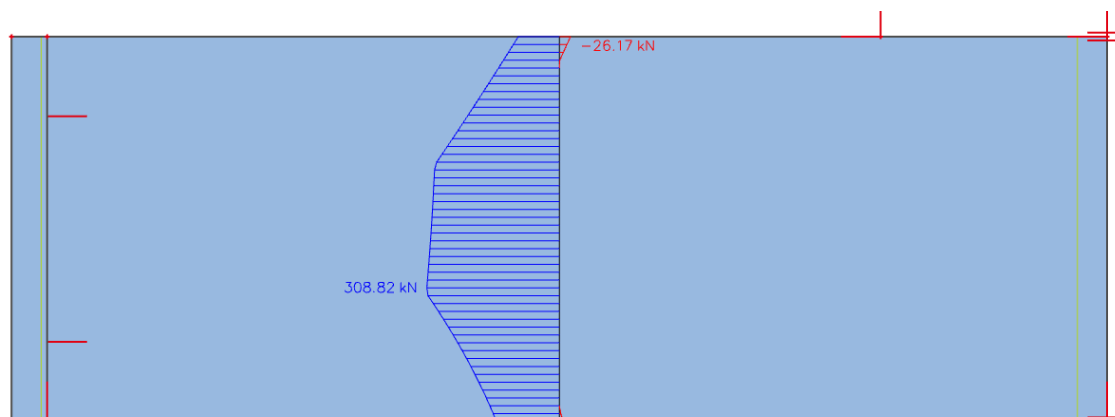
Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 11.8 Maksimalni moment za seizmičku kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 0,3Q + 1,0S_y$



Slika 11.9 Maksimalna uzdužna sila za seizmičku kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 0,3Q + 1,0S_y$

Slika 11.10 Maksimalna poprečna sila za seizmičku kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 0,3Q + 1,0S_y$ Proračun seizmičkog zida

## GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZIDA:

$h_s$ - visina etaže	290	cm
$b_w$ - debljina zida	20	cm
$l_w$ - duljina zida	827	cm
$h_w$ - visina zida	290	cm
$n$ - broj etaža	6	

$d_1 =$	3	cm
$d =$	821	cm

DUKTILNOST: DCM-srednja duktilnost

FAKTOR PONAŠANJA  $q =$  2,4

VITKI ZID ( $h_s/l_w > 2$ )

Dužina rubnog serklaža:  $l_{c0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\}$   $l_{c0} = 30,0$  cm

Uvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$   $b_{w0} \geq 14,5$  cm

Vitkost zida:  $h_w/l_w = 0,04 < 2$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$   $h_{cr} = 827$  cm

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C35/45	
$f_{ck} =$	35	MPa
$f_{cd} =$	23,3	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

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

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

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

Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 3490,57 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 2648,52 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 308,82 \text{ kN}$$

$$b = 20 \text{ cm} ; d = 821 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0.15l_w; 1.50b_w\} = \min \{1240-50; 30.0\} = 30,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 3490,57 + 2648,52 \cdot \left(8,21 - \frac{2,90}{2}\right) = 35019,88 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,20 \cdot 8,21^2 \cdot 23300 = 49942,39 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{35019,88 \cdot 100}{20 \cdot 821^2 \cdot 2,33} = 0,111$$

$$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,5\text{‰}; \xi = 0,200; \zeta = 0,922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{35019,88 \cdot 100}{0,922 \cdot 821 \cdot 43,48} - \frac{2648,52}{43,48} = 45,49 \text{ cm}^2$$



Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 821 = 24,63 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 12Ø25 ( $A_s = 58,90 \text{ cm}^2$ )

### Proračun armature na poprečnu silu

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

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

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

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

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 308,82 = 741,17 \text{ kN}$$

C 35/45  $f_{ck}=35 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}$$

### Lom tlačne dijagonale u zidu

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

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

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,33/200) \cdot 2,33 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 821 = 9480,71 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,33/200) \cdot 2,33 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 821 = 11850,89 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 741,17 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(9480,71; 11850,89) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 3490,57 / (741,17 \cdot 8,27) = 0,57$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

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

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

## NOSIVOST BETONA

Ako je  $N_{Ed}$  vlačna:

$V_{cd}=0$  u kritičnom području

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

Ako je  $N_{Ed}$  tlačna:

$V_{cd}=\tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40\rho_v) \cdot b_{w0} \cdot z$  u kritičnom području

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

*Minimalna armatura:*  $A_{z,min} = 0,15\% \cdot d \cdot 100$

Zid debljine 20 cm :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,00\text{cm}^2$

**Odabrano:** Q-385 obostrano (Ø10/10 cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{20 \cdot 100} = 0,00385$$

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

$$V_{wd} = 0,00385 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 821 = 2473,81 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

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

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00385) \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 821 = 680,32 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 680,32 + 2473,81 = 3154,13 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 741,17 \text{ kN} < V_{Rd3} = 3154,13 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

### 11.3.4. Rezultati proračuna karakterističnog zida garaže

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

$$p_0 = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

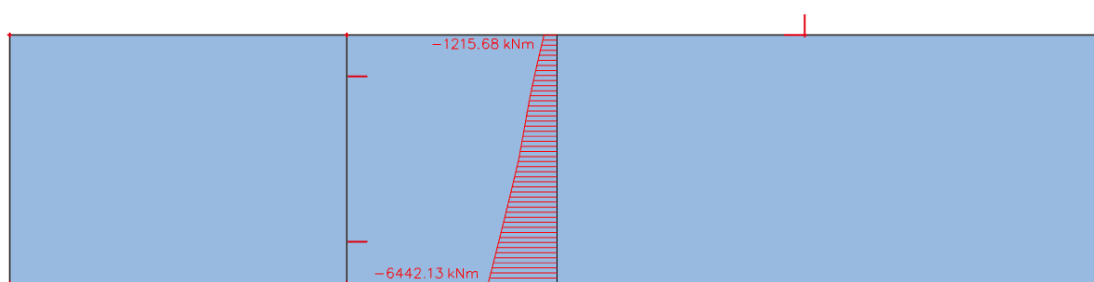
$$p_a = \gamma_{zem} \cdot h \cdot K_0, K_0 = 0,5, \gamma_{zem} = 20,0 \text{ kN/m}^2, h_1 = 3,20 \text{ m}, h_2 = 3,60 \text{ m},$$

$$h_{uk} = 6,80 \text{ m}$$

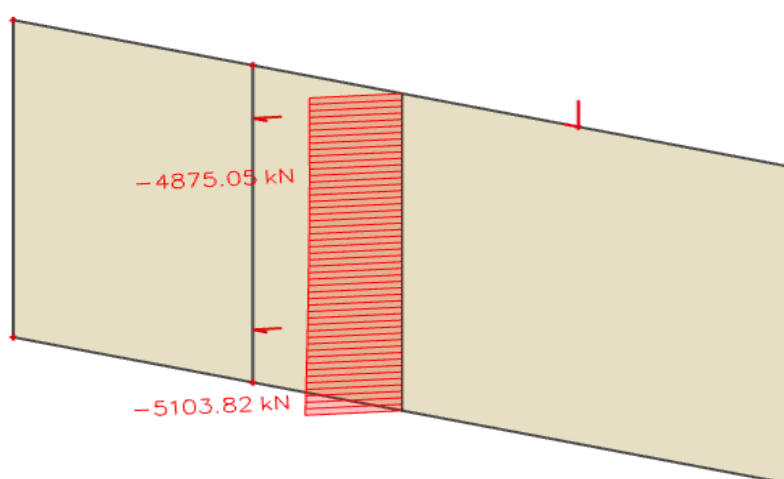
$$p_{a1} = \gamma_{zem} \cdot h \cdot K_0 = 20 \cdot 3,20 \cdot 0,5 = 32,0 \text{ kN/m}^2,$$

$$p_{a2} = p_{a1} + \gamma_{zem} \cdot h \cdot K_0 = 32,0 + 20 \cdot 3,60 \cdot 0,5 = 68,0 \text{ kN/m}^2,$$

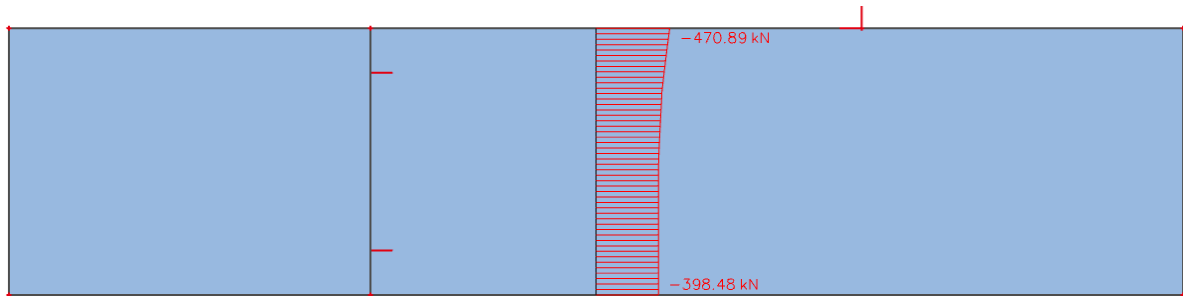
Rezultati reznih sila za svaki zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 11.11 Maksimalni moment za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$



Slika 11.12 Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$



Slika 11.13 Maksimalna poprečna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$

### Proračun zida

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZIDA:

$h_s$ - visina etaže	360	cm
$b_w$ - debljina zida	30	cm
$l_w$ - duljina zida	1593	cm
$h_w$ - visina zida	360	cm

$n$  - broj etaža

2
---

$d_1 =$ 

3
---

 cm

$d =$ 

1587
------

 cm

DUKTILNOST: 

DCM-srednja duktilnost
------------------------

FAKTOR PONAŠANJA  $q =$ 

2,4
-----

VITKI ZID ( $h_s/l_w > 2$ )

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

Uvjet za debljinu zida:  $b_{w0} \geq \min \{0,15 l_w; h_s/20\}$   $b_{w0} \geq 18,0$  cm

Vitkost zida:  $h_w/l_w = 0,23 < 2$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max \{l_w; h_w/6\}$   $h_{cr} = 1593$  cm

GRADIVO:

**Beton:**

Klasa:	C35/45	
$f_{ck} =$	35	MPa
$f_{cd} =$	23,3	MPa
$t_{Rd} =$	0,34	MPa

**Armatura:**

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

**Koeficijenti sigurnosti - materijala:**

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

Proračun nosivosti na uzdužnu silu i moment

$$M_{Ed} = 6442,13 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 5103,82 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 470,89 \text{ kN}$$

$$b = 3 \text{ cm} ; d = 1587 \text{ cm}$$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min \{0,15l_w; 1,50b_w\} = \min \{238,95; 45,0\} = 45,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 6442,13 + 5103,82 \cdot \left(15,87 - \frac{3,60}{2}\right) = 78252,88 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

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

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,30 \cdot 15,87^2 \cdot 23300 = 279916,28 \text{ kNm/m} > M_{Ed}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{78252,88 \cdot 100}{30 \cdot 1587^2 \cdot 2,33} = 0,044$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{78252,88 \cdot 100}{0,959 \cdot 1587 \cdot 43,48} - \frac{5103,82}{43,48} = 0,87 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 30 \cdot 1587 = 71,42 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 16Ø25 ( $A_s = 76,33 \text{ cm}^2$ )

### Proračun armature na poprečnu silu

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

$\varepsilon$ - korekcijski faktor

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

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

$$V_{Ed} = 2,4 \cdot 470,89 = 1130,14 \text{ kN}$$

C 35/45  $f_{ck}=35 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}$$

### Lom tlačne dijagonale u zidu

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

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

$$V_{Rd2} = \begin{cases} 0,4 \cdot (0,7 - 2,33/200) \cdot 2,33 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1587 = 27489,44 \text{ kN} \\ 0,5 \cdot (0,7 - 2,33/200) \cdot 2,33 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1587 = 34361,80 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{Ed} = 1130,14 \text{ kN} \leq V_{Rd2}(27489,44; 34361,80) \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom tlačne dijagonale.

Lom vlačne dijagonale u zidu

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

Ovisno o koeficijentu smicanja.

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot L_w) = 6442,13 / (470,89 \cdot 15,93) = 0,98$$

Primjenjuje se slijedeći postupak:

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

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

## 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 :  $A_{s,min} = 0,0015 \cdot 30 \cdot 100 = 4,50 \text{ cm}^2$

**Odabrano:** Q-385 obostrano (Ø10/10 cm – vilice)

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{7,7}{30 \cdot 100} = 0,00257$$

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

$$V_{wd} = 0,00257 \cdot 43,48 \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1587 = 4788,10 \text{ kN}$$



Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

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

$$V_{cd} = 0,034 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,00257) \cdot 30 \cdot 0,9 \cdot 1587 = 1898,01 \text{ kN}$$

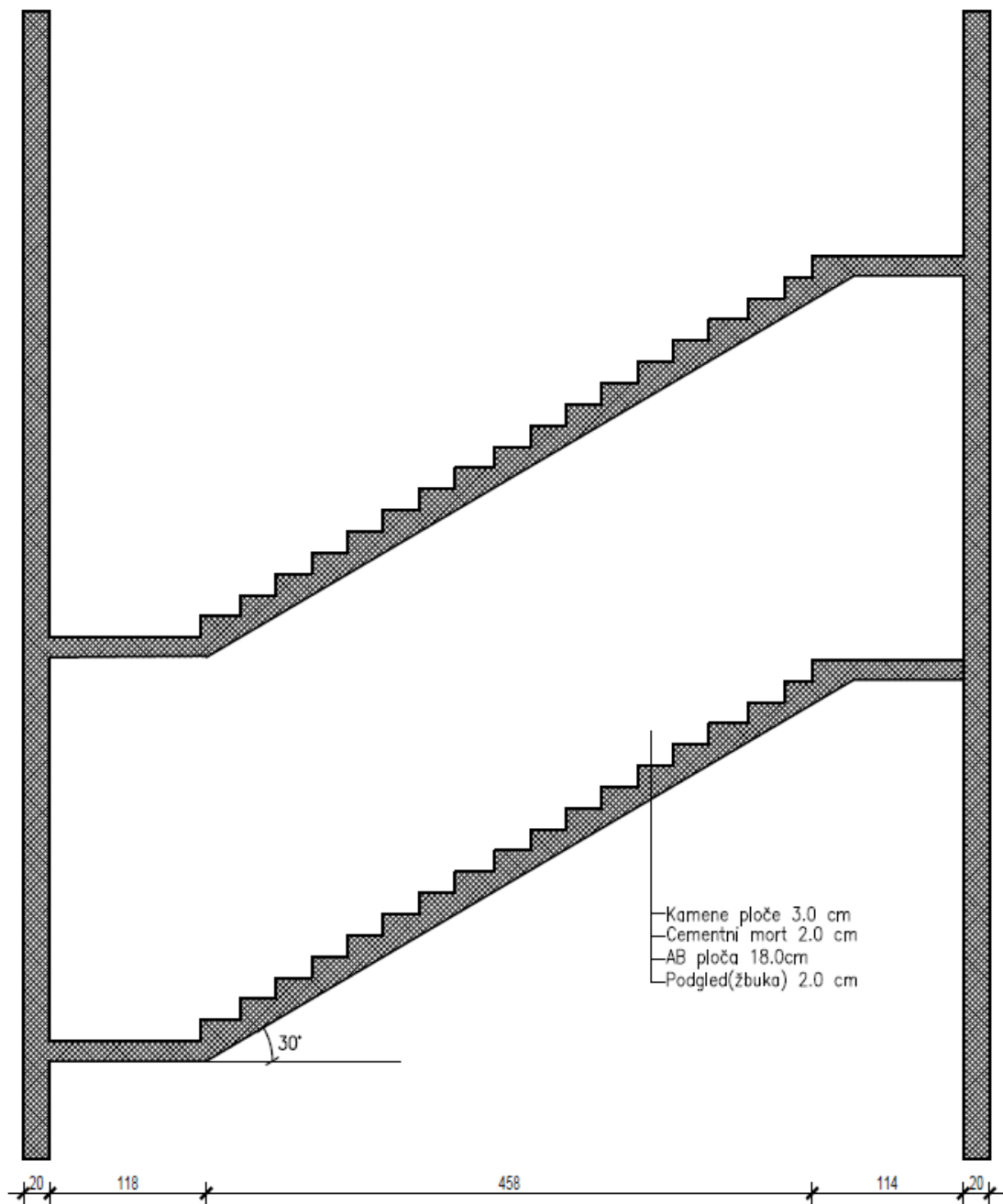
Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} = 1898,01 + 4788,10 = 6686,11 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1130,14 \text{ kN} < V_{Rd3} = 6686,11 \text{ kN}$$

Zid zadovoljava na slom vlačne dijagonale.

## 12. PRORAČUN STUBIŠTA



Opterećenja:

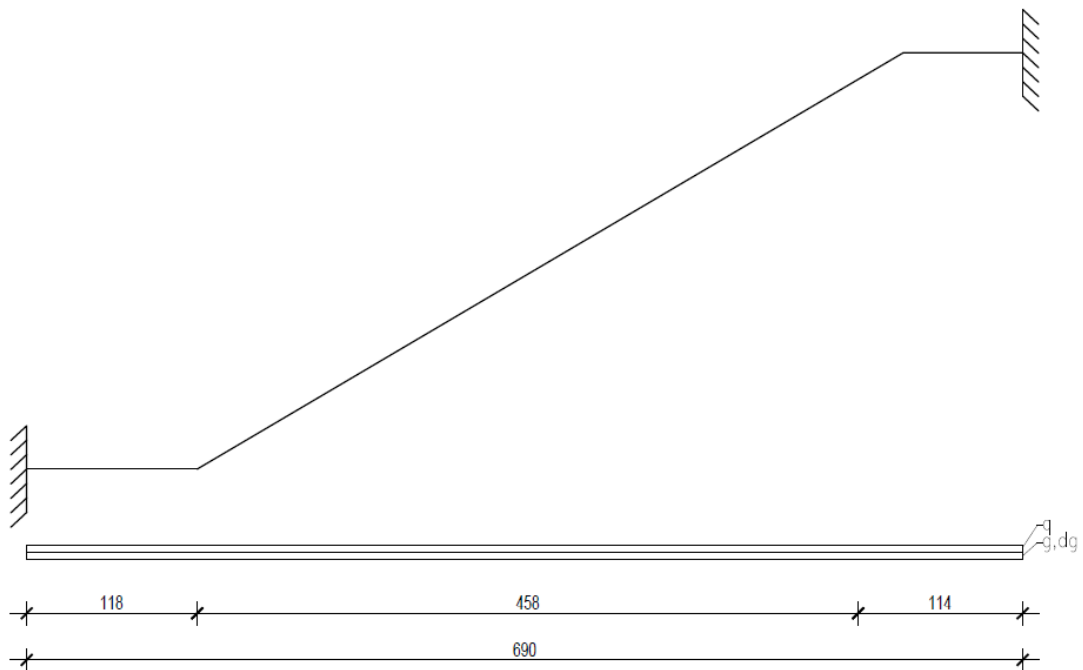
- vlastita težina

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.

$$g = 0,18 \cdot \left( \frac{1}{\cos 30} \right) \cdot 25 = 5,19 \text{ kN/m}^2$$

- dodatno stalno opterećenje  $\Delta g = 1,62 \text{ kN/m}^2$
- korisno (pokretno) opterećenje  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

Statički sustav:



Slika 12.2 Prikaz statičkog sustava

Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$h = 18 \text{ cm}, b = 100 \text{ cm}, d_1 = 3 \text{ cm}, d = h - d_1 = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 100 \cdot 15 = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 0,02 \cdot 100 \cdot 15 = 30 \text{ cm}^2$$

Polje:

$$M_g = \frac{(g + \Delta g) \cdot l^2}{24} = \frac{(5,19 + 1,62) \cdot 6,90^2}{24} = 13,50 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{q \cdot l^2}{24} = \frac{3,0 \cdot 6,90^2}{24} = 5,95 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1,35 \cdot M_g + 1,50 \cdot M_q = 1,35 \cdot 13,50 + 1,50 \cdot 5,95 = 27,15 \text{ kNm}$$

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 $A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> /m']	Moment nosivosti betona $M_{Rd,c,lim}$	Moment nosivosti armature $M_{Rd,s,lim}$	Postotak armature
		[kNm]	[kNm]	%
R/Q - 257	3.05	83.36	17.90	0.12
R/Q - 283	3.36	83.36	19.71	0.13
R/Q - 335	3.97	83.36	23.33	0.16
R/Q - 385	4.57	83.36	26.82	0.18
R/Q - 424	5.03	83.36	29.53	0.20
R/Q - 503	5.97	83.36	35.03	0.24
R/Q - 524	6.21	83.36	36.50	0.25
R/Q - 636	7.54	83.36	44.30	0.30
R/Q - 785	9.31	83.36	54.68	0.37

Polje:

$$M_{Ed} = 27,15 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2715}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,052$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2715}{0,956 \cdot 15 \cdot 43,48} = 4,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano: R – 503 ( $A_s = 5,97 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Ležaj:

$$M_g = \frac{(g + \Delta g) \cdot l^2}{12} = \frac{(5,19 + 1,62) \cdot 6,90^2}{12} = 27,01 \text{ kNm}$$

$$M_q = \frac{q \cdot l^2}{12} = \frac{3,0 \cdot 6,90^2}{12} = 11,90 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,max} = 1,35 \cdot M_g + 1,50 \cdot M_q = 1,35 \cdot 27,01 + 1,50 \cdot 11,90 = 54,31 \text{ kNm}$$

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	83.36	17.90	0.12
R/Q - 283		3.36	83.36	19.71	0.13
R/Q - 335		3.97	83.36	23.33	0.16
R/Q - 385		4.57	83.36	26.82	0.18
R/Q - 424		5.03	83.36	29.53	0.20
R/Q - 503		5.97	83.36	35.03	0.24
R/Q - 524		6.21	83.36	36.50	0.25
R/Q - 636		7.54	83.36	44.30	0.30
R/Q - 785		9.31	83.36	54.68	0.37

Ležaj:

$$M_{Ed} = 54,31 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5431}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,33} = 0,104$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5431}{0,928 \cdot 15 \cdot 43,48} = 8,97 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano: R – 785 ( $A_s = 9,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### **13. PRORAČUN TEMELJA**

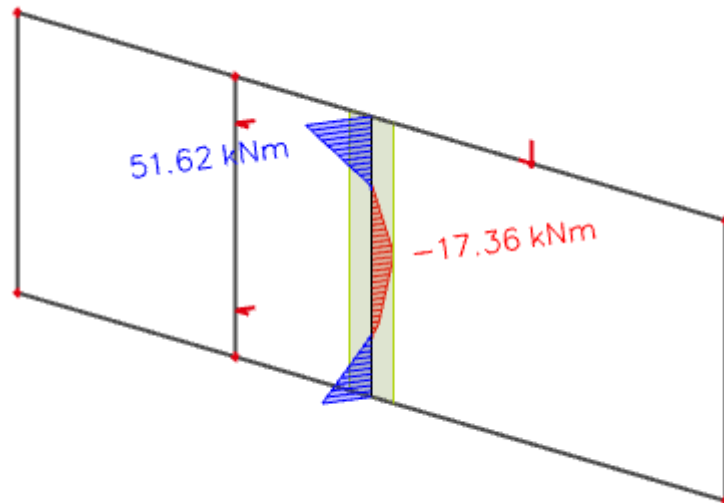
Temelji se izvode kao klasično armirano-betonski elementi. Oni na kojim se temelje stupovi su najopterećeniji. Za sve temelje predviđen je beton C 35/45 te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose minimalno 3,0 cm.

Proračunom u modelu dobivene su reakcije u podnožjima stupova i zidova za nekoliko kombinacija opterećenja.

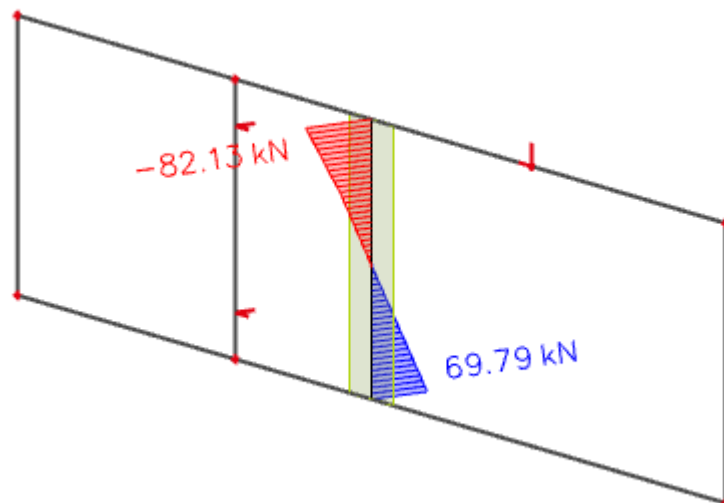
Temelji ispod stupova su dimenzionirani kao temelji samci, a temelji ispod zidova kao temeljne trake. Temelji samci su podijeljeni u grupe prema grupama stupova (prikazano u grafičkim priložima), a temeljne trake na trake za unutrašnje i trake za vanjske zidove. Armatura je izabrana što uniformnija zbog jednostavnosti izvedbe.

### 13.1. Proračun temeljne trake T1

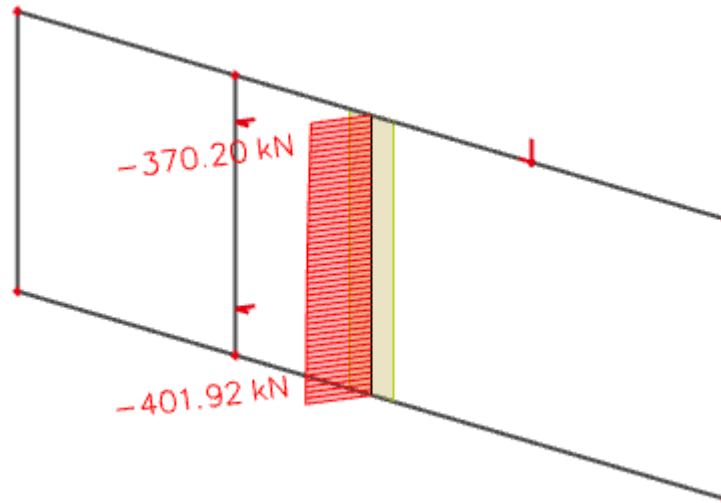
Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja ispod zidova promatraju se za duljinu zida od 1 m. Rezultati reznih sila za karakteristični zid proračunati su računalnim programom Scia Engineer 18.1 te su prikazani u nastavku.



Slika 13.1 Maksimalni moment za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$



Slika 13.2 Maksimalna poprečna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$

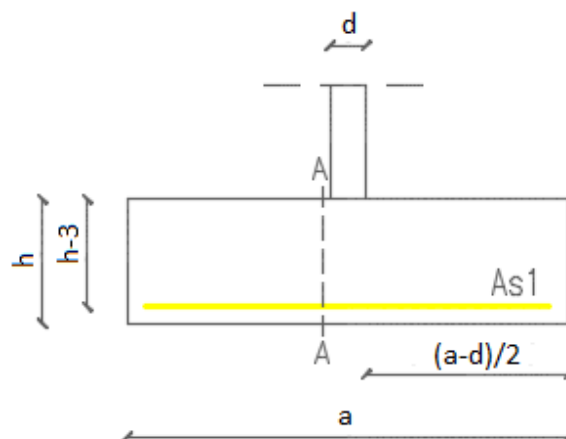


Slika 13.3 Maksimalna uzdužna sila za kombinaciju  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5Q + 1,35p_a + 1,35p_0$

Tablica 13.1 Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja zida

	$M_{\max}$	$V_{\max}$	$N_{\max}$
<b>zid</b> <b>d = 30 cm</b>	51,62 kNm	82,13kN	401,92kN

Dimenzije trakastog temelja :  $a = 1,50m$ ,  $b = 1,0m$ ,  $h = 0,6m$



Slika 13.4 Skica dimenzija trakastog temelja ispod zida debljine 30 cm



Težina temelja:

$$N_t = 1,50 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 25 = 22,5 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_{max} + N_t = 401,92 + 22,5 = 424,42 \text{ kN}$$

$$W = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{1,5 \cdot 1,0^2}{6} = 0,25 \text{ m}^3$$

Maksimalno rubno naprežanje:

$$\sigma_r = 550,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Naprežanje ispod temelja:

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{424,42}{1,5} \pm \frac{51,62}{0,25} = 282,95 \pm 206,48$$

$$\sigma_1 = 282,95 + 206,48 = 489,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 550 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 282,95 - 206,48 = 76,47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < \sigma_r = 550 \text{ kN/m}^2$$

Ukupna sila na temelj u presjeku A-A:

$$T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot \sigma_{max} \cdot \frac{b - b_z}{2} T_{Ed,A-A} = 1,5 \cdot 489,43 \cdot \frac{1,5 - 0,25}{2} = 458,84 \text{ N/m}$$

$$M_{Ed,A-A} = \frac{T_{Ed,A-A} \cdot \frac{b - b_z}{2}}{2} M_{Ed,A-A} = \frac{458,84 \cdot \frac{1,5 - 0,25}{2}}{2} = 143,39 \text{ kNm}$$

Dimenzioniranje na moment savijanja:

$$\text{C 35/45} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,3 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2,33 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$M_{Ed} = 143,39 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14339}{150 \cdot 57^2 \cdot 2,33} = 0,013$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14339}{0,977 \cdot 57 \cdot 43,48} = 5,92 \text{ cm}^2 \text{ ( } 3,95 \text{ cm}^2/\text{m' )}$$

Odabrana armatura : Q-385 + preklop 40 cm (  $A_s = 4,57 \text{ cm}^2/\text{m}$  ).

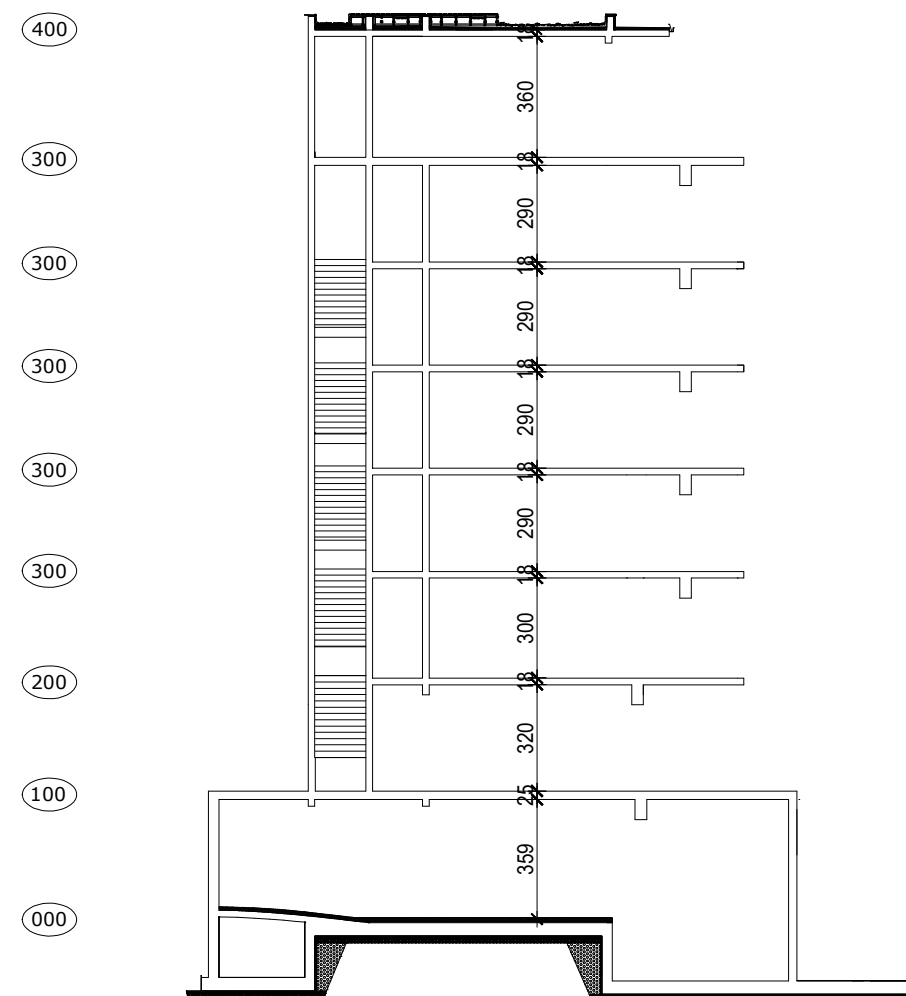
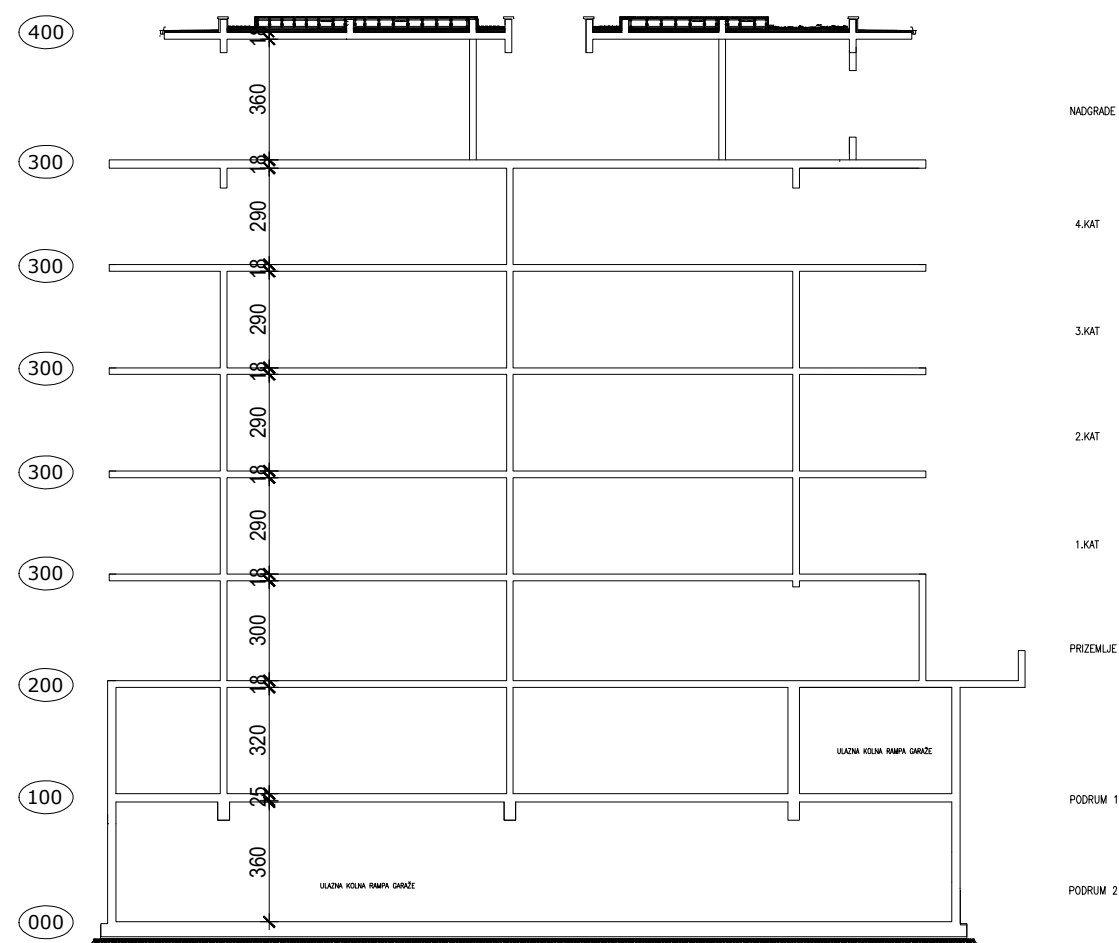
## 14. GRAFIČKI PRILOZI


Prilog 14.1. – Globalni plan pozicija – Presjek A-A, Presjek B-B.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.2. – Tlocrt podruma -2 .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.3. – Tlocrt podruma -1 .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.4. – Tlocrt prizemlja.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.5. – Tlocrt 1. kata.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.6. – Tlocrt 2. kata .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.7. – Tlocrt 3. kata.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.8. – Tlocrt 4. kata .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.9. – Tlocrt nadgrađa.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.10. – Tlocrt krova .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.11. – Skica armature ploče – Plan pozicija 100; Donja i gornja zona .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.12. – Detalj armiranja ruba otvora u ploči – Pozicija 100.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.13. – Skica armature ploče – Plan pozicija 200; Donja i gornja zona .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.14. – 14.18. Skica armature ploče – Plan pozicija 300; Donja i gornja zona.....	MJ: 1 :200
Prilog 14.19. – Skica armature ploče – Plan pozicija 400; Donja i gornja zona .....	MJ: 1 :200
Prilog 14.20. – Skica armature greda – Plan pozicija 300.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.21. – Skica armature greda – Plan pozicija 400.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.22. – Skica armature stupa S1 – Plan pozicija 400.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.23. – Skica armature temelja – Plan pozicija 000.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.24. – Skica armature zidova – Plan pozicija 300.....	MJ: 1 :20
Prilog 14.25. – Skica armature stubišta.....	MJ: 1 :20

## **15. LITERATURA**

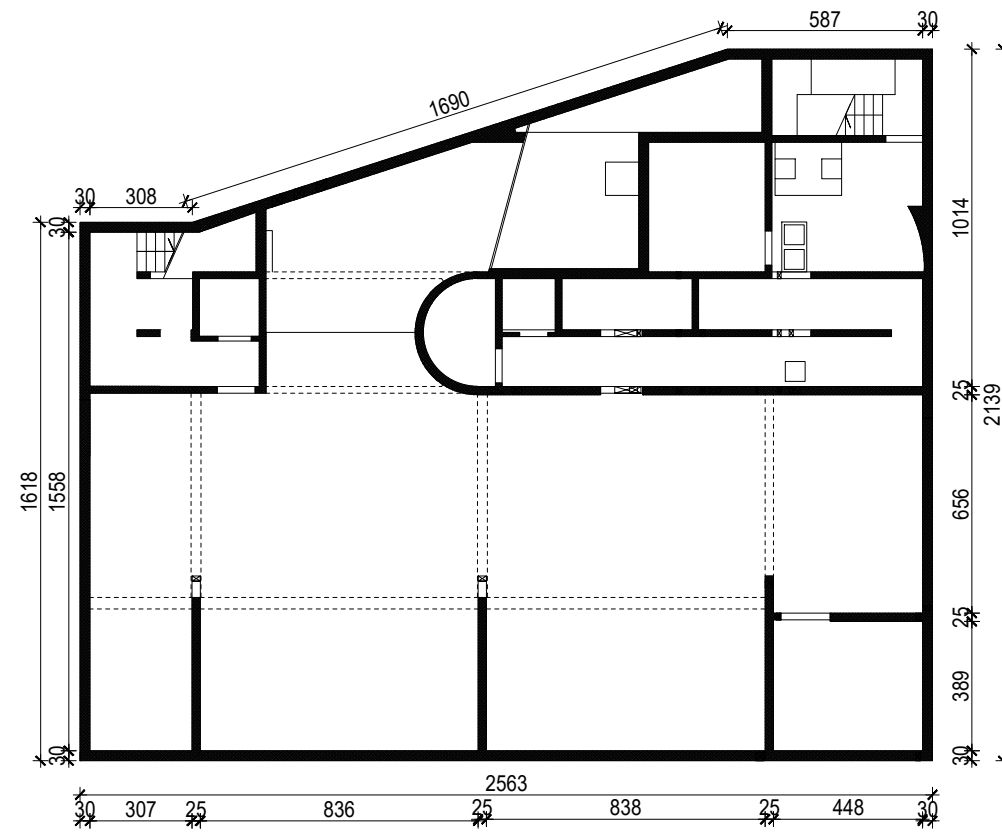
- [1] A. Harapin, J. Radnić: OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA - Interna skripta, Split, 2013.
- [2] I. Tomičić: BETONSKE KONSTRUKCIJE – 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- [3] J. Radnić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006.
- [4] HRN ENV 1991-1 EUROKOD 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 1. dio: Osnove projektiranja, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2005.
- [5] HRN ENV 1992-1-1 EUROKOD 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. 1: Opća pravila i pravila za zgrade, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 2005.


GLOBALNI PLAN POZICIJA -  
PRESJEK A-A, PRESJEK B-B  
M 1:200



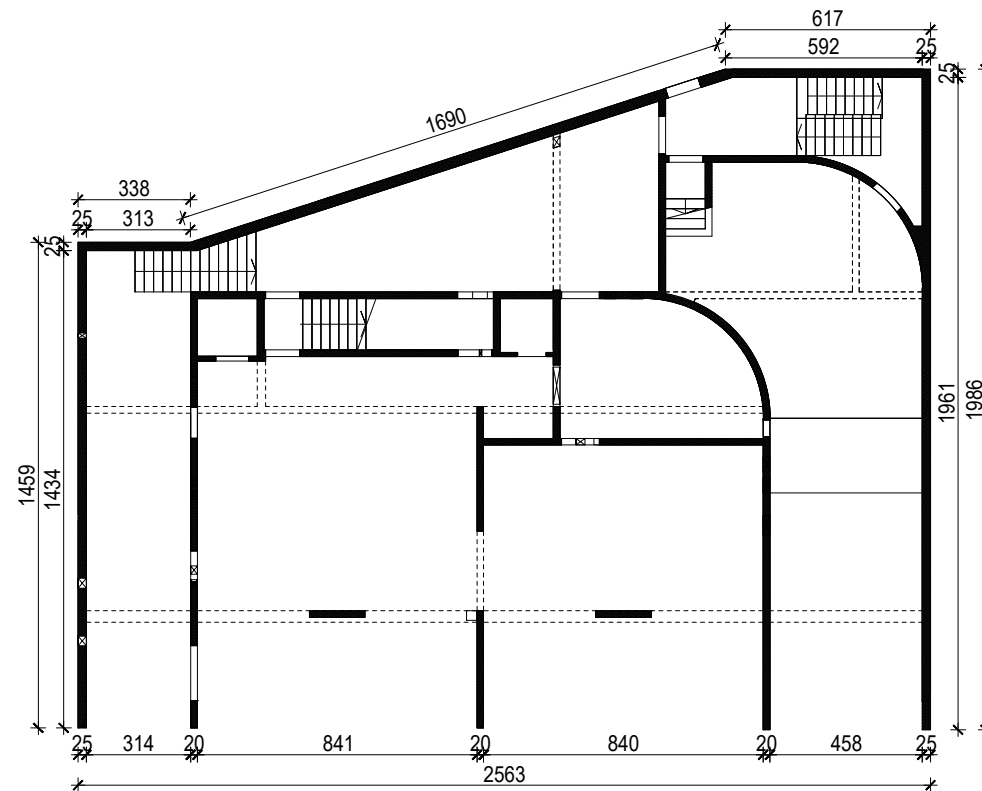
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: GLOBALNI PLAN POZICIJA - PRESJEK A-A, PRESJEK B-B	BROJ PRILOGA: 14.1


TLOCRT PODRUMA -2  
M 1:200



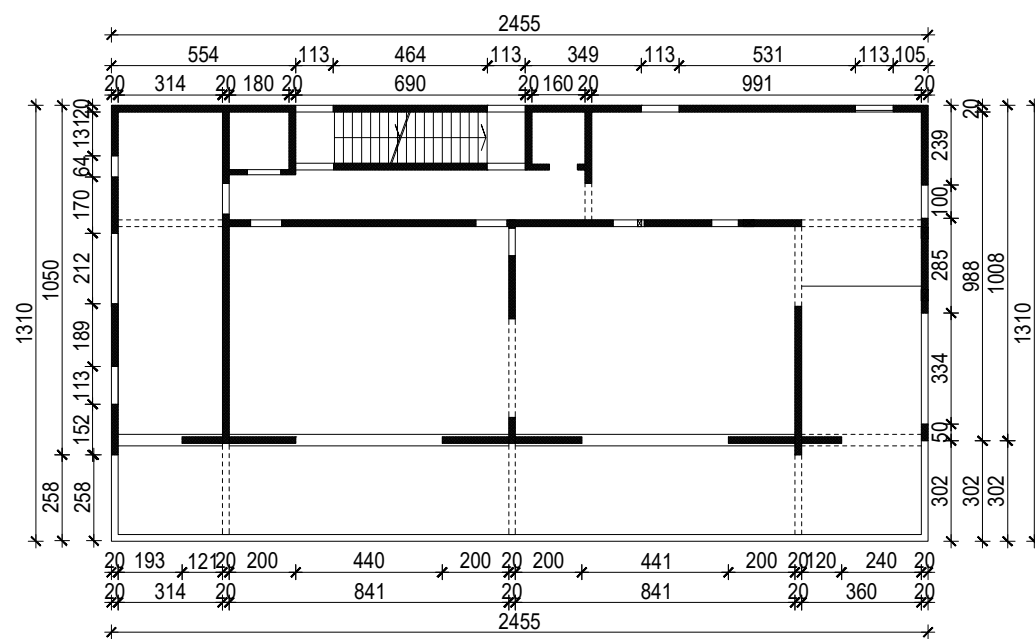
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT PODRUMA -2	BROJ PRILOGA: <b>14.2</b>


TLOCRT PODRUMA -1  
M 1:200



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT PODRUMA -1 PLAN POZICIJA 100	BROJ PRILOGA: <b>14.3</b>

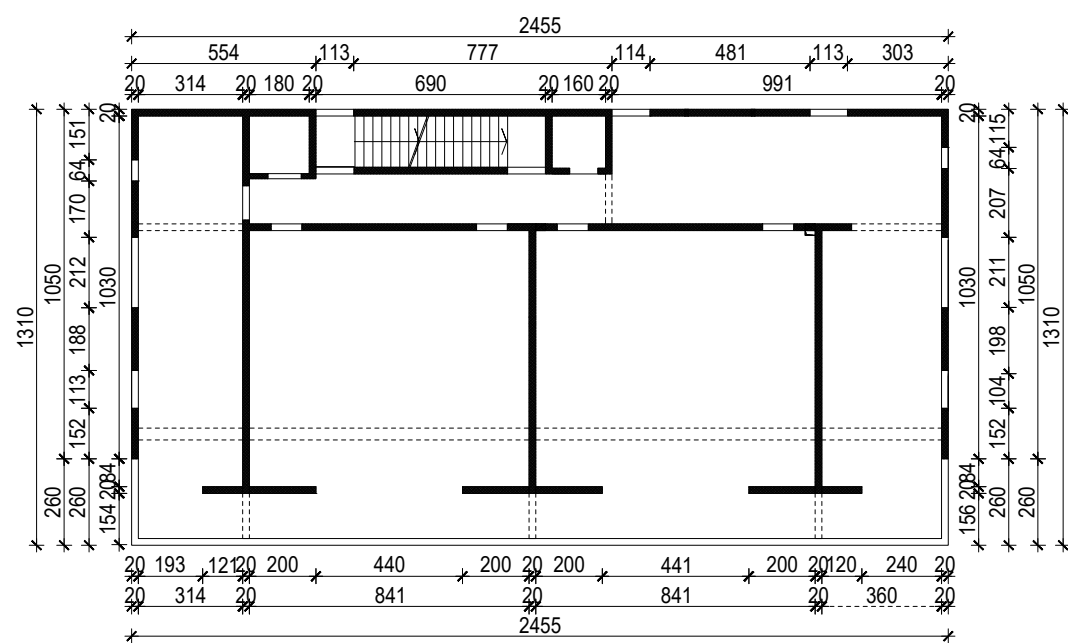
TLOCRT PRIZEMLJA -  
M 1:200




 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT PRIZEMLJA	BROJ PRILOGA: <b>14.4</b>

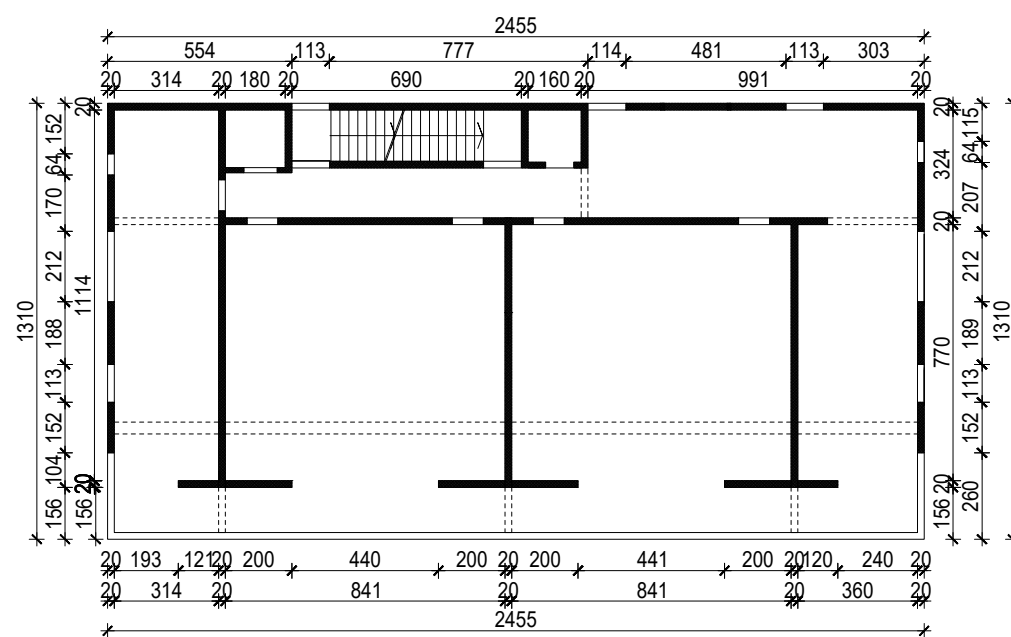



TLOCRT 1. KATA -  
M 1:200



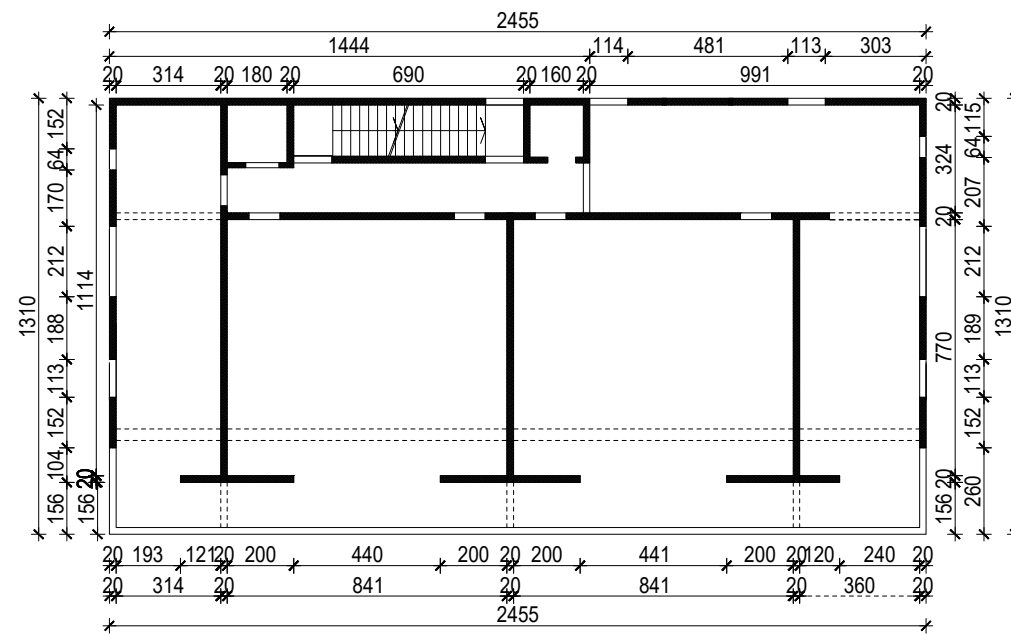
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT 1. KATA	BROJ PRILOGA: <b>14.5</b>


TLOCRT 2. KATA -  
M 1:200



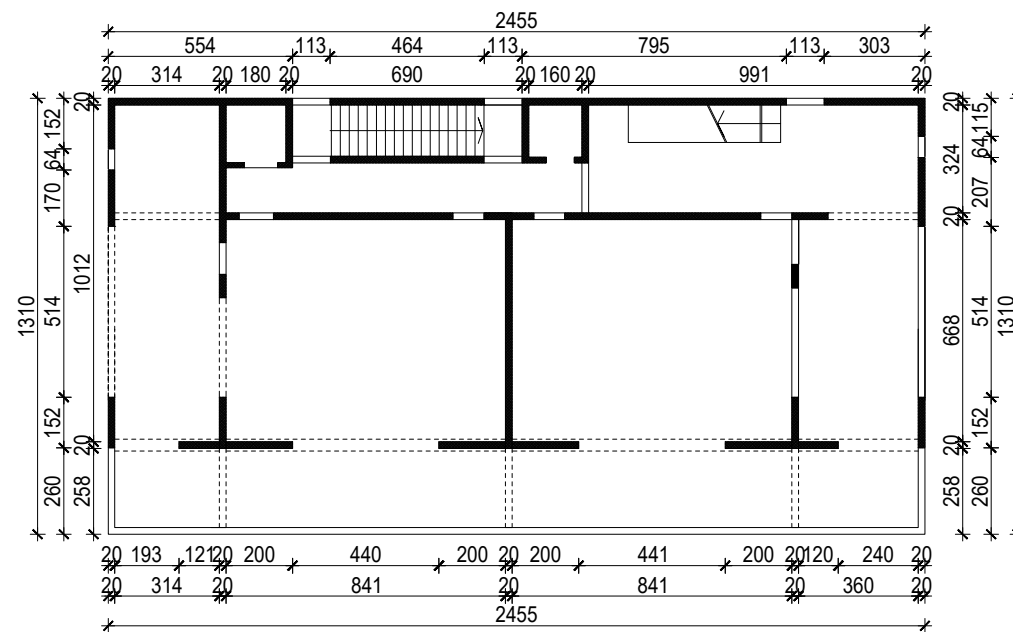
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT 2. KATA	BROJ PRILOGA: 14.6


TLOCRT 3. KATA -  
M 1:200



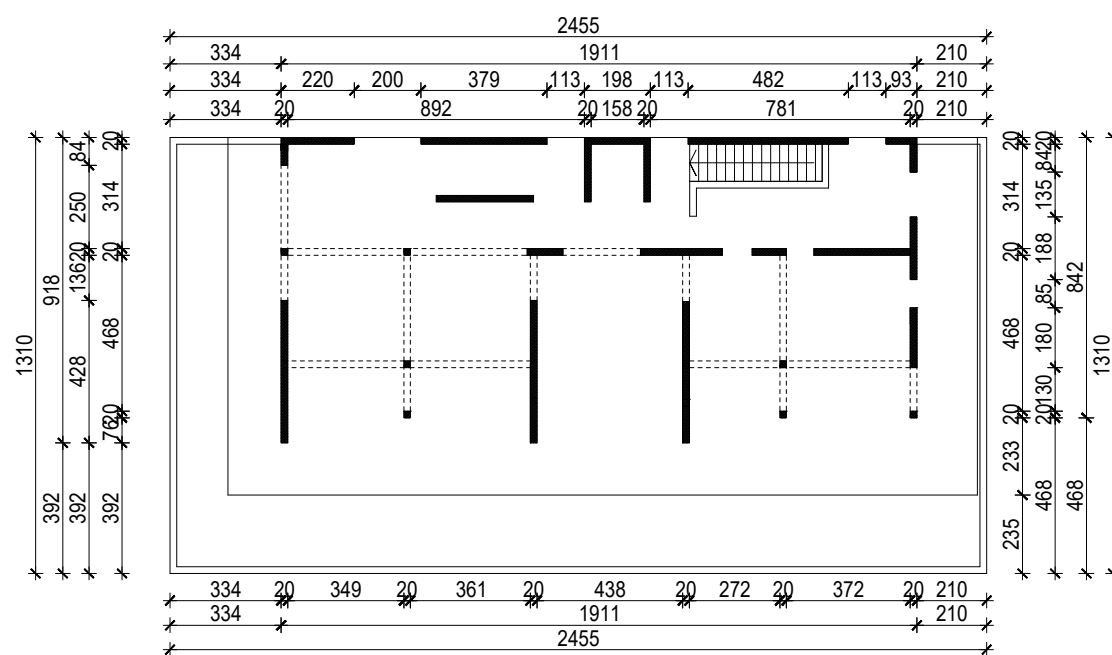
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT 3. KATA	BROJ PRILOGA: <b>14.7</b>


TLOCRT 4. KATA -  
M 1:200



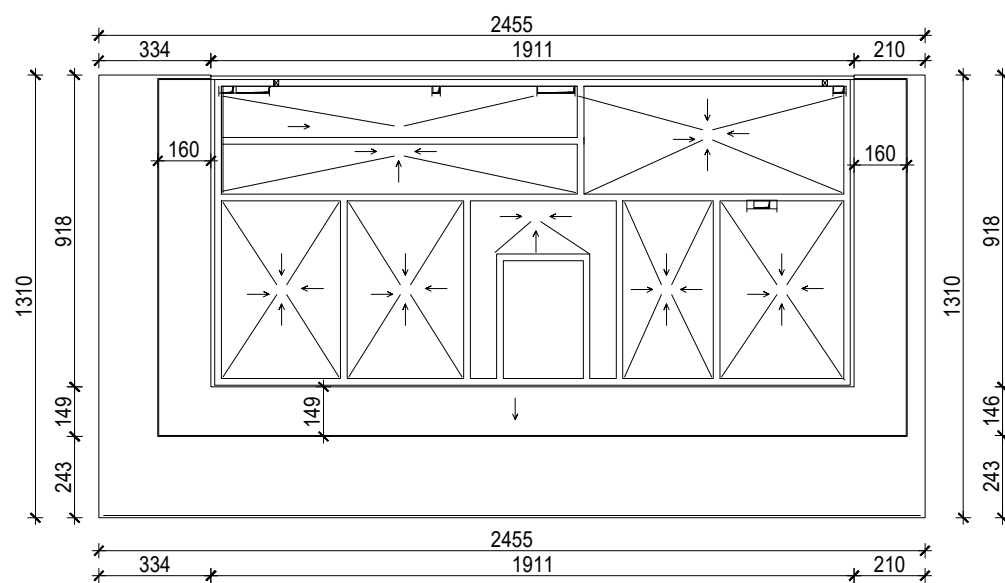
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT 4. KATA	BROJ PRILOGA: <b>14.8</b>


TLOCRT NADGRAĐA -  
M 1:200



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT 3. KATA - PLAN POZICIJA 300	BROJ PRILOGA: <b>14.9</b>

TLOCRT KROVA -  
M 1:200

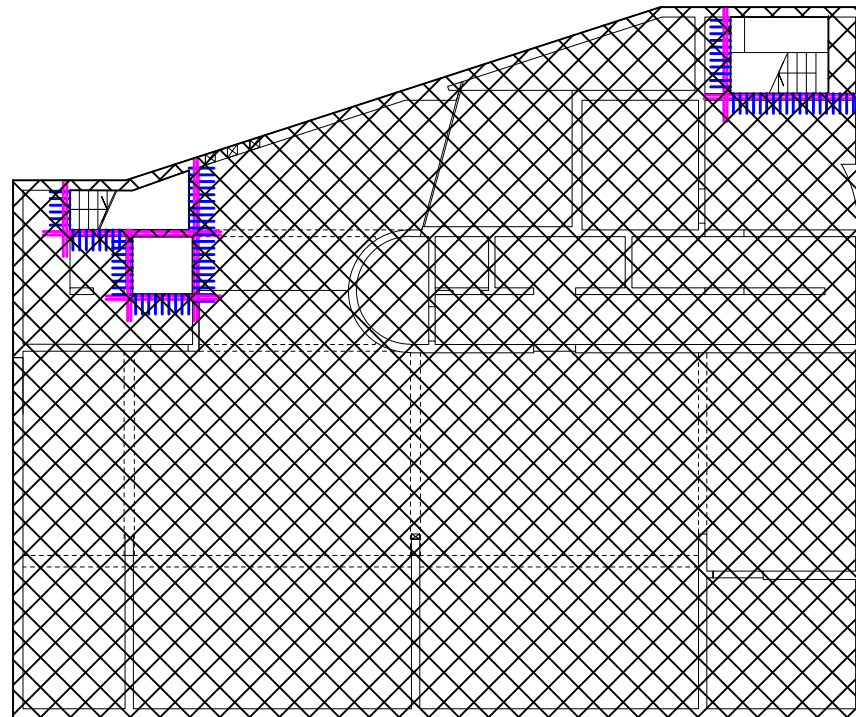
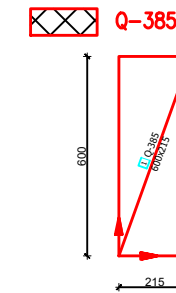


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: TLOCRT KROVA	BROJ PRILOGA: <b>14.10</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 100; DONJA ZONA M 1:200

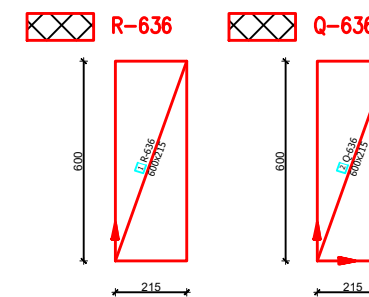
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B

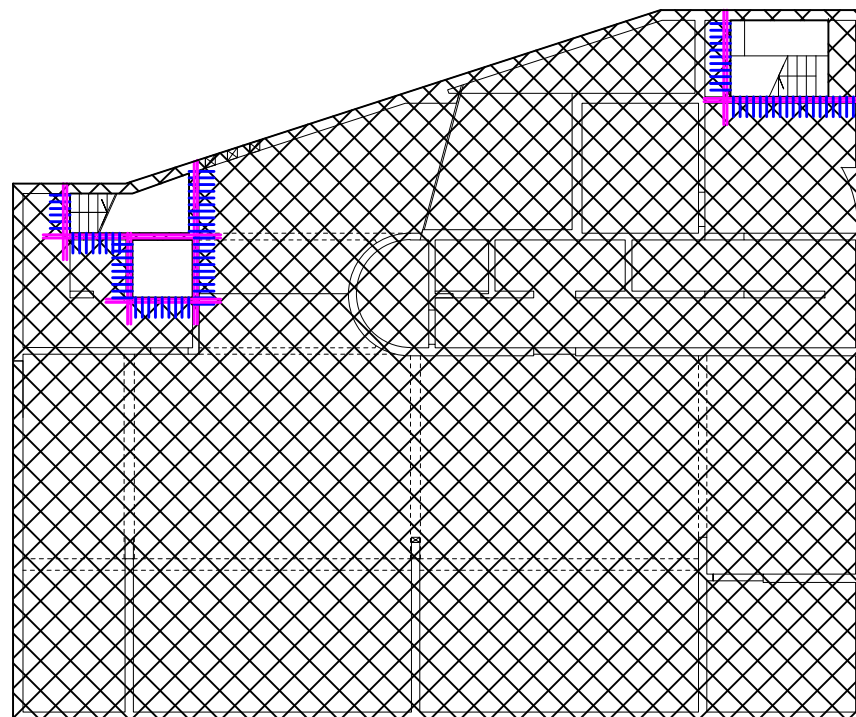



## SKICA ARMATURE PLOČE GARAŽE - PLAN POZICIJA 100; GORNJA ZONA M 1:200

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B

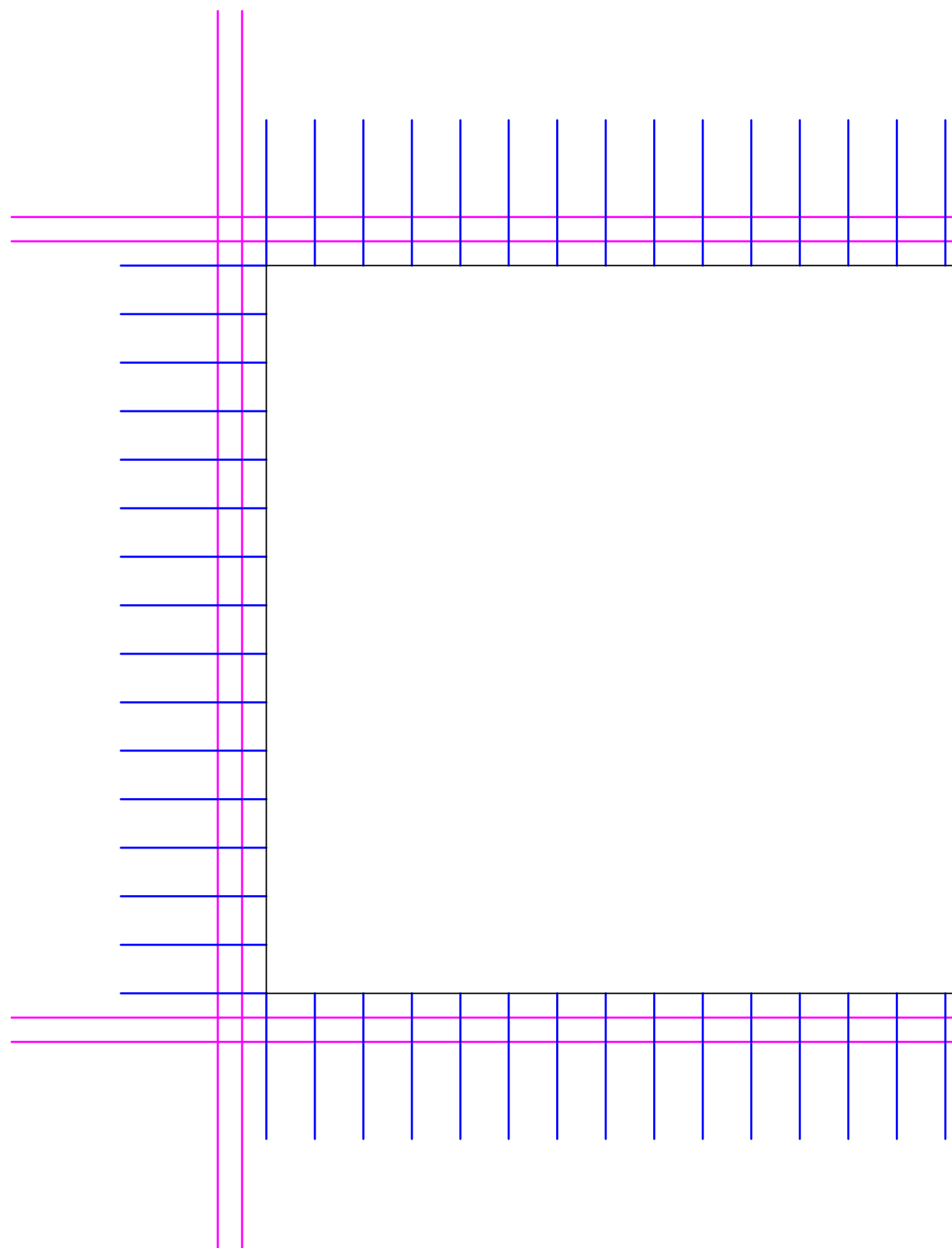


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-636  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-636

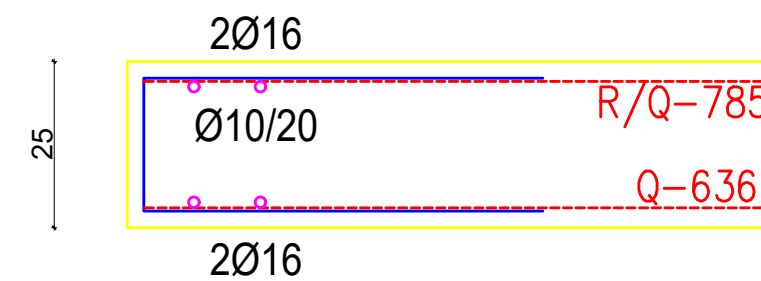
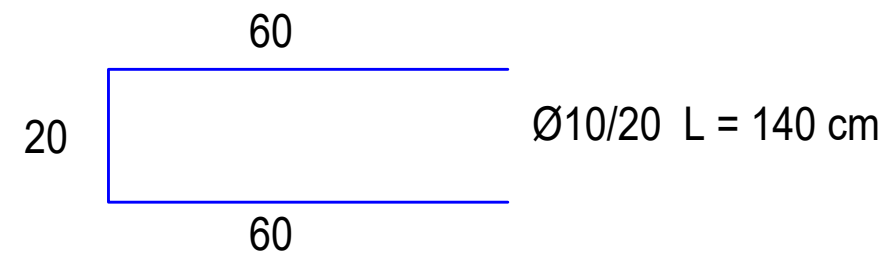



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 100; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.11</b>

DETALJ ARMIRANJA RUBA OTVORA  
U PLOČI-POZICIJA 100  
1:20



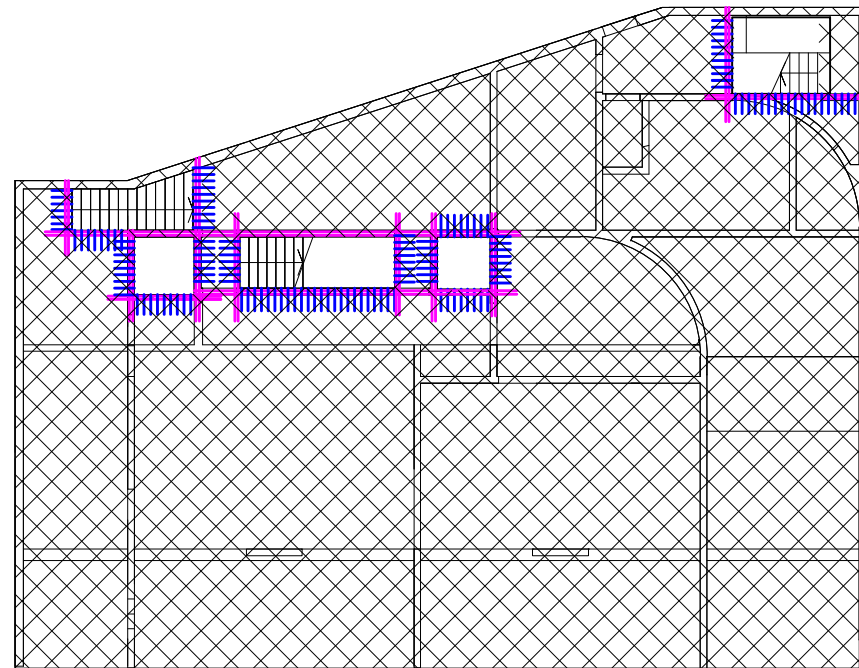
2x2Ø16



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149403, tel: +385 (0)21 303333, fax: +385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRAĐEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: DETALJ ARMIRANJA RUBA OTVORA U PLOČI - POZICIJA 100	BROJ PRILOGA: 14.12

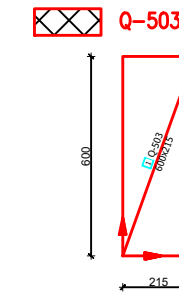


**SKICA ARMATURE PLOČE -  
PLAN POZICIJA 200; DONJA ZONA  
M 1:200**

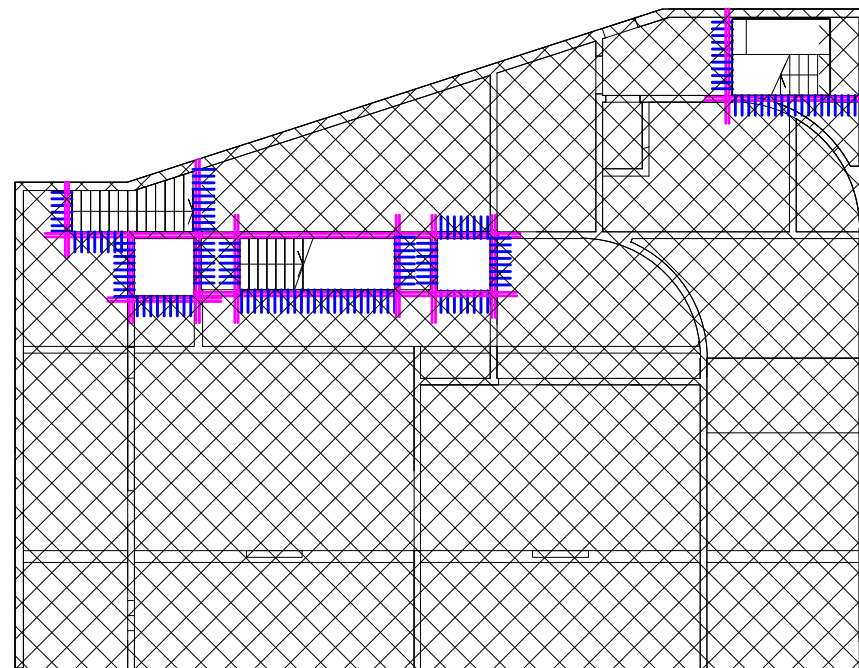


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

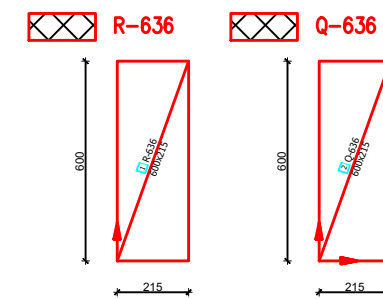
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




**SKICA ARMATURE PLOČE PRIZEMLJA -  
PLAN POZICIJA 200; GORNJA ZONA  
M 1:200**



Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



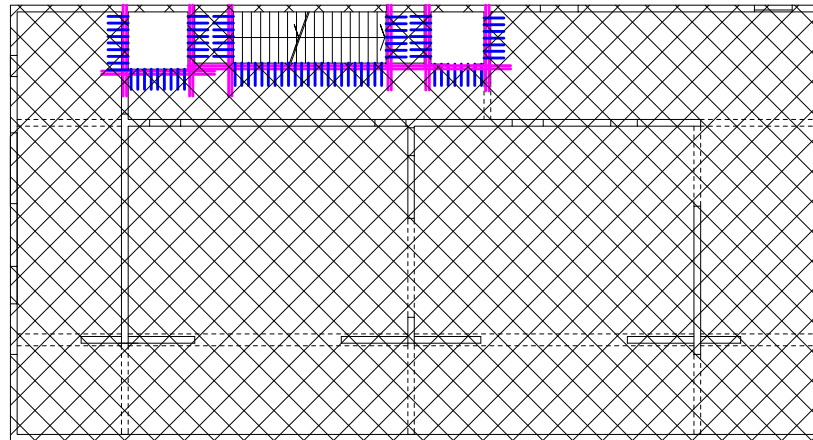
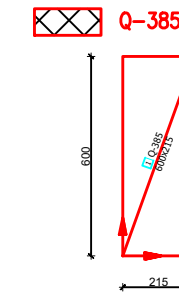
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-636  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-636

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 200; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.13</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA ZONA M 1:200

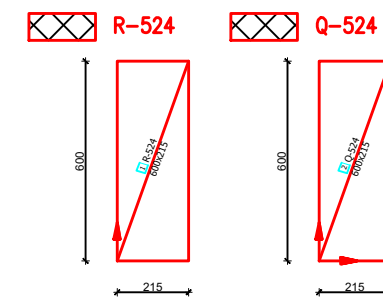
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B

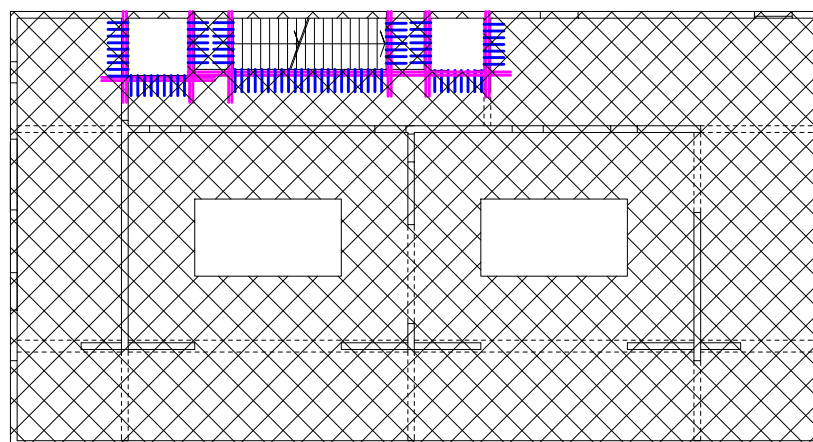



## SKICA ARMATURE PLOČE PRIZEMLJA - PLAN POZICIJA 300; GORNJA ZONA M 1:200

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



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-524  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-524

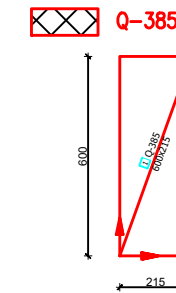
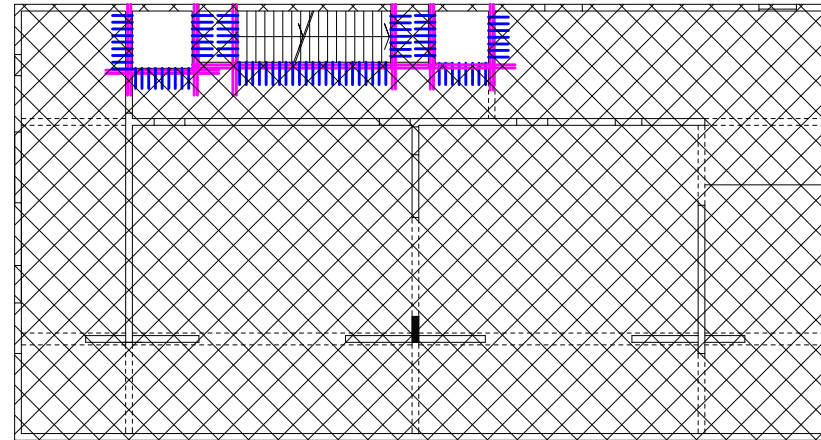


 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 200; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.14</b>

**SKICA ARMATURE PLOČE -  
PLAN POZICIJA 300; DONJA ZONA  
M 1:200**

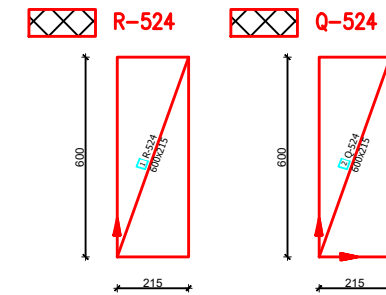
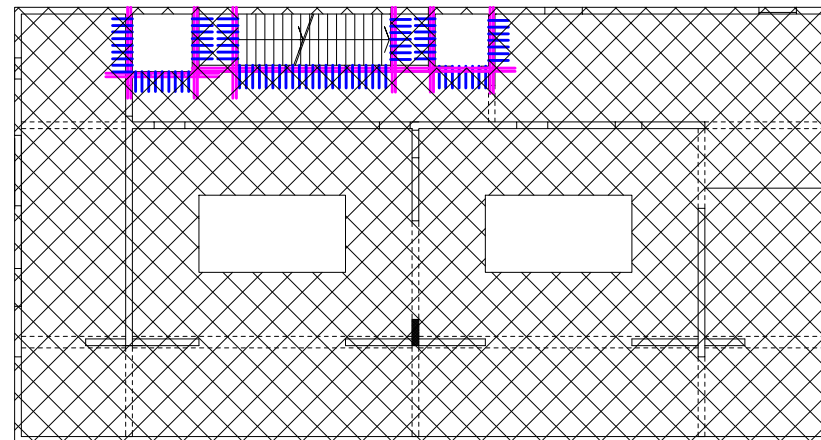
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




**SKICA ARMATURE PLOČE I. KATA -  
PLAN POZICIJA 300; GORNJA ZONA  
M 1:200**

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



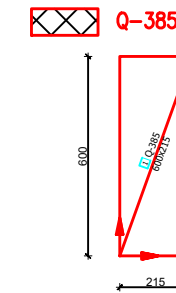
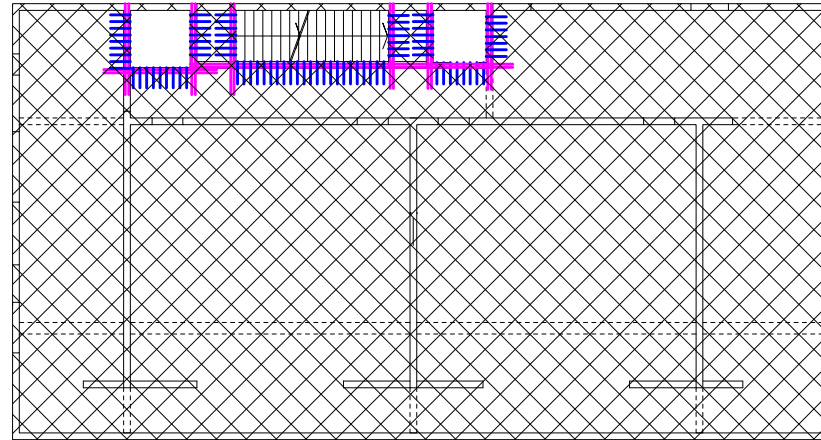
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-524  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-524

 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.15</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA ZONA M 1:200

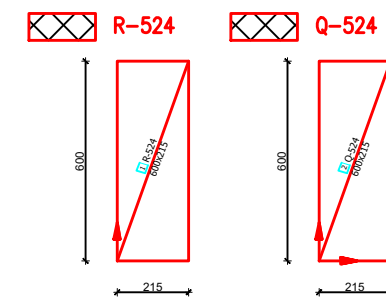
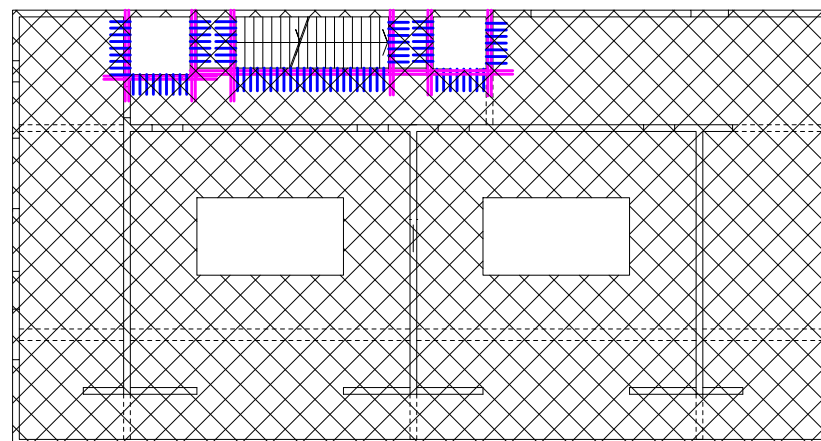
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




## SKICA ARMATURE PLOČE II. KATA - PLAN POZICIJA 300; GORNJA ZONA M 1:200

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



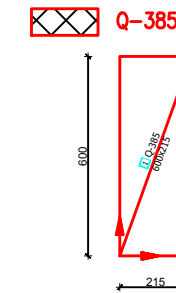
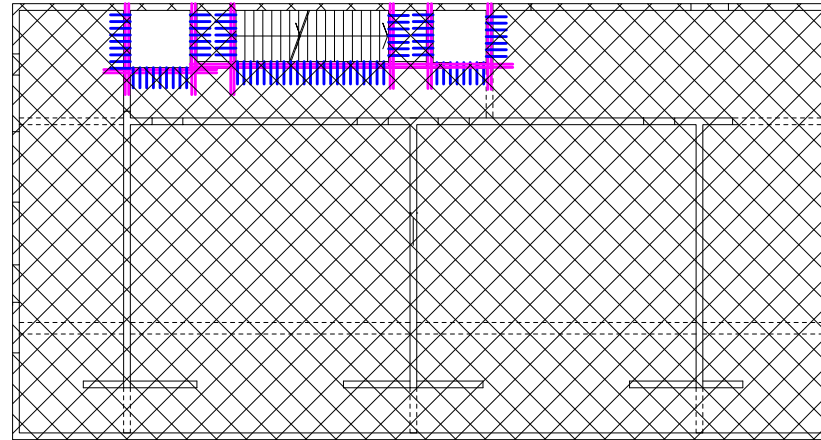
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-524  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-524

  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.16</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA ZONA M 1:200

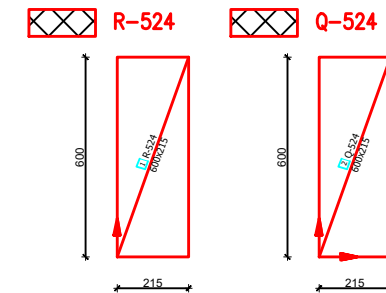
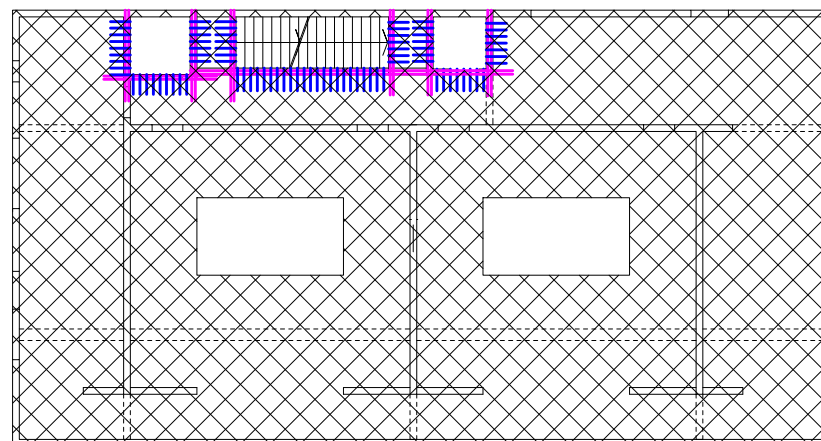
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isječi na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklopima 40 cm ili većim

Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




## SKICA ARMATURE PLOČE III. KATA - PLAN POZICIJA 300; GORNJA ZONA M 1:200

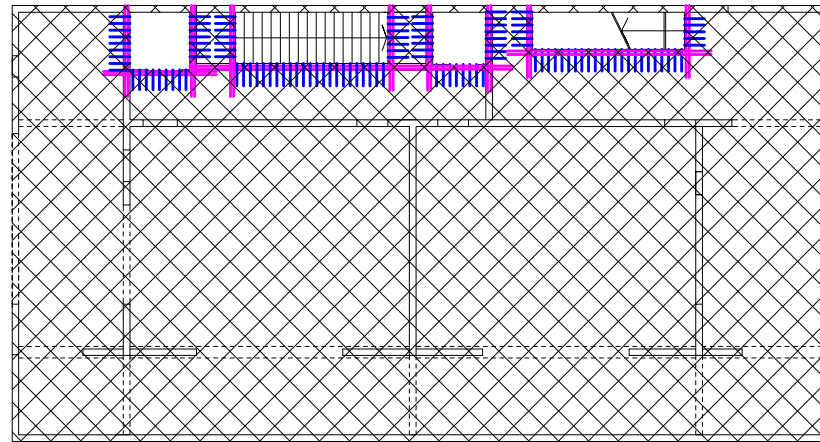
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



Napomene: -Na mjestima otvora mreže isječi na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklopima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-524  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-524

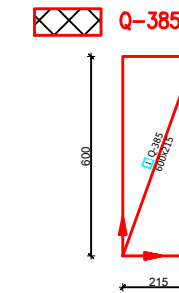
  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.17</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA ZONA M 1:200

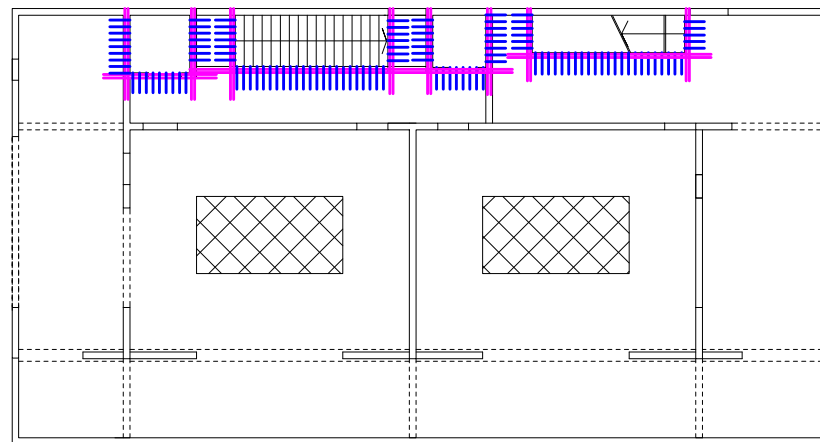


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

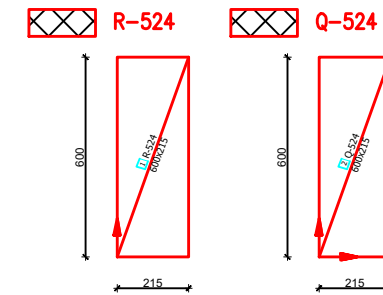
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




## SKICA ARMATURE PLOČE IV. KATA - PLAN POZICIJA 300; GORNJA ZONA M 1:200



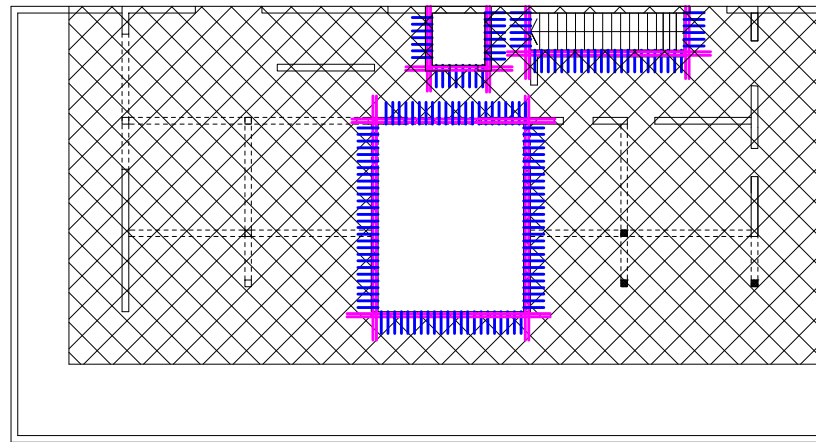
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



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-524  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-524

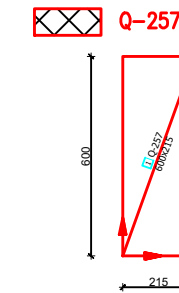
  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 300; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.18</b>

## SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 400; DONJA ZONA M 1:200

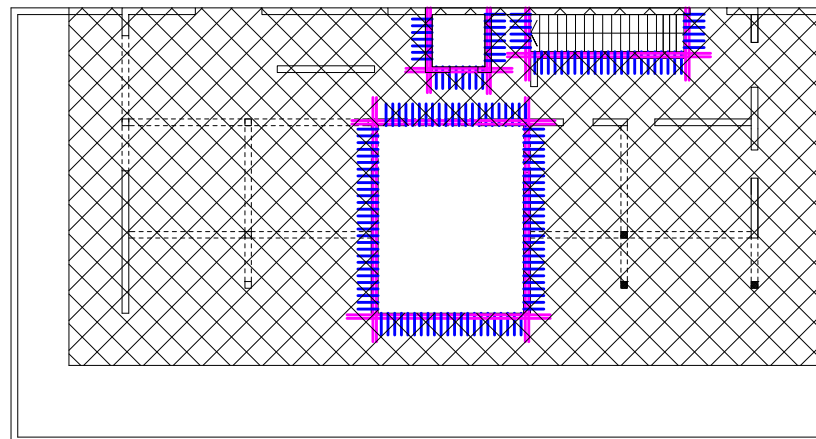


Napomene: -Na mjestima otvora mreže isječi na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim

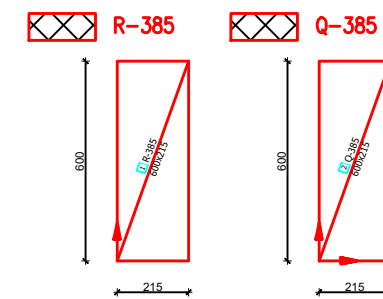
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B




## SKICA ARMATURE PLOČE NADGRAĐA - PLAN POZICIJA 400; GORNJA ZONA M 1:200



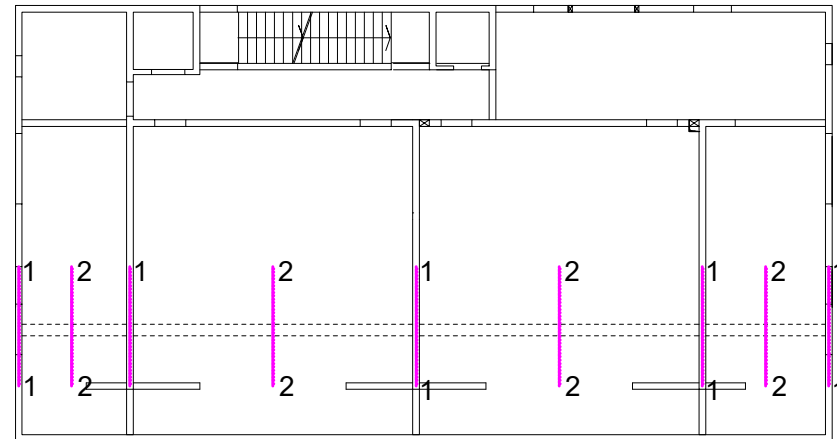
Beton: C 35/45  
Armatura: B 500B



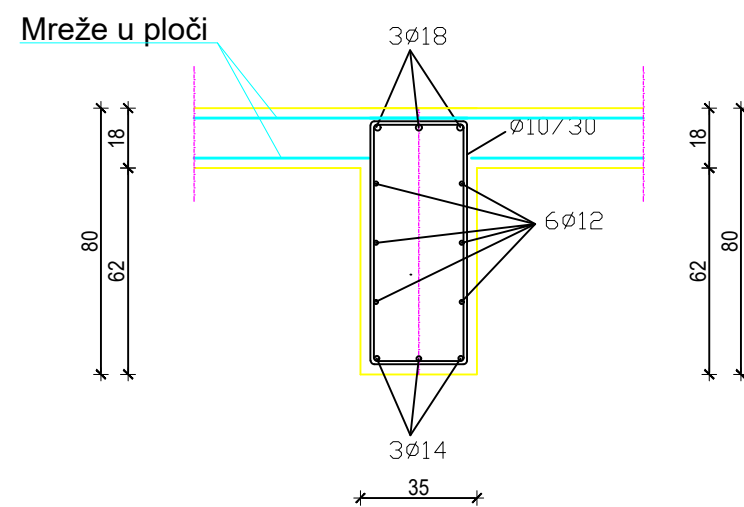
Napomene: -Na mjestima otvora mreže isječi na licu mjesta  
-Mreže postavljati s preklapima 40 cm ili većim  
-Na rubovima ploča i prijelazima ploča preko zidova postavljati mreže R-385  
-Na mjestima promjene smjera zidova, mjestima iznad stupova i oko otvora u ploči postavljati mreže Q-385

  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:200
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE PLOČE - PLAN POZICIJA 400; DONJA I GORNJA ZONA	BROJ PRILOGA: <b>14.19</b>

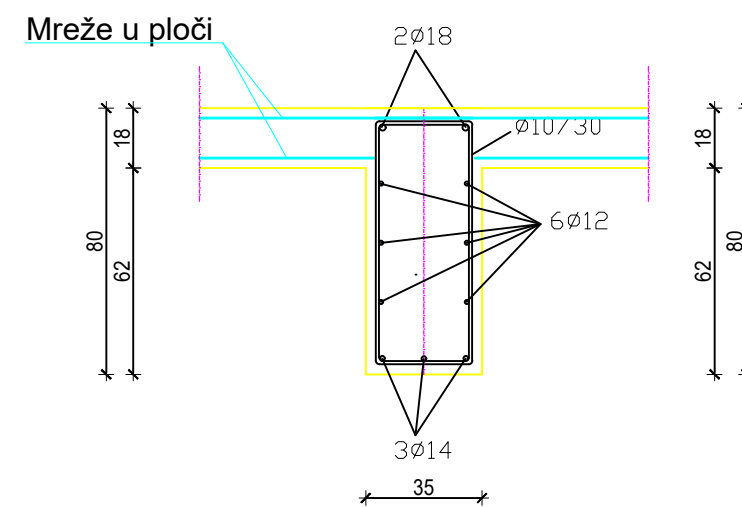
SKICA ARMATURE GREDA -  
PLAN POZICIJA 300;  
M 1:20




Presjek 1-1



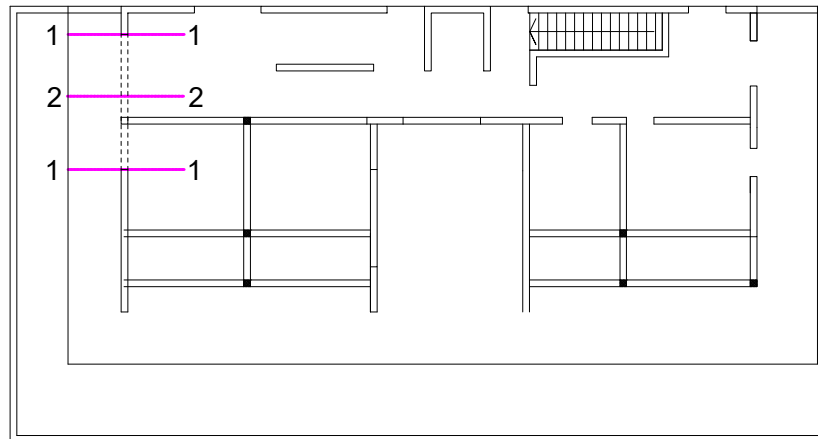
Presjek 2-2



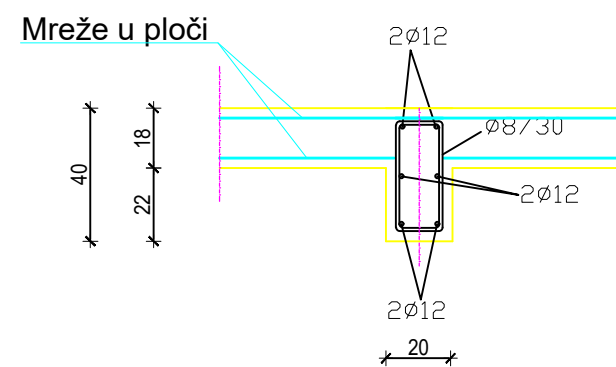
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE GREDA - PLAN POZICIJA 300	BROJ PRILOGA: <b>14.20</b>



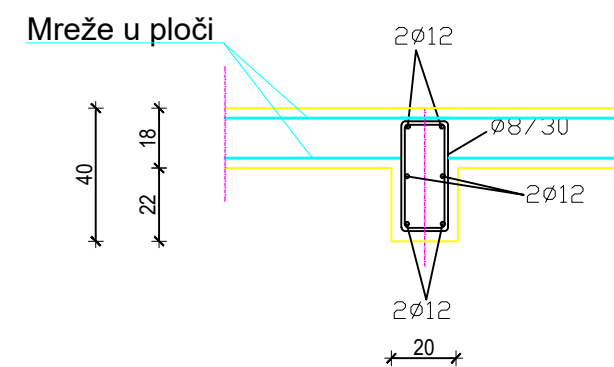
SKICA ARMATURE GREDA -  
PLAN POZICIJA 400;  
M 1:20




Presjek 1-1

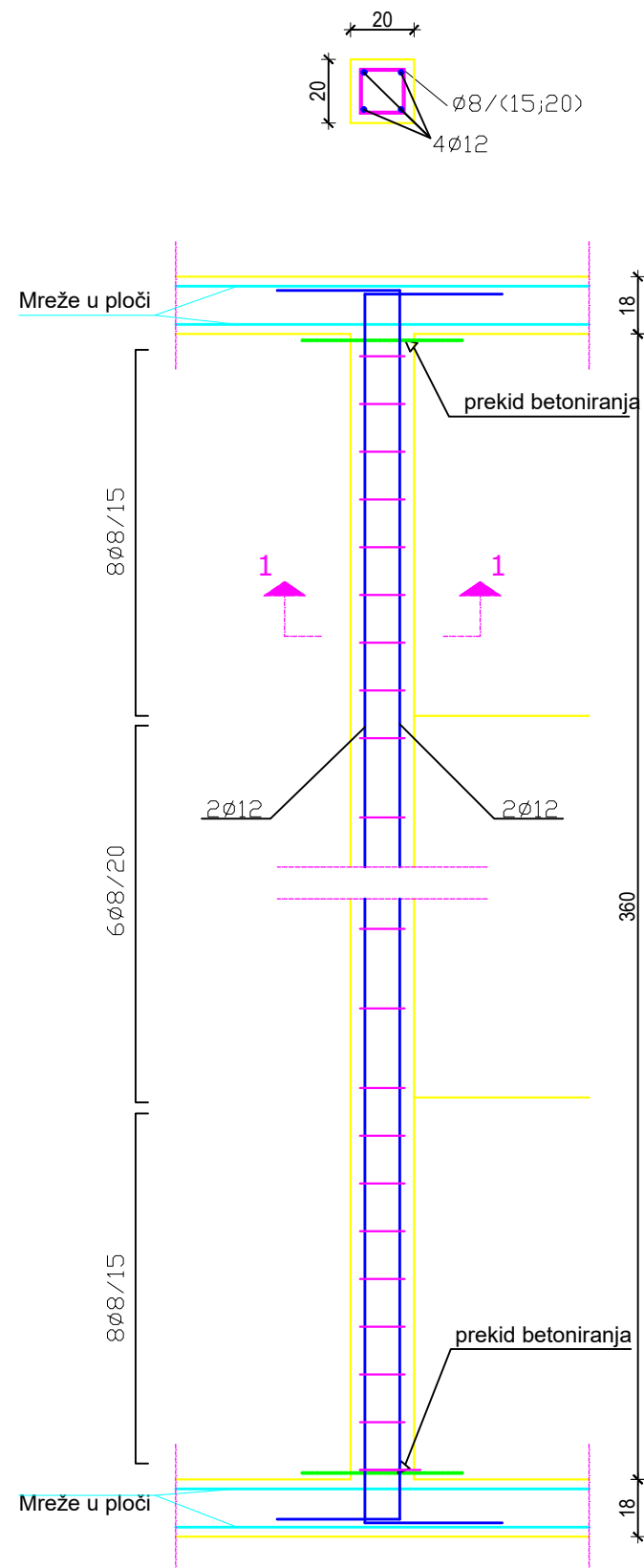


Presjek 2-2

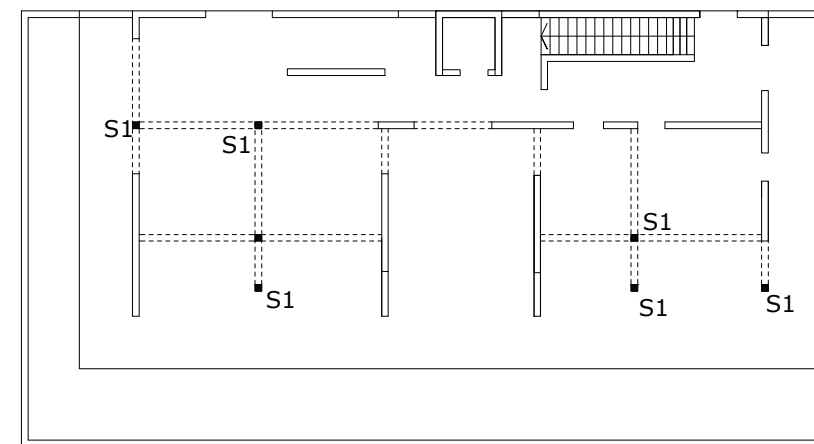



  SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE GREDA - PLAN POZICIJA 400	BROJ PRILOGA: <b>14.21</b>

PRESJEK 1-1

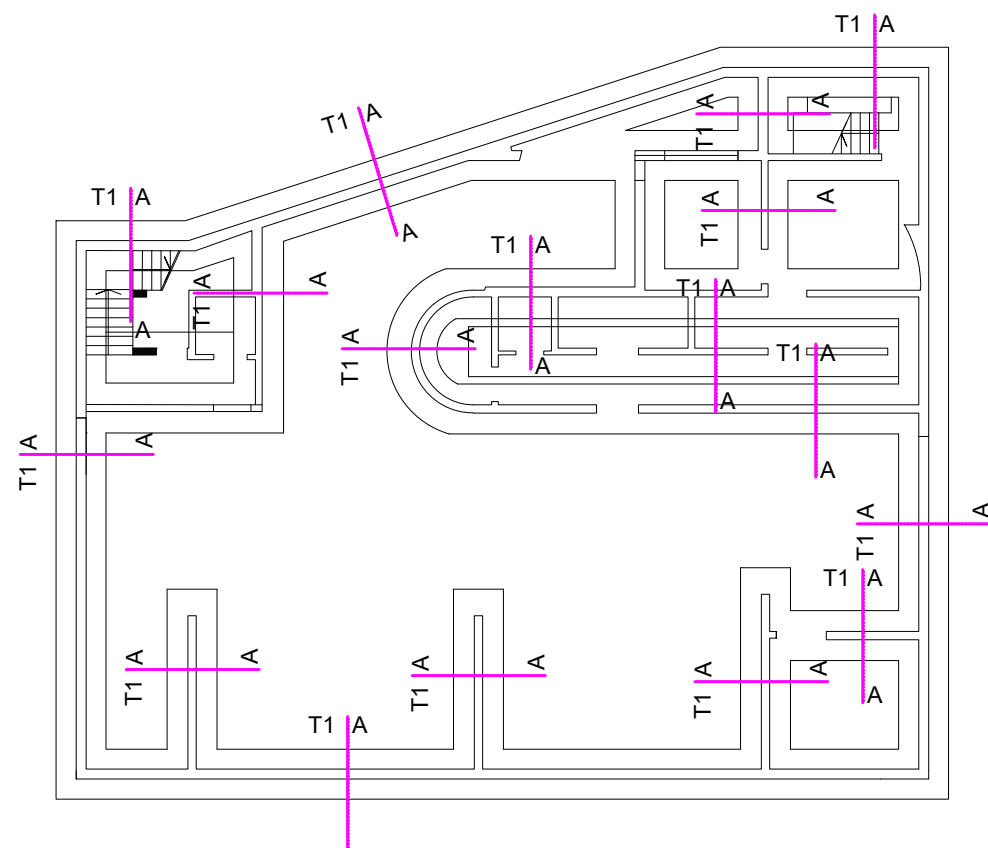


SKICA ARMATURE STUPOVA S1 -  
PLAN POZICIJA 400  
M 1:20



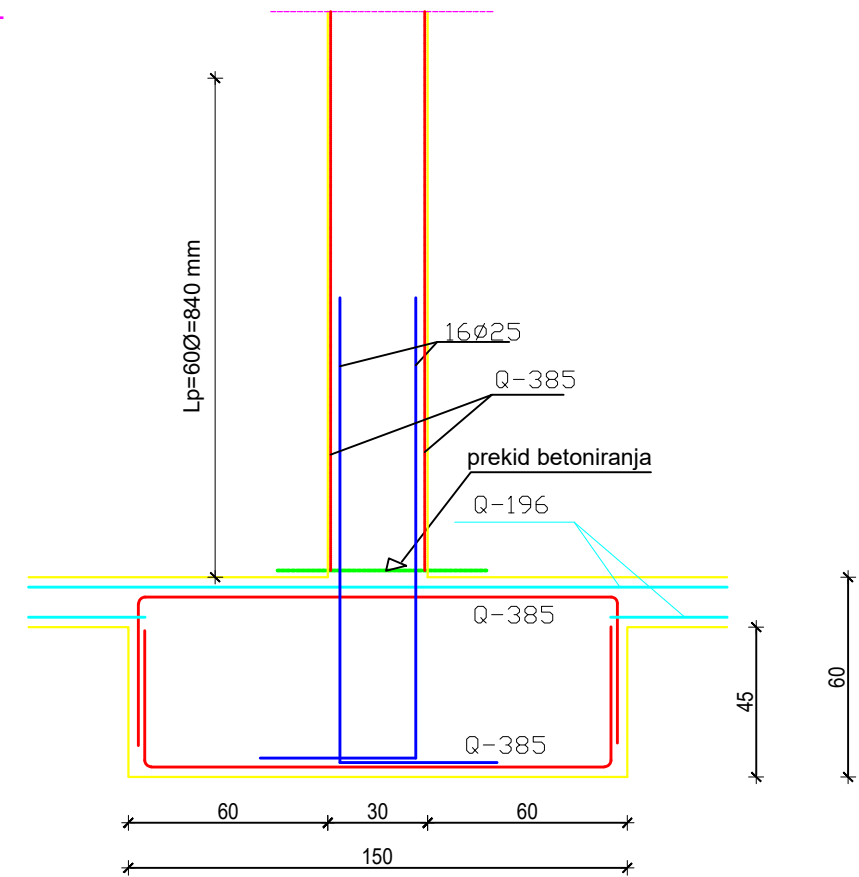
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE STUPOVA S1 - PLAN POZICIJA 400	BROJ PRILOGA: <b>14.22</b>


SKICA ARMATURE TEMELJA -  
PLAN POZICIJA 000  
M 1:20



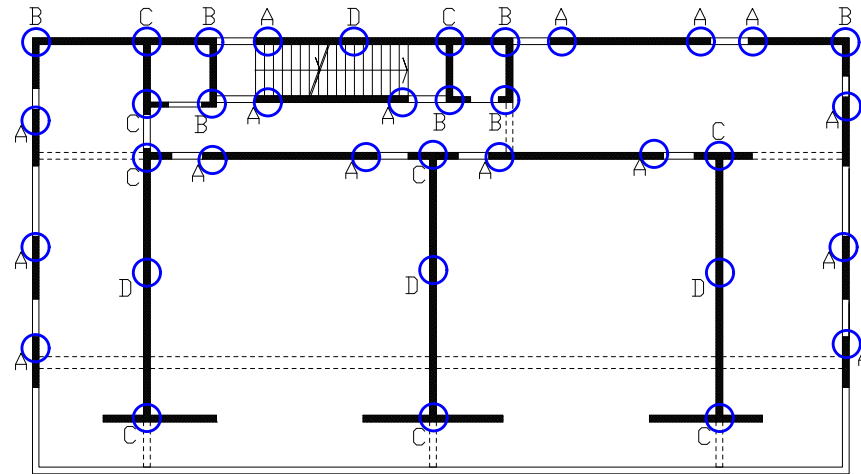
PRESJEK A-A

T1

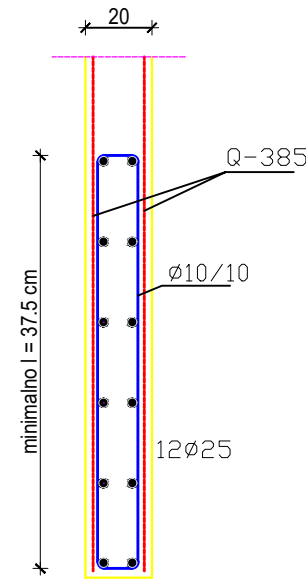


 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE TEMELJA - PLAN POZICIJA 000	BROJ PRILOGA: <b>14.23</b>

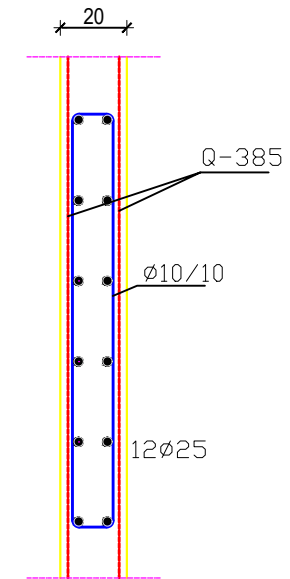
**SKICA ARMATURE ZIDOVA -  
PLAN POZICIJA 300  
M 1:20**



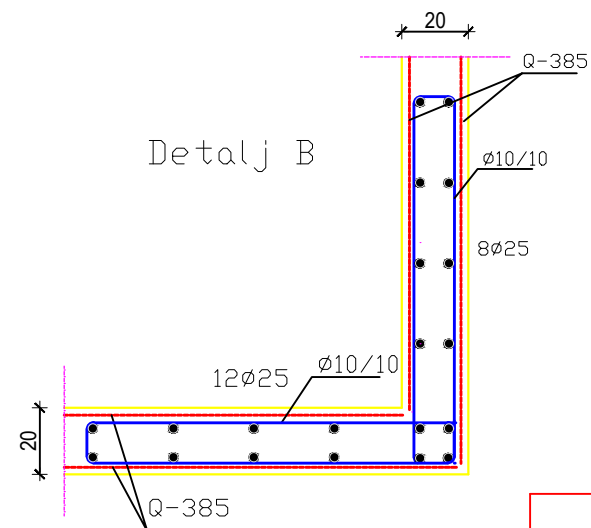
Detalj A



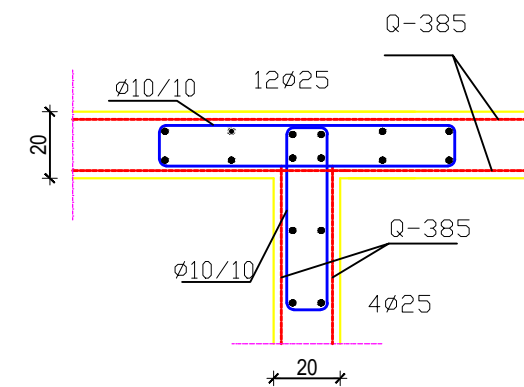
Detalj D




Detalj B

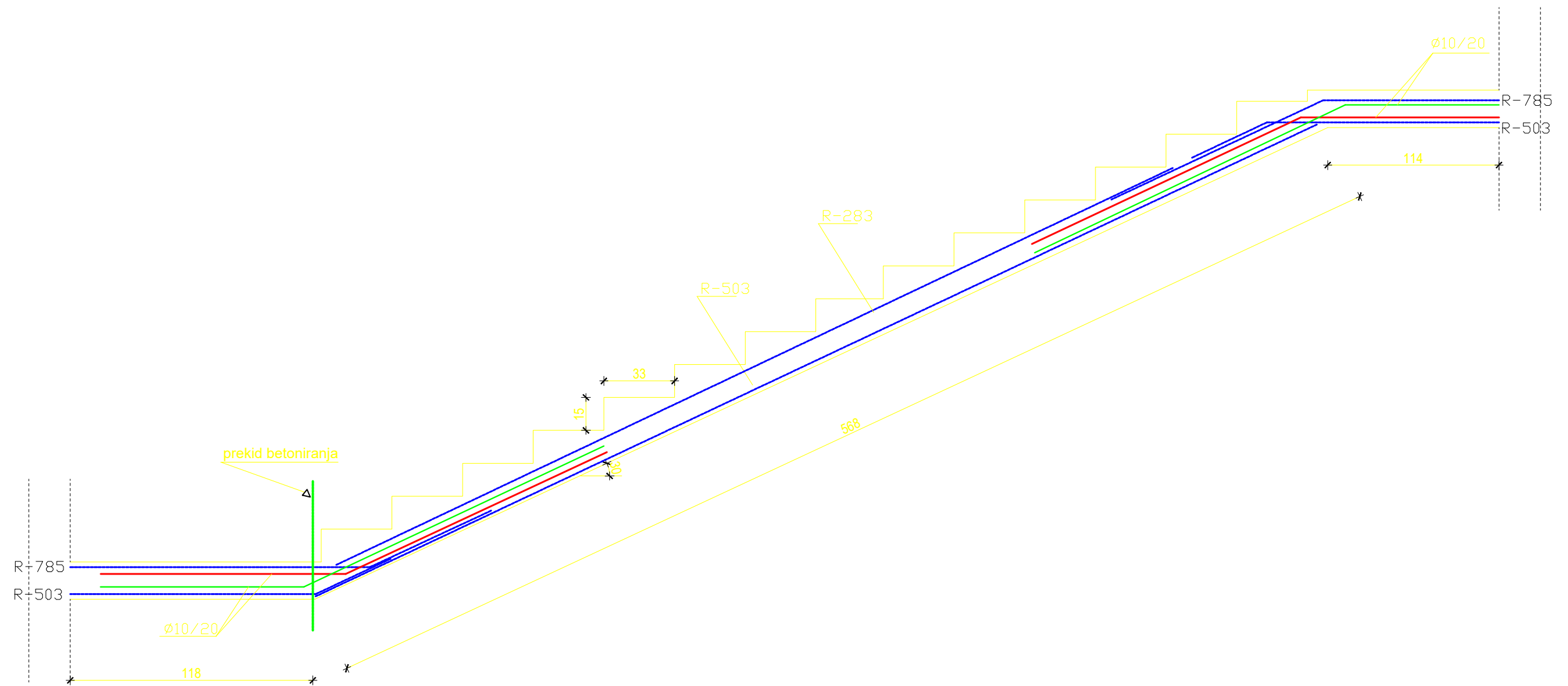



Detalj C



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	INVESTITOR / NARUČITELJ: <b>FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split</b>	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE ZIDOVA - PLAN POZICIJA 300	BROJ PRILOGA: <b>14.24</b>

SKICA ARMATURE STUBIŠTA  
M 1:20



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: +385 (0)21 303333; fax: +385 (0)21 465117</p>	INVESTITOR / NARUČITELJ: FGAG, Matice hrvatske 15, 21000 Split	MJERILO: 1:20
	GRADEVINA: Stambeno-poslovna zgrada u Splitu	DATUM: rujan, 2019.
	VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	STUDENT: Ante Karlo
	RAZINA PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT	OZNAKA DOKUMENTA: Diplomski_rad.dwg
	SADRŽAJ: SKICA ARMATURE STUBIŠTA	BROJ PRILOGA: <b>14.25</b>