# Projekt konstrukcije stambene zgrade u Okrugu Gornjem

**Barada, Karmela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*
**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:161788

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**

*Repository / Repozitorij:*

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# DIPLOMSKI RAD

**Karmela Barada**

**Split, 2018.**

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

**Karmela Barada**

# Projekt konstrukcije stambene zgrade u Okrugu Gornjem

**Diplomski rad**

**Split, 2018.**

# Projekt konstrukcije stambene zgrade u Okrugu Gornjem

***Sažetak:***

Zadatak ovog diplomskog rada je bio izraditi projekt konstrukcije stambene zgrade. Nosivu konstrukciju čini sustav stupova, greda, zidova i ploča izvedenih monolitno od armiranog betona. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacrte i armaturne planove.

***Ključne riječi:***

Projekt konstrukcije, tehnički opis, numerički model, opterećenje, proračun, međukatna konstrukcija, ravninski okvir, zidovi, trakasti temelj, stubište, armatura

# Construction project of residential building in Okrug Gornji

***Abstract:***

The task of this thesis was to make the construction project of 6-storey building. Supporting structure makes the system of columns, beams, walls and slabs performed monolithic in reinforced concrete. The project contains a technical description of the construction, calculation of load-bearing structural elements and specific building plans and reinforcement plans.

***Keywords:***

Construction project, technical description, numerical model, load, calculation, floor slab, planar frame, walls, belt foundation, staircase, reinforcement

*Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima,*

*a posebno svojoj majci*

*na podršci tijekom čitavog studiranja.*

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

Split, Matice hrvatske 15.

STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI

KANDIDAT: Karmela Barada

BROJ INDEKSA: 651

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

PREDMET: Betonske konstrukcije

# ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Projekt konstrukcije stambene zgrade u Okrugu Gornjem

Opis zadatka: Armirano betonska zgrada ima 5 nadzemnih etaža s visinama 2,9 m i jednu podzemnu etažu visine 2,85 m. Nalazi se u zoni s osnovnom brzinom vjetra od 30 m/s i karakterističnim opterećenjem snijega od 0,45 kN/m$^2$, te potresnoj zoni s mogućim ubrzanjem tla od 0,22 g. Temeljena je na tlu s dopuštenim naprezanjem od 0,55 MPa. Vertikalno promjenjivo (korisno) opterećenje iznosi 2,0 kN/m$^2$. Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirano betonske ploče oslonjene na grede, stupove i zidove. Vertikalnu nosivu konstrukciju tvore obodni i unutarnji armiranobetonski zidovi i stupovi. Zidovi su temeljeni na trakastim temeljima, a stupovi na temeljima samcima. Potrebno je izraditi projekt konstrukcije zgrade (tehnički opis, glavni građevinski nacrti s planovima pozicija, proračun) i planove armature temelja, karakterističnog zida, karakterističnog okvira s gredom i stupovima, međukatne konstrukcije, te krovne ploče.

U Splitu, 5.ožujka 2018.

Voditelj diplomskog rada:

Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Veljko Srzić

# Sadržaj

1 TEHNIČKI OPIS ..... 11
1.1 Opis nosive konstrukcije ..... 12
1.1.1 Temelji ..... 12
1.1.2 Zidovi ..... 12
1.1.3 Grede ..... 12
1.1.4 Međukatne konstrukcije ..... 12
1.2 Osnovna djelovanja i kombinacije ..... 13
1.2.1 Osnovna djelovanja ..... 13
1.2.2 Osnovne kombinacije djelovanja ..... 14
1.3 Konstruktivni materijali ..... 15
1.3.1 Beton ..... 15
1.3.2 Betonski čelik ..... 16
1.4 Pravilnici i norme ..... 16
1.5 Plan kontrole i osiguranja kvalitete ..... 17
1.5.1 Opće napomene ..... 17
1.5.2 Betonski i armirano betonski radovi ..... 17
1.5.3 Ostali radovi i materijali ..... 19
1.5.4 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole ..... 20
1.6 Posebni tehnički uvjeti ..... 23
1.6.1 Oplate i skele ..... 23
1.6.2 Transport i ugradnja betona ..... 25
1.6.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama ..... 25
1.6.4 Betoniranje pri niskim temperaturama ..... 26

1.7 Obaveze izvođača ..... 26
1.8 Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja ..... 27
1.9 Geometrija ..... 28
2 ANALIZA OPTEREĆENJA ..... 30
2.1 Vlastita težina ..... 30
2.2 Dodatno stalno opterećenje ..... 30
2.2.1 Međukatna konstrukcija ..... 30
2.2.2 Krovna konstrukcija ..... 33
2.2.3 Stubište ..... 34
2.3 Opterećenje snijegom "$s_k$" ..... 35
2.4 Opterećenje vjetrom ..... 36
2.4.1 Analiza opterećenja vjetrom ..... 37
2.5 Izvanredno djelovanje ..... 44
2.5.1 Seizmičko opterećenje Sx i Sy ..... 44
3 PRIKAZ NUMERIČKOG MODELA ..... 46
3.1 3D render modela ..... 46
3.2 Izometrijski prikaz opterećenja ..... 47
4 MODALNA ANALIZA ..... 50
4.1 Angažirana masa u prvih 50 tonova ..... 50
4.2 Grafički prikaz ..... 52
5 PRORAČUN AB PLOČA ..... 53
5.1 Pozicija 100 – ploča prizemlja ..... 53
5.1.1 Prikaz opterećenja ..... 53
5.1.2 Rezultati proračuna ..... 54
5.1.3 Dimenzioniranje ..... 56
5.2 Pozicija 200,300,400,500 ..... 58

5.2.1 Prikaz opterećenja ... 58
5.2.2 Rezultati proračuna ... 59
5.2.3 Dimenzioniranje ... 61
5.3 Pozicija 600- krovna ploča ... 63
5.3.1 Prikaz opterećenja ... 63
5.3.2 Rezultati proračuna ... 64
5.3.3 Dimenzioniranje ... 67
5.4 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti za ploču POZ100 ... 69
5.4.1 Proračun pukotina ... 69
5.4.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba) ... 73
6 PRORAČUN AB GREDA ... 77
6.1 Plan pozicija ... 77
6.2 Dimenzioniranje grede G1 ... 78
6.2.1 Rezultati proračuna ... 78
6.2.2 Dimenzioniranje ... 79
6.3 Dimenzioniranje grede G2 ... 83
6.3.1 Rezultati proračuna ... 83
6.3.2 Dimenzioniranje ... 84
6.4 Dimenzioniranje grede G7 ... 88
6.4.1 Rezultati proračuna ... 88
6.4.2 Dimenzioniranje ... 89
6.5 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti za karakerističnu gredu G1 ... 93
6.5.1 Proračun pukotina ... 93
6.5.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba) ... 97
7 PRORAČUN NOSIVIH ZIDOVA ... 100
7.1 Plan pozicija ... 100

7.2 Zid Z4 ... 101
7.2.1 Rezultati proračuna ... 101
7.2.2 Proračun zida Z1 unutar kritičnoga područja ... 102
7.3 Zid Z6 ... 106
7.3.1 Rezultati proračuna ... 106
7.3.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja ... 107
7.4 Zid Z9 ... 111
7.4.1 Rezultati proračuna ... 111
7.4.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja ... 113
7.5 Zid Z11 ... 117
7.5.1 Rezultati proračuna ... 117
7.5.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja ... 118
7.6 Zid Z12 ... 122
7.6.1 Rezultati proračuna ... 122
7.6.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja ... 123
7.7 Zid Z14 ... 127
7.7.1 Rezultati proračuna ... 127
7.7.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja ... 128
8 PRORAČUN AB STUBIŠTA ... 132
8.1.1 Rezultati proračuna – moment savijanja ... 132
8.1.2 Dimenzioniranje ... 132
9 PRORAČUN STUPOVA ... 133
9.1 Određivanje dimenzija stupova ... 133
9.2 Momenti savijanja i uzdužne sile stupova ... 135
9.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu ... 143
10 DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE ... 145

10.1 Rezultati proračuna ..... 145
10.1.1 Plan pozicija ..... 145
10.1.2 Prikaz naprezanja u tlu od seizmičke kombinacije ..... 146
10.2 Trakasti temelj ..... 146
10.2.1 Kontrola naprezanja u tlu ..... 146
10.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja ..... 147
10.3 Temelj samac ispod stupa ..... 148
10.3.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja ..... 148
10.3.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj lohi temelj-tlo ..... 149
10.3.3 Proračun armature temelja ..... 150
11 GRAFIČKI PRILOZI ..... 152
12 ARMATURNI NACRTI ..... 153
13 LITERATURA ..... 154

# 1 TEHNIČKI OPIS

Predmet zadatka ovog diplomskog rada je izrada projekta nosive konstrukcije armiranobetonske stambene zgrade. Građevina se sastoji od 5 nadzemnih etaža s visinom katova 2,90m te podzemnom etažom visine 2,85m. Tlocrtna bruto površina nadzemnih etaža je 182 $m^2$, a podruma 248,14 $m^2$, dok je ukupna visina 17,45 m.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski stupovi i zidovi. Međukatnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonske ploče. Vertikalna komunikacija je ostvarena dvokrakim stubištima. Izvodi se od betona klase C30/37 i armira armaturnim mrežama B500B.

Građevina se nalazi u VII. potresnoj zoni (moguće ubrzanje tla je 0,22 g, tj. u kojoj se za povratni period od 500 godina očekuje pojava potresa VII° MCS skale), II. području opterećenja vjetrom (osnovna brzina vjetra je 30 m/s) i području C opterećenja snijegom (opterećenje iznosi 0.45 $kN/m^2$).

U konstrukciji horizontalne (seizmičke, sile od vjetra) sile preuzimaju većim dijelom zidovi, a dijelom stupovi, grede i međukatna ploča. Za prilaz na etaže služe unutarnja ab stepeništa, debljine nosive ploče d=15,0 cm.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ($\geq$ 0.1% površine betonskog presjeka).

## 1.1 Opis nosive konstrukcije

### 1.1.1 **Temelji**

Dopušteno naprezanje tla iznosi $\sigma_{dop}$=0,55 MPa, što je dobiveno istražnim geomehaničkim ispitivanjima tla na dubini temeljenja. Objekt se temelji na način da se armiranbetonski zidovi temelje na temeljnim trakama, a stupovi na temeljima samcima. Predviđen je beton C30/37 $\varnothing_{agr}\leq$32 mm armiran s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 5 cm.

### 1.1.2 **Zidovi**

Svi zidovi su izvedeni od betona C30/37 i armirani s B-500B, sa potrebnim hidro-termičkim slojevima, debljine 20 cm. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm.

### 1.1.3 **Grede**

Sve grede su izvedene od betona C30/37 i armirane s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm.

Grede se oslanjaju na zidove i stupove u podrumu, koji čine okvir za prijenos horizontalnog i vertikalnog opterećenja.

### 1.1.4 **Međukatne konstrukcije**

Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore križno armirane betonske ploče. Sve AB nosive ploče su debljine 20 cm. Izvode se iz betona klase C30/37 i armiraju armaturnim mrežama B500B.

## 1.2 Osnovna djelovanja i kombinacije

### 1.2.1 **Osnovna djelovanja**

Osnovna djelovanja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su prema slijedećem:

| Oznaka osnovnog djelovanja | Opis djelovanja | |
|---|---|---|
| **G** | **Stalno djelovanje**. Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd. | |
| **Q1** | **Promjenjivo djelovanje**: | |
| | Stambeni prostori | 2.00 kN/m2 |
| | Stubište | 3.00 kN/m2 |
| | Balkoni | 4.00 kN/m2 |
| | Neprohodni krov | 1.00 kN/m2 |
| **Q2** | **Snijeg**: | |
| | područje opterećenja snijegom: | C |
| | nadmorska visina: | ≤ 100 m n.m. |
| | karakteristična vrijednost snijega na tlu: | $s_k$=0,45 kN/m2 |
| | opterećenje snijegom na krovu: $s=\mu_1 C_e C_t s_k$=0.8*1.0*1.0*0.45= | s=0.36 kN/m2 |
| **w** | **Vjetar:** | |
| | područje I. | $v_{ref,0}$ = 30 m/s |
| | koeficijent položaja (h=17,45(m), III. kategorija zemljišta): | $c_e(z)$ =2,40 |
| | poredbeni tlak: $q_{ref} = \rho_{zraka} * v^2_{ref}/2$=1.25*(30²)/2/1000= | $q_{ref}$ = 0,56 kN/m2 |
| | koeficijent vanjskog tlaka: $c_{pe} \cong$ tablice | |
| | koeficijent unutarnjeg tlaka: $c_{pi} \cong$ 0.8 i (-0,5) | |
| | tlak vjetra na vanjske vertikalne površine: $w_e = q_{ref} * c_e(z) * c_{pe}$ | |
| | tlak vjetra na unutarnje vertikalne površine: $w_i = q_{ref} * c_e(z) * c_{pi}$ | |
| **S** | **Potres**: | |
| | seizmička zona: | VII. |
| | računsko ubrzanje tla: | ag=0,22 m/s2 |
| | razred tla: | C |
| | faktor ponašanja: | q=3,00 |
| | faktor važnosti građevine: | $\gamma_I$ = 1.0 |

### 1.2.2 **Osnovne kombinacije djelovanja**

Granično stanje uporabljivosti

| Oznaka kombinacije | Parcijalni faktor za opterećenje | Koristi se za: | Parcijalni faktor za materijale |
|---|---|---|---|
| **GSU-1** | osnovna kombinacija: **1.0(g+Δg)+1.0q** | proračun progiba i pukotina a-b ploča | beton: $\gamma_c$=1.5<br>čelik: $\gamma_s$=1.15 |

Granično stanje nosivosti

| Oznaka kombinacije | Parcijalni faktor za opterećenje | Koristi se za: | Parcijalni faktor za materijale |
|---|---|---|---|
| **GSN-1** | osnovna kombinacija: **1.35(g+Δg)+ 1.5q** | proračun ploča, stupova, greda i zidova na vertikalna djelovanja<br>kontrola naprezanja u tlu | beton: $\gamma_c$=1.5<br>čelik: $\gamma_s$=1.15 |
| **GSN-2** | potres: **1.0(g+Δg)+0.3q +1.0S** | proračun zidova i stupova na djelovanje potresa<br>kontrola naprezanja u tlu | beton: $\gamma_c$=1.3<br>čelik: $\gamma_s$=1.0 |
| **GSN-3** | osnovna kombinacija: **1.35(g+Δg)+ 1.5q+1.5*0.6w** | proračun zidova i stupova na horizontalna djelovanja<br>kontrola naprezanja u tlu | beton: $\gamma_c$=1.5<br>čelik: $\gamma_s$=1.15 |

## 1.3 Konstruktivni materijali

### 1.3.1 **Beton**

Projekt betona za sve konstruktivne elemente, odnosno za sve betone, treba izraditi Izvoditelj i dostaviti ga na suglasnost Projektantu. Projekt betona treba izraditi stručna osoba, detaljno i sveobuhvatno.

U njemu treba precizno definirati za svaki element, odnosno za svaki različiti beton:

- fizikalno-mehanička svojstva (kakvoću)
- sastav (mješavinu)
- vodocementni faktor (konzistenciju)
- dodatke (superplastifikatori, ubrzivači, dodaci za prionjivost, dodaci za bubrenje i sl.)
- način proizvodnje, transporta i ugradnje
- način zbijanja (vibriranja)
- njegu
- obradu spojnica (nastavci betoniranja)
- posebne zahtjeve, specifičnosti i sl.

U nastavku će se dati okvirne smjernice i zahtjevi koje treba uvažiti projekt betona, odnosno koje treba poštivati Izvoditelj.

Ivice elemenata trebaju biti precizno izvedene, ravne i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. U slučaju eventualne segregacije, nisu dopuštena "krpanja" cementnim mortom. Sanacije takvih ploha treba obaviti stručno, prema posebnim rješenjima. Vodit računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona.

Osobito treba voditi računa o adekvatnoj njezi betona prvih 2-3 dana da se ne pojave štetne pukotine od skupljanja. Nisu propisani posebni zahtjevi na otpornost betona na mraz i vodo/zrako-propusnost. Oni su posredno obuhvaćeni kroz zahtijevanu kakvoću (čvrstoću)

betona. U načelu se koriste uobičajeni beton C 30/37. Za sve podbetone (podloge) koristi se beton C 12/15. Za betone C 30/37 koristiti superplastifikatore.

(i) Zidovi, grede, ploče, stupovi

Za sve nove elemente predviđen je beton C 30/37, ϕagr ϕ 32 mm

### 1.3.2 **Betonski čelik**

Kao armatura koristi se betonski čelik B500B (prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 3.0 – 7.0 cm.

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

## 1.4 Pravilnici i norme

Prilikom izrade predmetne projektne dokumentacije primijenjeni su sljedeći pravilnici i normativi:

- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (N.N. 76/07)
- Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07)
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata (Sl. list 15/90)
- Zakon o zaštiti od požara (N.N. 58/93; 107/07)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. 59/96; 94/96; 114/03; 86/08)
- EN 1991 Eurokod 1 Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije
- EN 1992 Eurokod 2 Proračun betonskih konstrukcija
- EN 1998 Eurokod 8 Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje

Sva opterećenja uzeta prema:

- HRN ENV 1991-2-1 stalno i uporabno opterećenje
- HRN ENV 1991-2-4 opterećenje vjetrom

- HRN ENV 1998-1-1 potresno opterećenje

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Na osnovi ovog projekta potrebno je izraditi izvedbeni projekt sa svim relevantnim detaljima i dati ga na usvajanje projektantu ovog projekta. Također, za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

## 1.5 Plan kontrole i osiguranja kvalitete

### 1.5.1 **Opće napomene**

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o građenju (N.N. br. 173/03), kojim su propisana tehnička svojstva bitna za građevinu.

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija Projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor, te povremeni projektantski nadzor.

### 1.5.2 **Betonski i armirano betonski radovi**

#### *1.5.2.1 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, a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije, te svim pratećim normativima

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1.

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

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava 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.

#### *1.5.2.2 Betonski čelik*

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

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

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

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

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B 500B 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.

#### *1.5.2.3 Prekidi betoniranja*

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### 1.5.3 **Ostali radovi i materijali**

Svi 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.

## 1.5.4 **Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole**

### *1.5.4.1 Norme za beton – osnovne norme*

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

### *1.5.4.2 Norme za beton - ostale norme*

| | |
|---|---|
| HRN EN 12350-1 | Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje |
| HRN EN 12350-2 | Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem |
| HRN EN 12350-3 | Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje |
| HRN EN 12350-4 | Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti |
| HRN EN 12350-5 | Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem |
| HRN EN 12350-6 | Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća |
| HRN EN 12350-7 | Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode |
| HRN EN 12390-1 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe |
| HRN EN 12390-2 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće |
| HRN EN 12390-3 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka |
| HRN EN 12390-6 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka |
| HRN EN 12390-7 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrsnulog betona |
| HRN EN 12390-8 | Ispitivanje očvrsnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom |
| prCEN/TS 12390-9 | Ispitivanje očvrsnulog 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 očvrsnulom 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 |

### *1.5.4.3 Norme za čelik za armiranje – osnovne norme*

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

### *1.5.4.4 Norme za čelik za armiranje – Ostale norme*

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

### *1.5.4.5 Ostale norme*

| | |
|---|---|
| ENV 1992-1-1 | Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade |
| ENV 1992-1-2 | Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar |

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

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

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji). Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji).

## 1.6 Posebni tehnički uvjeti

### 1.6.1 **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 vodonepropusna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti,

naročito ako se radi o plohama koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

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

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

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prianjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplate se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrsnuo. 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.

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.

### 1.6.2 **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. 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. 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.

### 1.6.3 **Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama**

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

### 1.6.4 **Betoniranje pri niskim temperaturama**

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

## 1.7 Obaveze izvođača

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

Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene.

Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se ukloniti s 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 koje se u toku garantnog roka pojave.

Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano betonskih konstrukcija bez prethodnog odobrenja i uputa 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.

## 1.8 Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje).

Posebnu pažnju obratiti na:

-pukotine u ab konstrukciji;

-veće deformacije (progibe) ab elemenata;

-moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona);

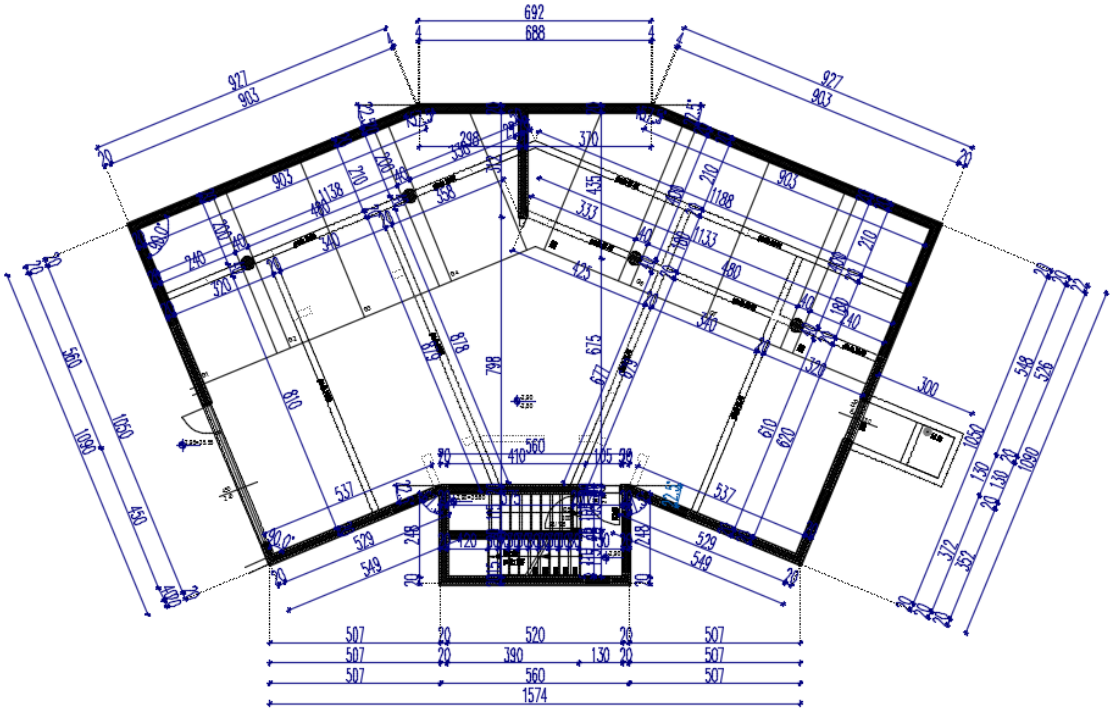
-koroziju armature;

-raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata;

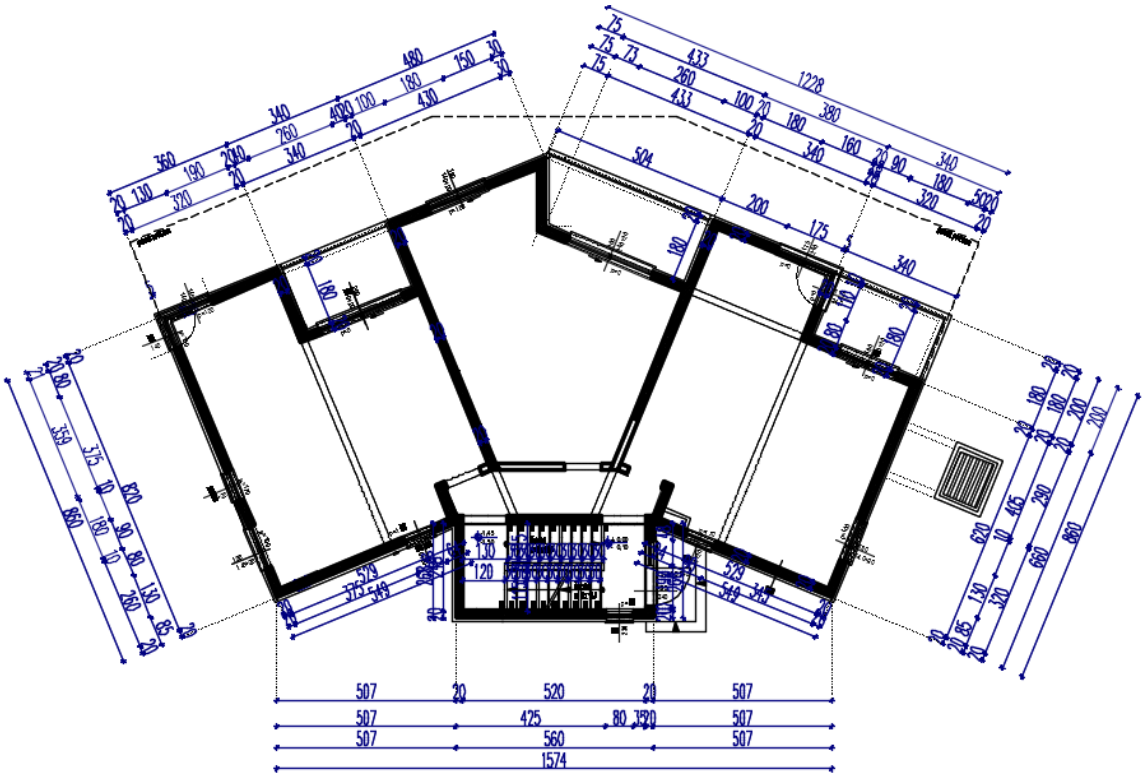
Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

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

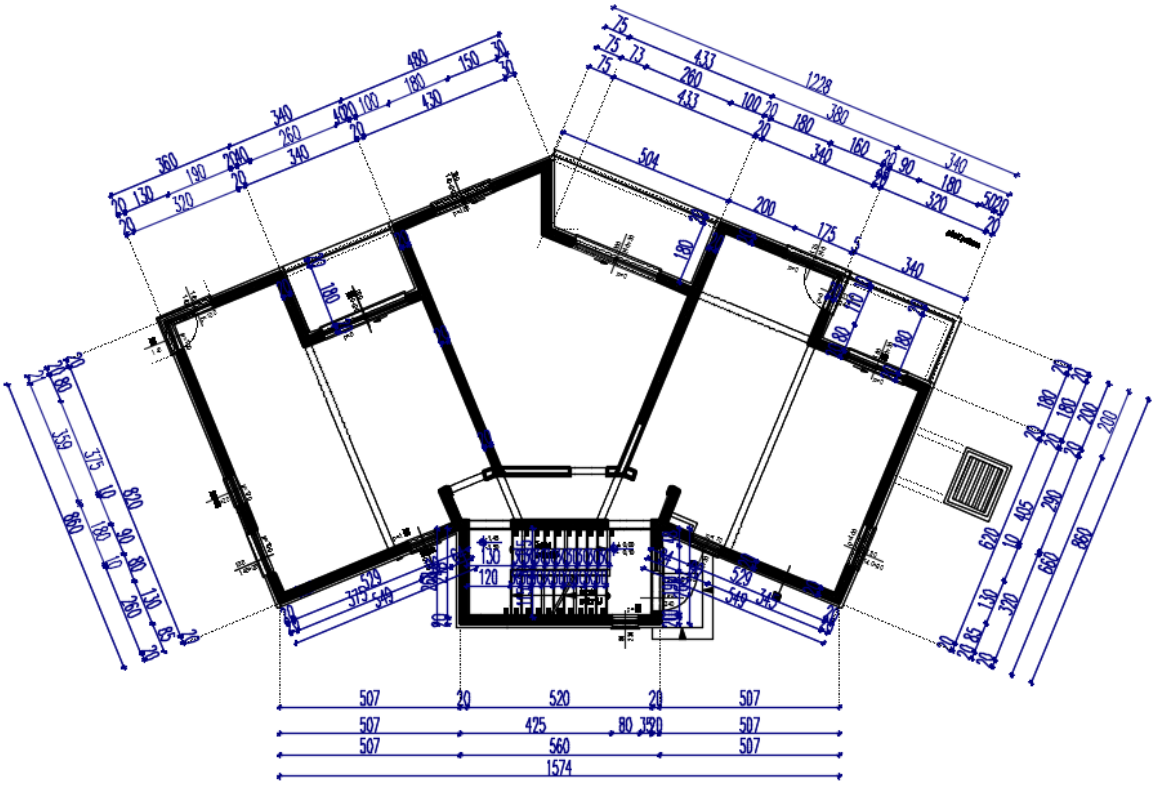
## 1.9 Geometrija



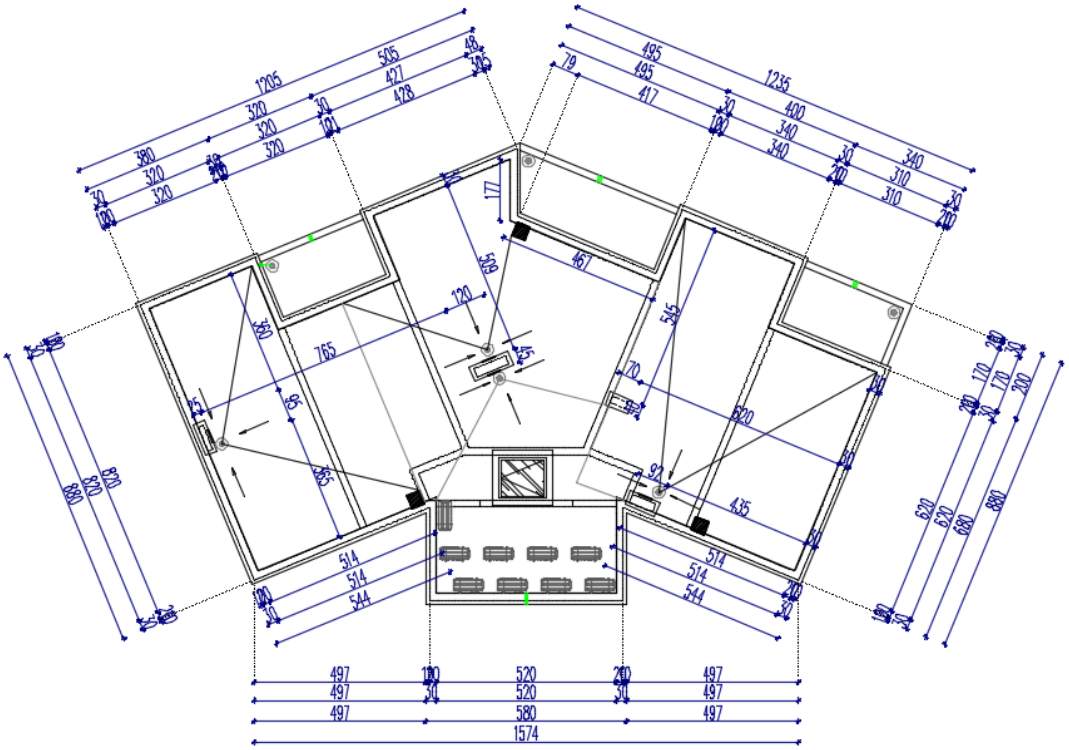

*Slika 1: Prikaz tlocrta podruma*




*Slika 2: Prikaz tlocrta prizemlja*

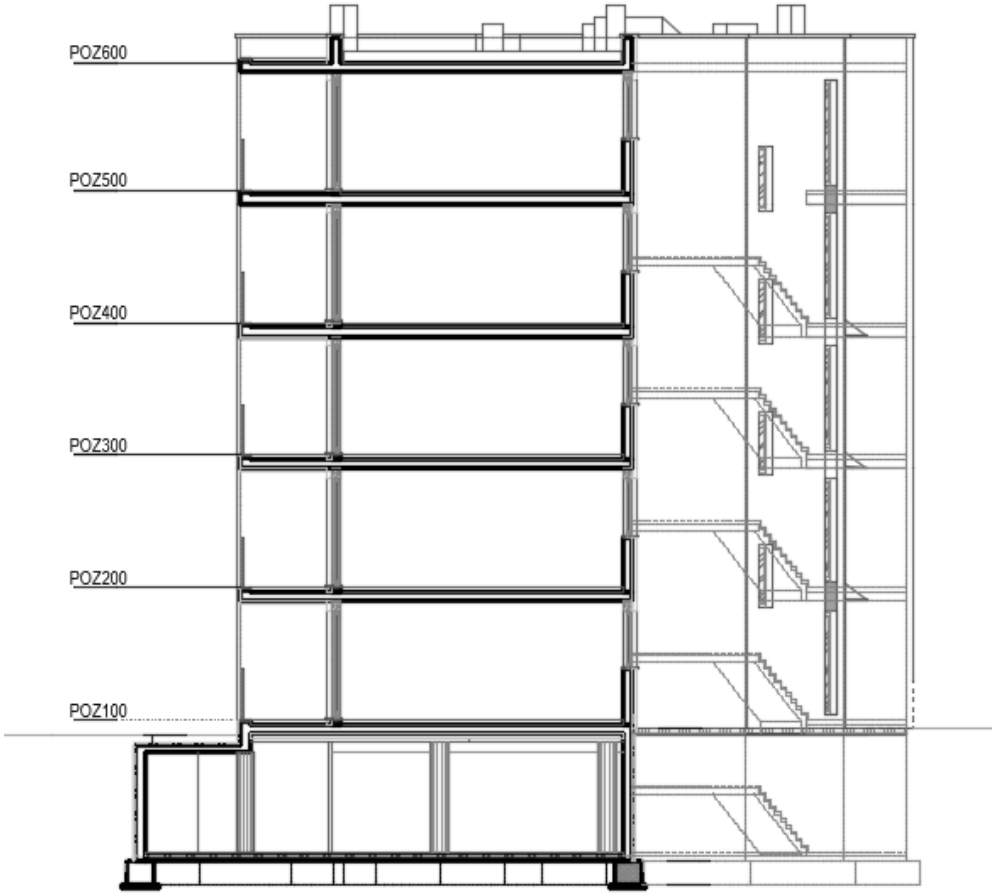


*Slika 3: Prikaz tlocrta 1.,2. i 3. i 4.. kata*



*Slika 4: Prikaz tlocrta krova*

# 2 ANALIZA OPTEREĆENJA




*Slika 5: Plan pozicija ploča*

## 2.1 Vlastita težina

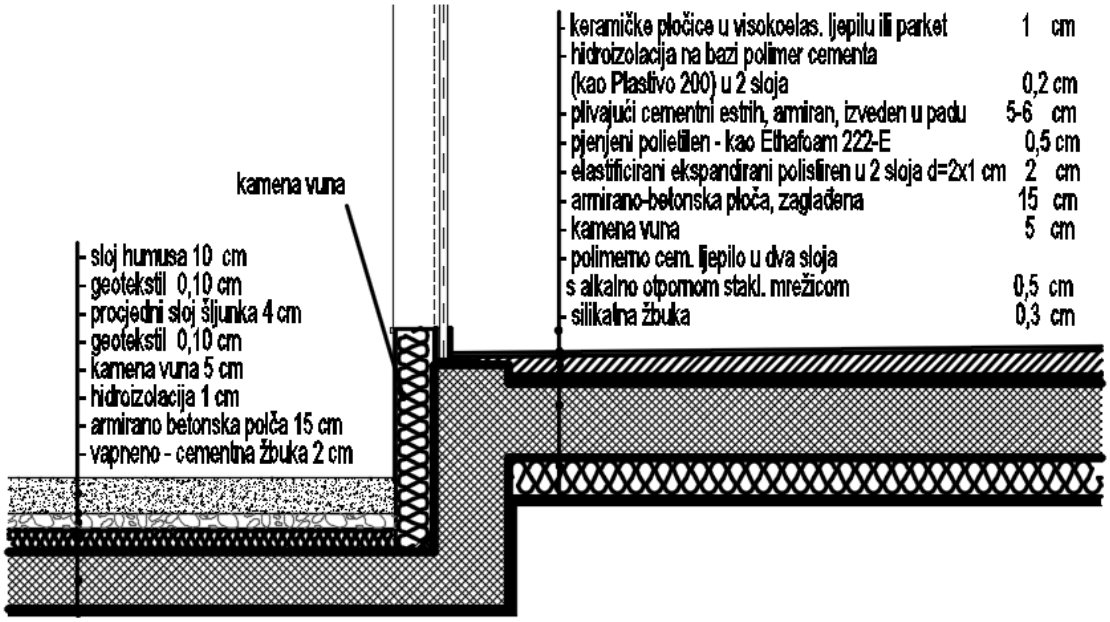
Vlastita težina je uključena zadavanjem geometrije i materijala u računalnom programu Scia Engineer 16.1.

## 2.2 Dodatno stalno opterećenje

### 2.2.1 **Međukatna konstrukcija**

Za određivanje težine slojeva korišten je računalni program "KiExpertPlus".

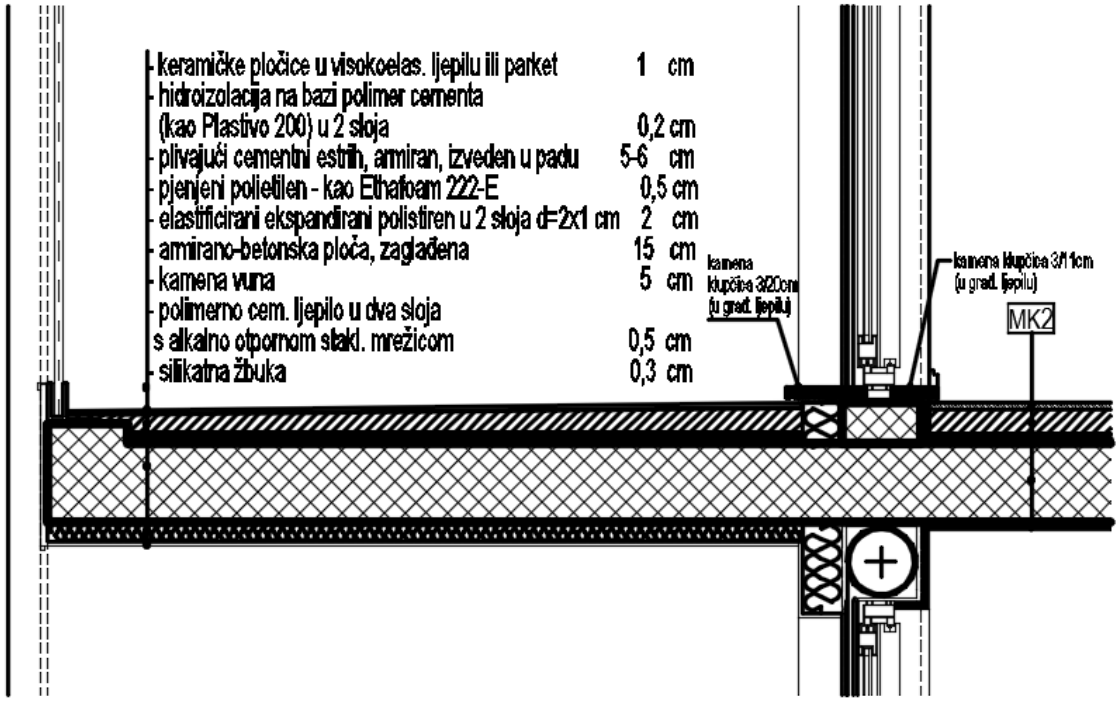
a) Stalno opterećenje:




*Slika 6: Presjek pozicije 100 (MK1)*

*Tablica 1. Opterećenje od slojeva međukatne konstrukcije (vani)*

| | d (m) | Plošna težina (kg/m2) | Težina (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|
| Humus | 0,10 | 150,0 | 1,50 |
| Geotekstil | 0,001 | 0,90 | 0,009 |
| Šljunak | 0,04 | 68,00 | 0,68 |
| Geotekstil | 0,001 | 0,90 | 0,009 |
| Kamena vuna | 0,05 | 5,50 | 0,055 |
| Hidroizolacija | 0,01 | 12,00 | 0,12 |
| Vapneno-cem. žbuka | 0,02 | 36,00 | 0,36 |
| | | | **2,7** |




*Slika 7: Presjek pozicije 200,300,400,500 (MK2)*

*Tablica 2. Opterećenje od slojeva međukatne konstrukcije*

| *Slika 8:* | d (m) | Plošna težina (kg/m2) | Težina (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|
| Završni sloj-pločice | 0,01 | 23,00 | 0,23 |
| Hidroizolacija | 0,002 | 2,40 | 0,024 |
| Cementni estrih, armirani | 0,05 | 100,00 | 1,00 |
| Polietilen | 0,005 | 4,90 | 0,049 |
| EPS | 0,02 | 0,42 | 0,0042 |
| Kamena vuna | 0,05 | 5,50 | 0,055 |
| Silikatna žbuka | 0,003 | 5,40 | 0,054 |
| | | | **1,42** |

b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje etaže određeno je EC 1991-1 i iznosi:

q = 2.0 kN/m2 za unutarnje prostore

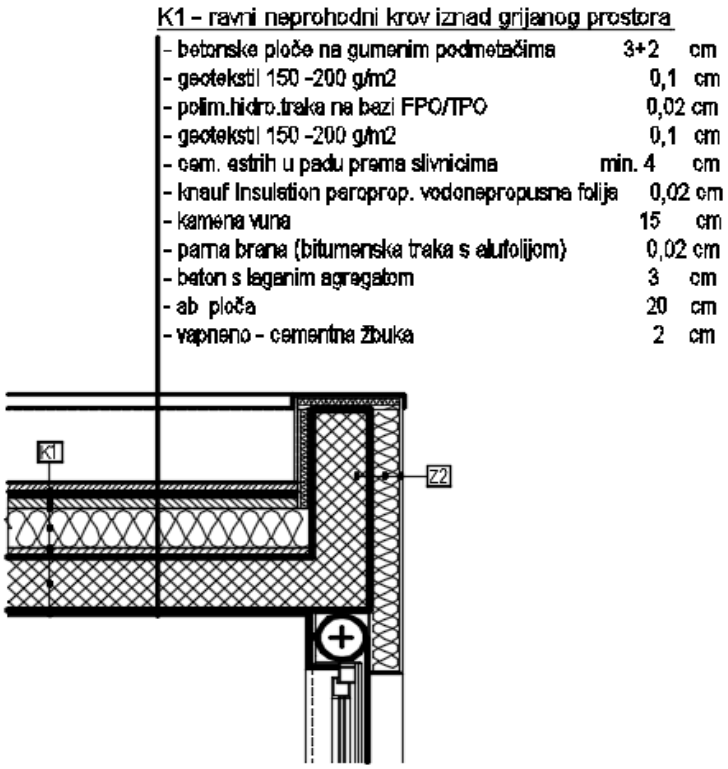
q = 4.0 kN/m2 za balkone i terase

### 2.2.2 **Krovna konstrukcija**

Ravni neprohodni krov

Za određivanje težine slojeva korišten je računalni program "KiExpertPlus".

a) Stalno opterećenje:




*Slika 9: Presjek pozicije (krovna)*

*Tablica 3. Opterećenje od slojeva krovne konstrukcije*

| | d (m) | Plošna težina (kg/m2) | Težina (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|
| Betonske ploče na plastičnim podloščima | 0,05 | 66,00 | 0,66 |
| Geotekstil x2 | 0,001x2 | 1,80 | 0,018 |
| Cementni estrih | 0,04 | 80,00 | 0,80 |
| Kamena vuna | 0,15 | 16,50 | 0,165 |
| Parna brana | 0,0002 | 0,09 | 0,0009 |
| Beton sa laganim agregatom | 0,03 | 60,00 | 0,60 |
| Vapneno cementna žbuka | 0,02 | 36,00 | 0,36 |
| | | | **2,60** |

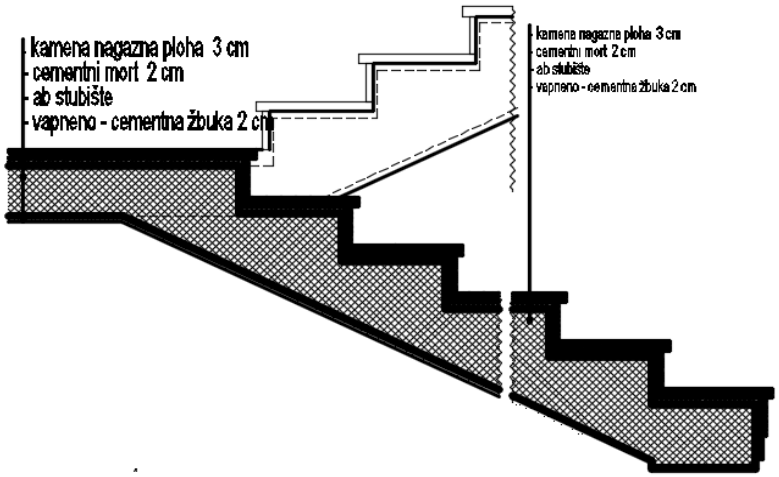
b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje na krovnoj plohi podrazumijeva opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za ravne krovove u područjima male izloženosti iznosi 0.50 kN/m$^2$, pa za promjenjivo opterećenje neprohodnog ravnog krova uzimamo zamjenjujuću vrijednost:

q = 1,0 kN/m2

### 2.2.3 **Stubište**

a) Stalno opterećenje:




*Slika 10: Presjek stubišta*

$$tg\alpha = \frac{v_{st}}{š_{st}} = \frac{14{,}5}{30} = 0.48 \quad ; \quad \alpha = 25{,}8°$$

$$h' = \frac{h}{cos\alpha} = \frac{15}{cos25{,}8} = 16{,}66\ cm$$

*Tablica 4. Opterećenje od slojeva poda stubišta*

| | d (m) | Plošna težina (kg/m2) | Težina (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|
| Završna obrada gazišta - kamene ploče | 0,03 | 75,00 | 0,75 |
| Cementni mort | 0,02 | 40,00 | 0,40 |
| Stuba | 0,18 | 432,00 | 4,32 |
| Vapneno cementna žbuka | 0,02 | 36,00 | 0,36 |
| | | | **5,83** |

b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje stubišta određeno je projektom i iznosi: q = 3.0 kN/m2

## 2.3 Opterećenje snijegom "$s_k$"

Opterećenje snijegom na krovu: $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

gdje je

$C_e$ - koeficijent izloženosti (uglavnom $C_e = 1$)

$C_i$ - temperaturni koeficijent zbog zagrijavanja zgrade (uglavnom $C_i = 1$)

$\mu_1$ - koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu

| Kut nagiba krova | $0° \le \alpha \le 30°$ | $30° < \alpha < 60°$ | $\alpha \ge 60°$ |
|---|---|---|---|
| koeficijent oblika $\mu_1$ | 0,8 | 0,8 (60 - $\alpha$) / 30 | 0,0 |

Krov nagiba $0^\circ \le \alpha \le 30^\circ$ → $\mu_1$=0,8

$s_k$ - karakteristično opterećenje snijegom na tlu (kN/m$^2$)

zona Okrug Gornji, područje C (zona III), nadmorska visina do 100 (m)→ $s_k = 0,45 \left(kN/m^2\right)$

*Slika 11: Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom $s_k$*

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 0,36 \left(kN/m^2\right)$$

## 2.4 Opterećenje vjetrom

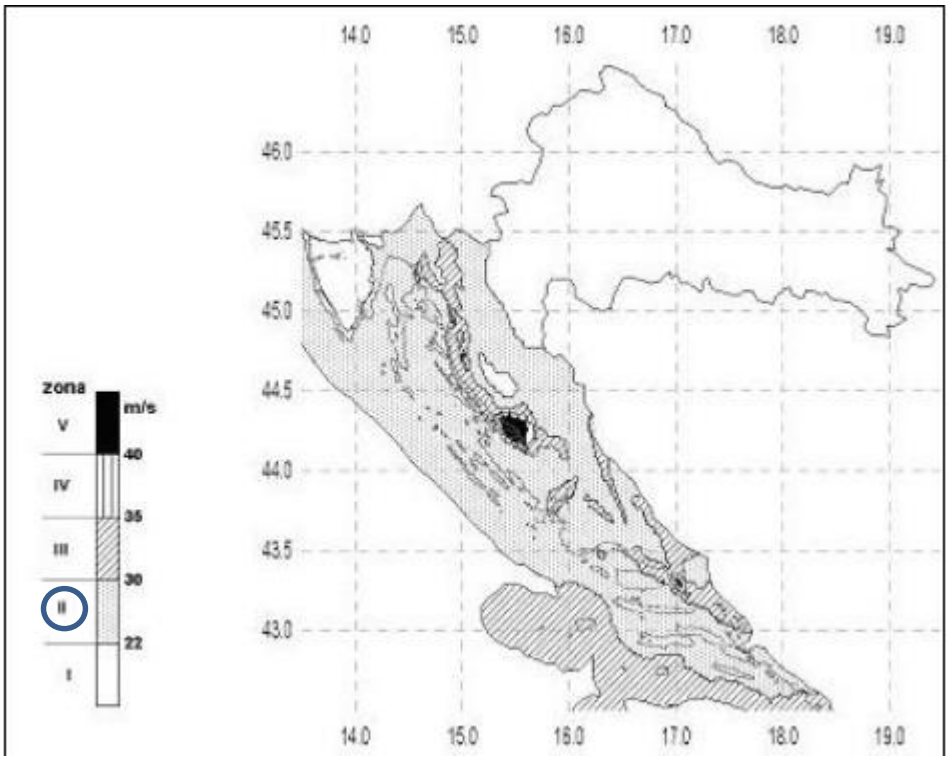
Opterećenje vjetrom je promjenljivo slobodno djelovanje. Pojednostavljeni postupak vjetrenog opterećenja može se koristiti za zgrade visine manje od 200 m i znači da se djelovanje vjetra uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje.

Ovdje će biti prikazan pojednostavnjen proračun za stalne konstrukcije.

Predmetna građevina se nalazi u Okrugu Gornjem, regija P10-južnojadranski otoci (južno od Paga), III kategorija zemljišta, na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetra (viša od ostalih građevina oko nje). Prema hrvatskim normama (HRN ENV 1991-2-3: 2005). predmetna lokacija je smještena u II područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra $w_0 = 30\ m/s$.

| Oznaka regije | Opis regije | Područje opterećenja vjetrom |
|---|---|---|
| P1 | zapadna unutrašnjost (od Požeške kotline do zapadne granice Hrvatske) | I |
| P2 | istočna unutrašnjost (od Požeške kotline do istočne granice Hrvatske) | I |
| P3 | Gorski Kotar i unutrašnjost Istre | I, II |
| P4 | Lika | I, II |
| P5 | Velebit i planinsko zaleđe južnojadranskog priobalja | II, III, IV, V |
| P6 | obala Istre | II |
| P7 | sjevernojadransko priobalje (od Opatije do Zadra) | II, III, IV |
| P8 | sjevernojadranski otoci (od Krka do Paga) | II, III |
| | mostovi Krk i Pag | IV |
| P9 | južnojadransko priobalje (južno od Zadra) | II, III |
| | područje Makarske | V |
| P10 | južnojadranski otoci (južno od Paga) | II, III |

*Slika 12: Opis regija*




*Slika 13: Vjetrovna karta Hrvatske*

### 2.4.1 **Analiza opterećenja vjetrom**

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra: $$q_{ref} = \left( \frac{\rho \cdot w_{ref}^{\ 2}}{2} \right)$$

Gustoća zraka: $\rho = 1.25\ kg/m^3$

Poredbena brzina vjetra: $w_{ref} = w_{ref,0} \cdot C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT}$

*$C_{DIR}$=1,0 (koef. smjera vjetra); $C_{TEM}$=1,0 (koef. ovisan o godišnjem dobu)*

Osnovna vrijednost poredbene brzine vjetra:

(područje I.) $$w_{ref} = 30,0\left(m/s\right)$$

Koeficijent nadmorske visine:

(nadmorska visina "$a_s$" je 0 m) $C_{ALT}=1+0,001a_s=1+0,001\cdot 0=1,0$

Poredbena brzina vjetra: $$w_{ref} = 30,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 30,0\ \left(m/s\right)$$

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra: $$q_{ref} = \left( \frac{1,25 \cdot 30,0^2}{2} \right) = 0,56\ \left(kN/m^2\right)$$

Opterećenje vjetrom (okomito na površinu) definira se prema izrazu:

- Pritisak na vanjske površine $w_{ref} = q_{ref} \cdot c_e(Z_e) \cdot c_{pe}$
- Pritisak na unutarnje površine $w_{ref} = q_{ref} \cdot c_i(Z_i) \cdot c_{pi}$

$q_{ref}$ → referentni pritisak pri srednjoj brzini vjetra

$c_e(Z_e)$ i $c_i(Z_i)$ → koeficijenti izloženosti koji uzimaju u obzir neravnine terena

$Z_e$ i $Z_i$ → referentne visine za lokalni ili unutarnji tlak

$c_{pe}$ i $c_{pi}$ → vanjski i unutarnji koeficijenti pritiska

Koeficijent izloženosti "$c_e(z_e)$"

( kategorija zemljišta II, regija P10- (južnojadranski otoci)

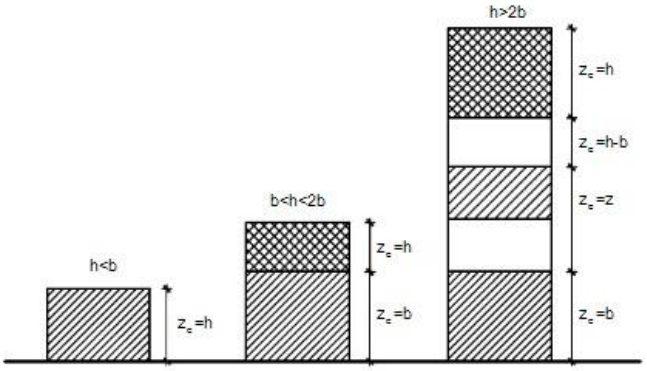
Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,40 m

Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

X - smjer b = 12,79 m

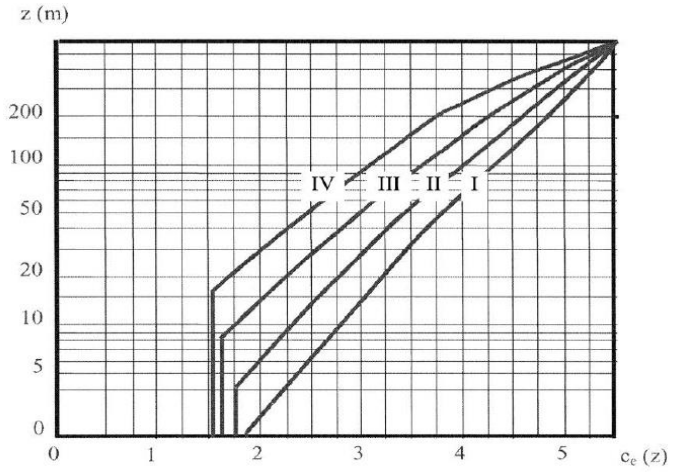
Y - smjer b = 21,38 m

Poredbena visina: h




*Slika 14: Poredbena visina $z_e$ u ovisnosti o visini h i širini b*

Koeficijenti izloženosti:




*Slika 15: Koeficijent izloženosti $c_e$ (z) u ovisnosti o kategoriji terena I do IV i visini z iznad terena*

### *2.4.1.1 Analiza opterećenja vjetrom u Y smjeru (manja fasada)*

Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,75 m

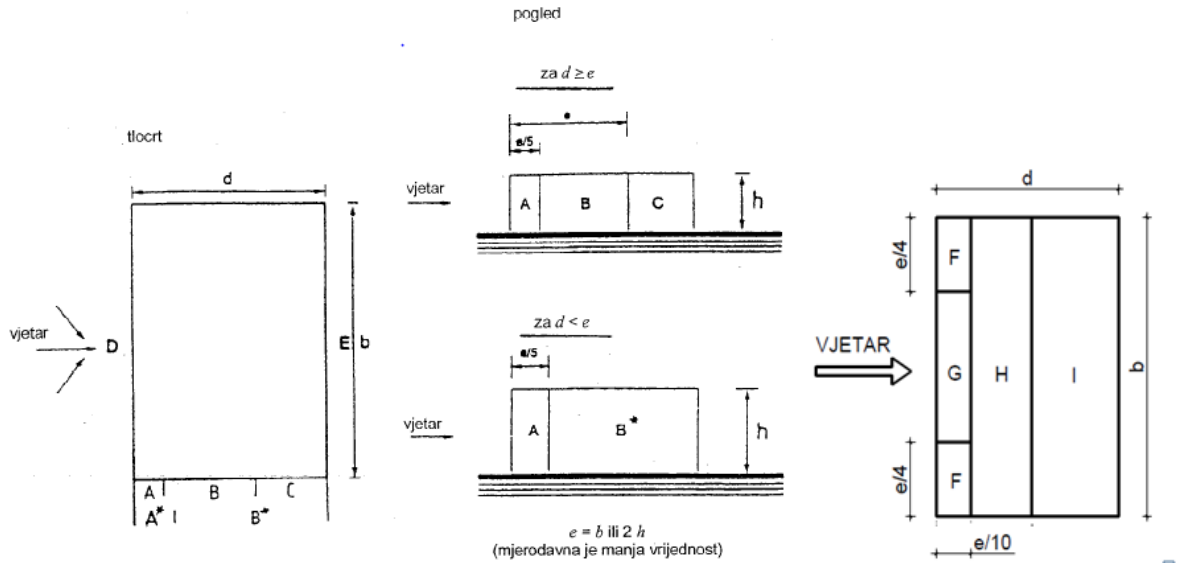
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

X - smjer b = 12,79 m

Poredbena visina: b<h<2b

**proračun koeficijenata vanjskog pritiska $C_{pe}$**

- ravni krov




*Slika 16: Zone djelovanja vjetra*

*Tablica 5: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova*

| Područje | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|
| $c_{pe}$ | -1,8 | -1,2 | -0,7 | -0,2 |

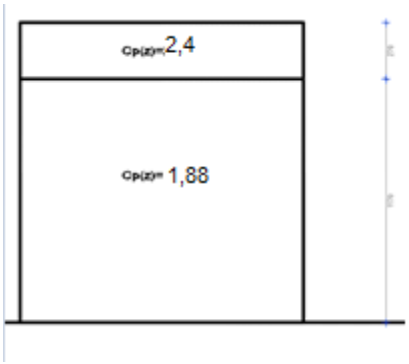
*Tablica 6: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova*

| Područje | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| $c_{pe}$ | -1 | -0,8 | -0,5 | 0,8 | -0,3 |

$$\Rightarrow c_e\left(z\right)_g = 2,4$$

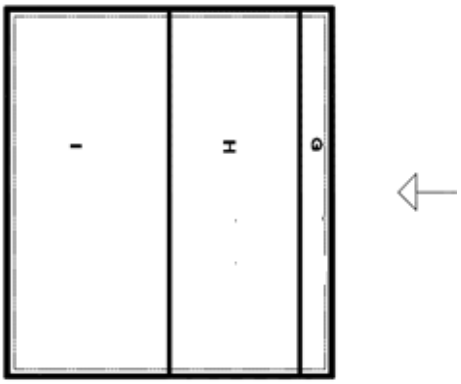
$$\Rightarrow c_e\left(z\right)_d = 1,88$$

$$\Rightarrow q_{ref} = \frac{1,25}{2}\cdot 30^2 = 562,5\ \left[N/m^2\right] = 0,56\ \left[kN/m^2\right]$$




*Slika 17: Koeficijent izloženosti $c_e$ (z) u ovisnosti o kategoriji terena I do IV i visini z iznad terena*

Koeficijenti vanjskog tlaka "$c_{pe}$" na krov:




*Slika 18: Zone djelovanja koeficijenata vanjskoga tlaka*

Tlak vjetra na vanjske površine "$w_e$"

$$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_{pe}$$

*Tablica 7 Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,4*

| ZONA | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|
| **qref** | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| **cpe** | -1,8 | -1,2 | -0,7 | -0,2 |
| **Ce(z)** | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| **We (kN/m2)** | -2,42 | -1,61 | -0,94 | -0,27 |

*Tablica 8: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,4*

| ZONA | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| **qref** | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| **cpe** | -1,0 | -0,8 | -0,5 | +0,8 | -0,3 |
| **Ce(z)** | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| **We (kN/m2)** | -1,34 | -1,08 | -0,67 | +1,075 | -0,403 |

*Tablica 9: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 1,88*

| ZONA | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| **qref** | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| **cpe** | -1,0 | -0,8 | -0,5 | +0,8 | -0,3 |
| **Ce(z)** | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 |
| **We (kN/m2)** | -1,05 | -0,84 | -0,526 | +0,84 | -0,316 |

### *2.4.1.2 Analiza opterećenja vjetrom u X smjeru (veća fasada)*

Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,75 m

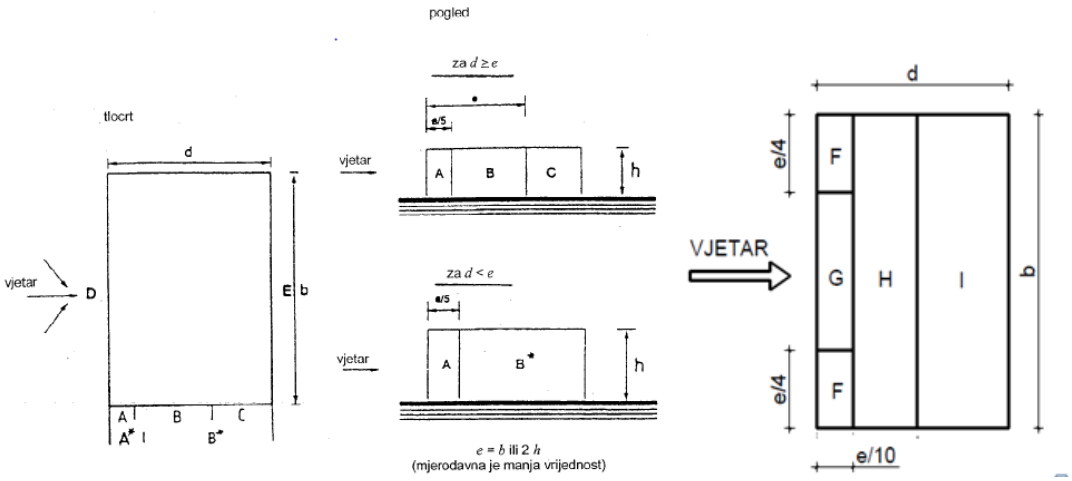
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

Y - smjer b = 21,79 m

Poredbena visina: h<b

**proračun koeficijenata vanjskog pritiska $C_{pe}$**

- ravni krov




*Slika 19: Zone djelovanja vjetra*

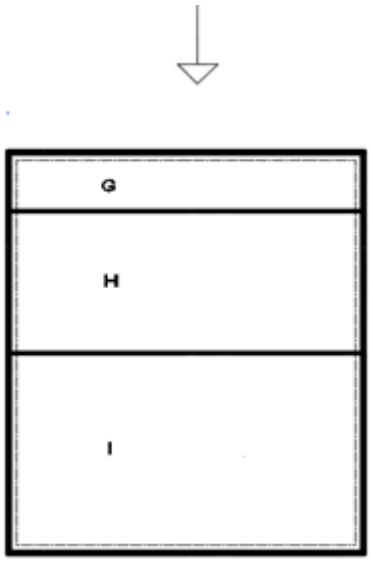
*Tablica 10: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu*

| Područje | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|
| $c_{pe}$ | -1,32 | -0,86 | -0,7 | -0,2 |

*Tablica 11: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova*

| Područje | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| $c_{pe}$ | -1,0 | -0,8 | -0,5 | 0,8 | -0,3 |

***Koeficijenti vanjskog tlaka "$c_{pe}$" na krov:***




*Slika 20: Zone djelovanja koeficijenata vanjskoga tlaka*

***Tlak vjetra na vanjske površine "$w_e$"***

$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_{pe}$

*Tablica 12: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,4*

| ZONA | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|
| **qref** | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| **cpe** | -1,8 | -1,2 | -0,7 | -0,2 |
| **ce(z)** | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| **We (kN/m2)** | -2,42 | -1,61 | -0,94 | -0,269 |

*Tablica 13: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,4*

| ZONA | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| **qref** | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| **cpe** | -1,0 | -0,8 | -0,5 | +0,8 | -0,3 |
| **ce(z)** | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| **We (kN/m2)** | -1,34 | -1,075 | -0,672 | +1,075 | -0,403 |

## 2.5 Izvanredno djelovanje

### 2.5.1 **Seizmičko opterećenje Sx i Sy**

Računsko ubrzanje tla očitano je sa Seizmičke karte Republike Hrvatske i iznosi:

$$a_g = 0,22 \text{ g.}$$

Klasificiranjem vrste temeljnog tla utvrđeno je da se građevina nalazi na tlu klasa C koja se odnosi na sve materijale koje nije potrebno minirati, nego se mogu kopati izravno, upotrebom pogodnih strojeva - buldožerom, bagerom, ili skreperom.

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Konstrukcija je proračunata u dva međusobno okomita horizontalna pravca. Odgovor konstrukcije dobiven je metodom spektra odgovora. Za dobivanje maksimalnog odgovora konstrukcije, tj. Kombinacije maksimalnih pojedinačni doprinosa svakog vlastitog oblika korištena je kombinacija SRSS.

Seizmičko područje: VII zona

Računsko ubrzanje tla: $a_g = 0,22g$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Srednja kategorija duktilnosti DC“M“ (konstrukcije posebno otporne na potres, ne dolazi do krhkog loma pod cikličkim djelovanjem sila potresa u području plastičnih zglobova.

Kategorija tla: C

Faktor značaja: $\gamma = 1.0$ (obične zgrade, stambene)

Faktor ponašanja za horizontalno seizmičko djelovanje:

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

Gdje je:

$q_0 = 4,0$ - osnovna vrijednost faktora ponašanja (konstrukcije s zidovima)

$k_d = 0,75$ - koeficijent ovisan o klasi duktilnosti (srednja klasa duktilnosti –M)

$k_r = 1,0$ - koeficijent pravilnosti konstrukcije (pravilna konstrukcija)

$k_w = 1,0$ - koeficijent prevladavajućeg sloma (za okvirni sustav)

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 4,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,0$$

Ulazni projektni spektar odgovora:

Spektar tipa 1 (područje visoke seizmičnosti)

Klasa tla C

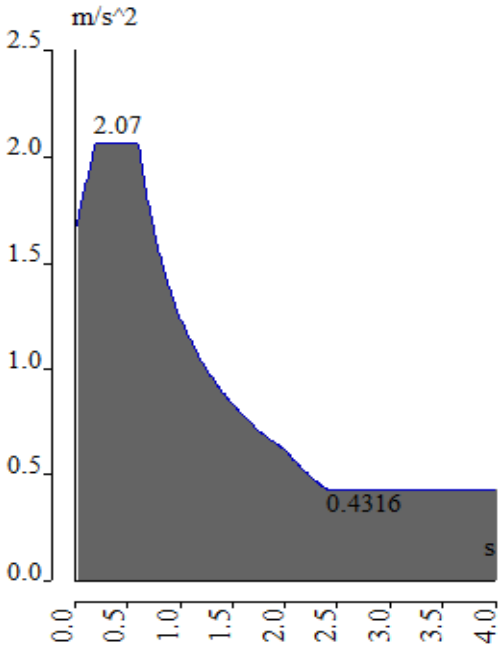
Parametar tla: S = 1,15

Maksimalna normirana vrijednost spektra odziva: $\beta_0 = 2,5$

Granični periodi osciliranja: $T_B = 0,20s$; $T_C = 0,6s$; $T_D = 2,0s$

*Tablica 14. Kategorije tla s pripadajućim periodima*

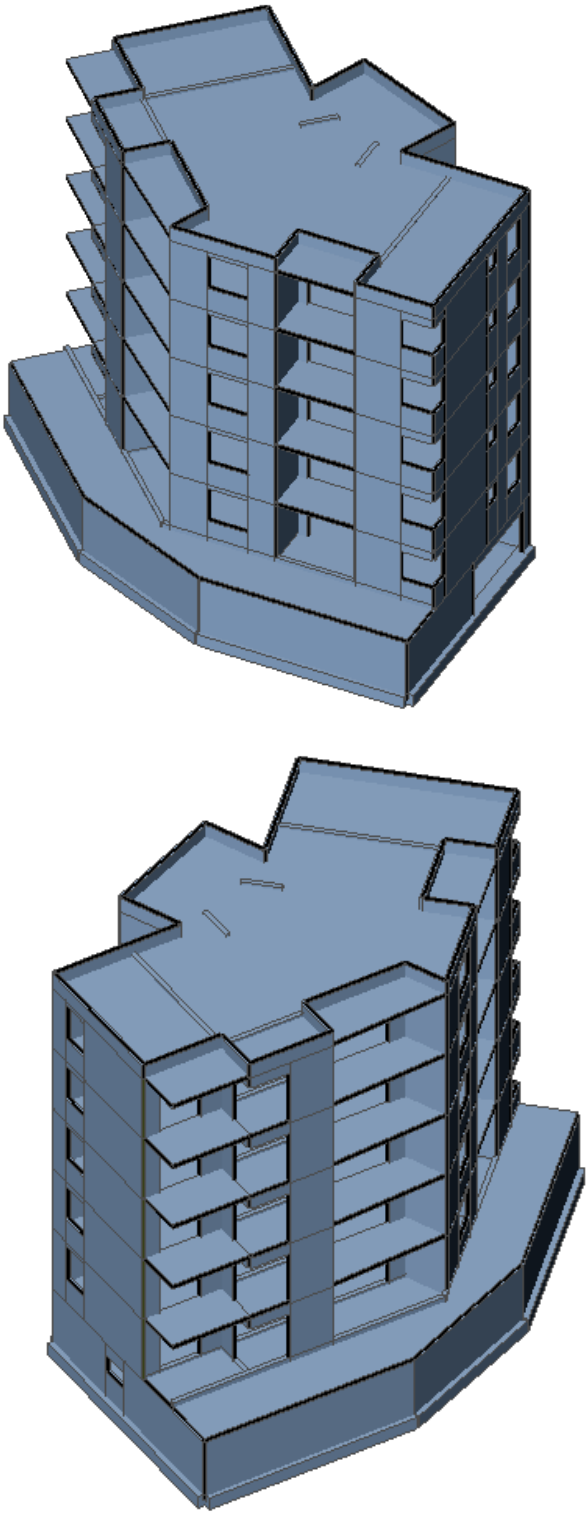
| Ground type | $S$ | $T_B$ (s) | $T_C$ (s) | $T_D$ (s) |
|---|---|---|---|---|
| A | 1,0 | 0,15 | 0,4 | 2,0 |
| B | 1,2 | 0,15 | 0,5 | 2,0 |
| C | 1,15 | 0,20 | 0,6 | 2,0 |
| D | 1,35 | 0,20 | 0,8 | 2,0 |
| E | 1,4 | 0,15 | 0,5 | 2,0 |




*Slika 21: Ulazni projektni spektar odgovora*

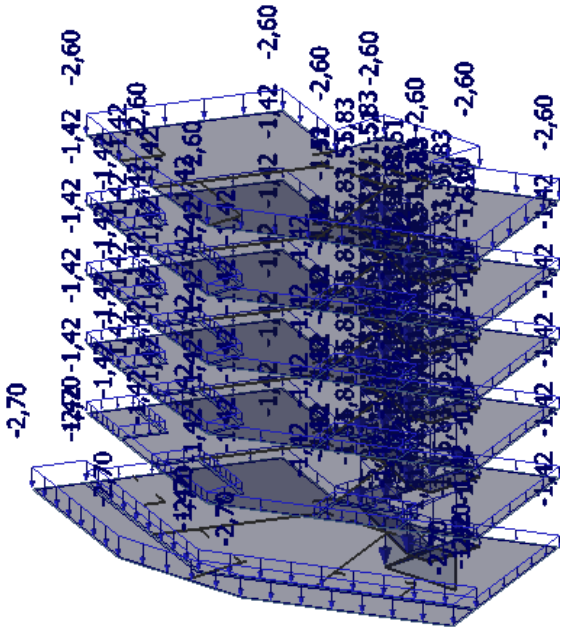
# 3 PRIKAZ NUMERIČKOG MODELA

## 3.1 3D render modela

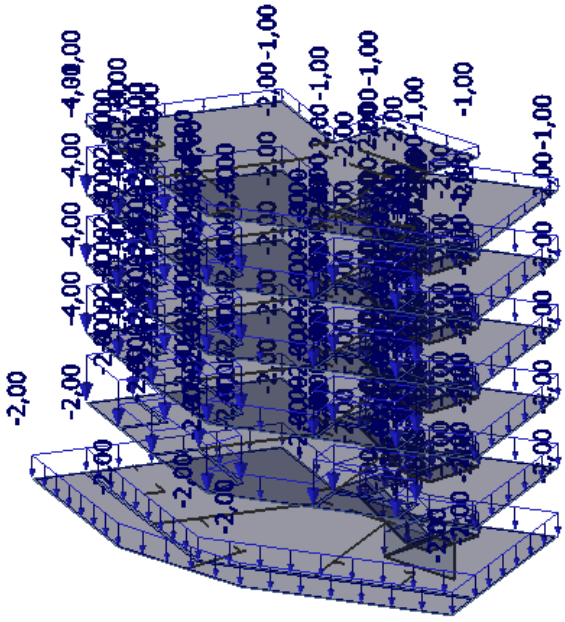


*Slika 22: Izometrijski prikaz numeričkog modela*

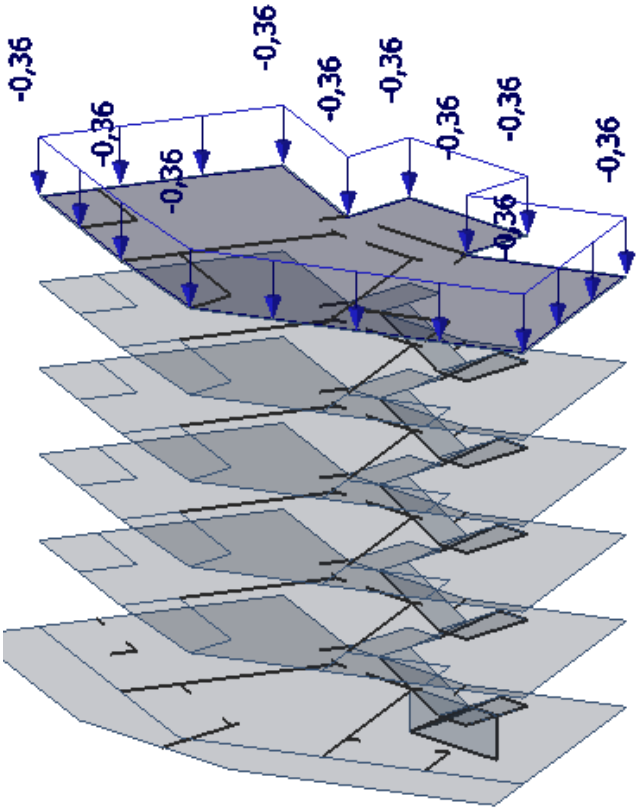
## 3.2 Izometrijski prikaz opterećenja



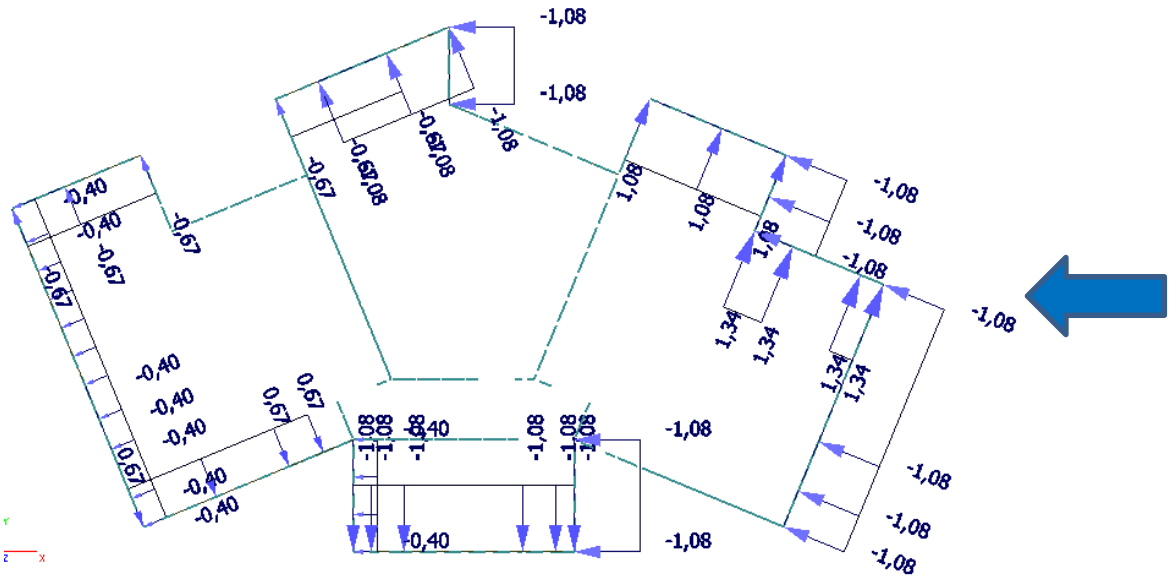
*Slika 23: Dodatno stalno opterećenje (dG)*

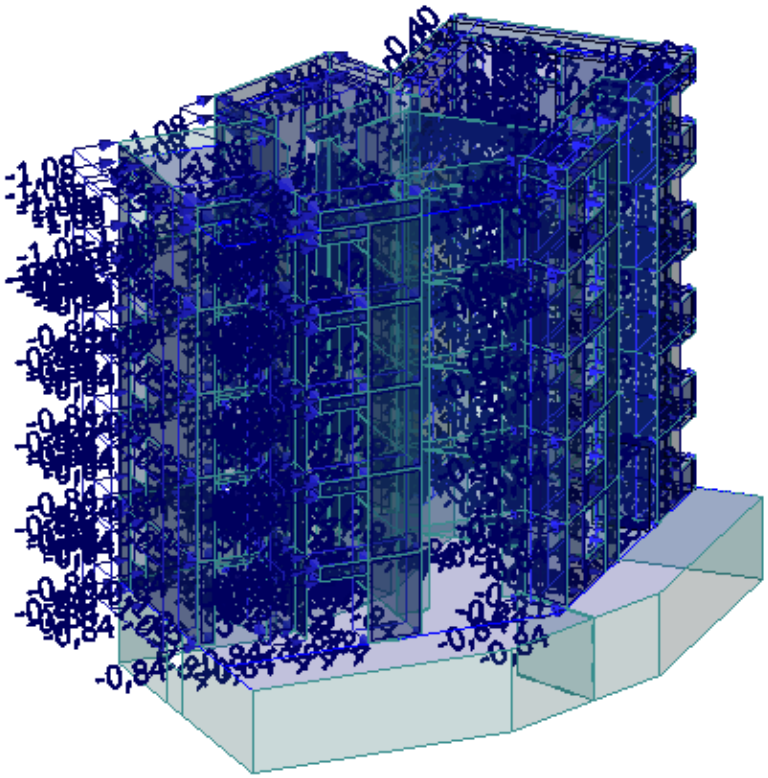


*Slika 24: Promjenjivo opterećenje (P)*

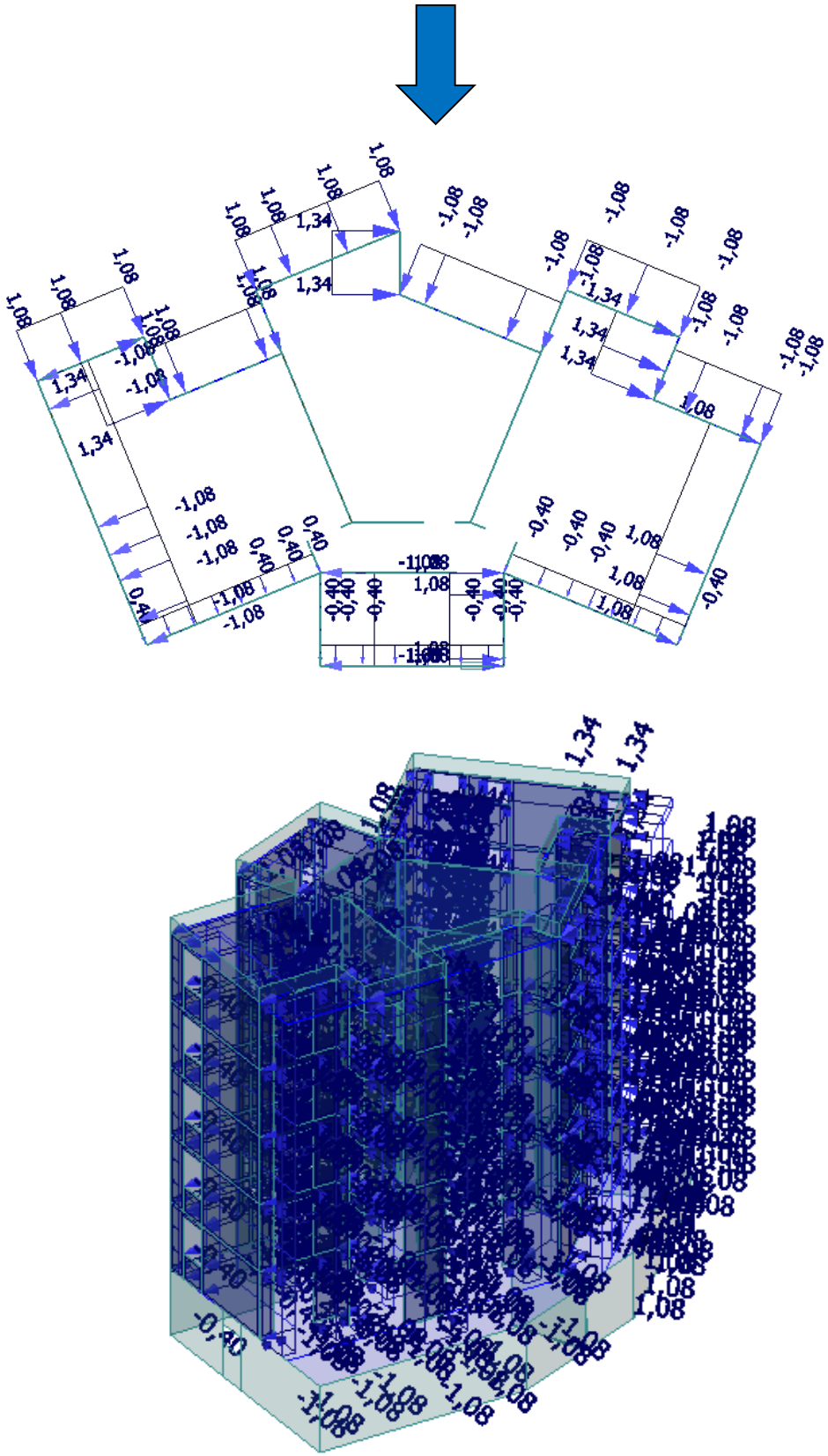


*Slika 25: Snijeg (S)*




*Slika 26: Vjetar u x smjeru (Wx)*



*Slika 27: Vjetar u y smjeru (Wy)*

# 4 MODALNA ANALIZA

## 4.1 Angažirana masa u prvih 50 tonova

Faktori participacije – sudjelujuće mase

*Tablica 15: Rješenje slobodnih vibracija*

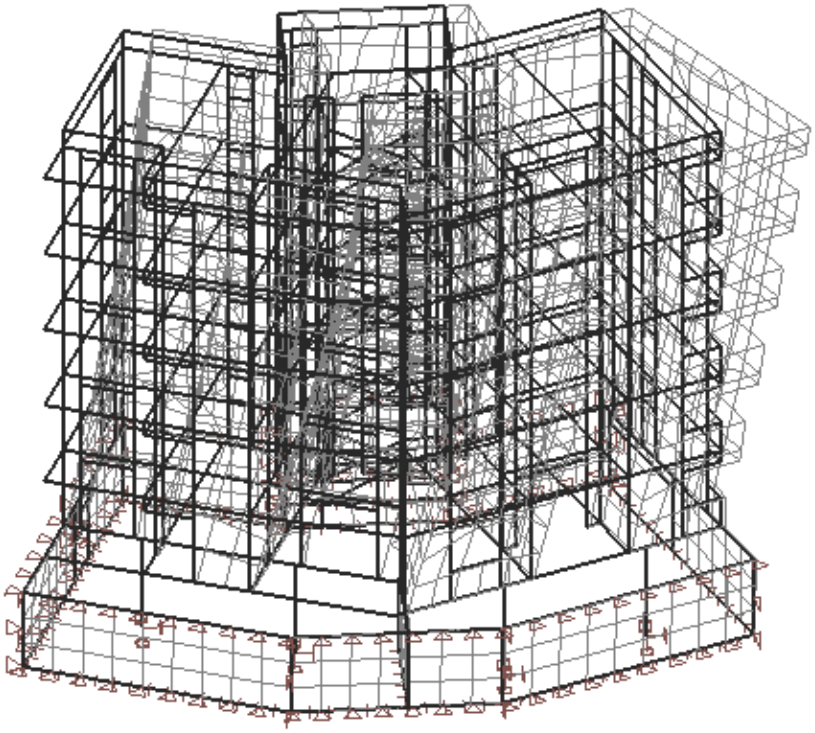
| **Number of 2D elements**<br>**Number of 1D elements**<br>**Number of mesh nodes**<br>**Number of equations** | **4101**<br>**174**<br>**3434**<br>**20604** |
|---|---|
| Combination of mass groups | MC 1 CM1 |
| Number of frequencies | 50 |
| Method | Lanczos |
| Bending theory | Mindlin |
| Type of analysis model | Standard |
| Start of calculation | 29.06.2018 10:33 |
| End of calculation | 29.06.2018 10:34 |

*Tablica 16: Faktori modalnog sudjelovanja*

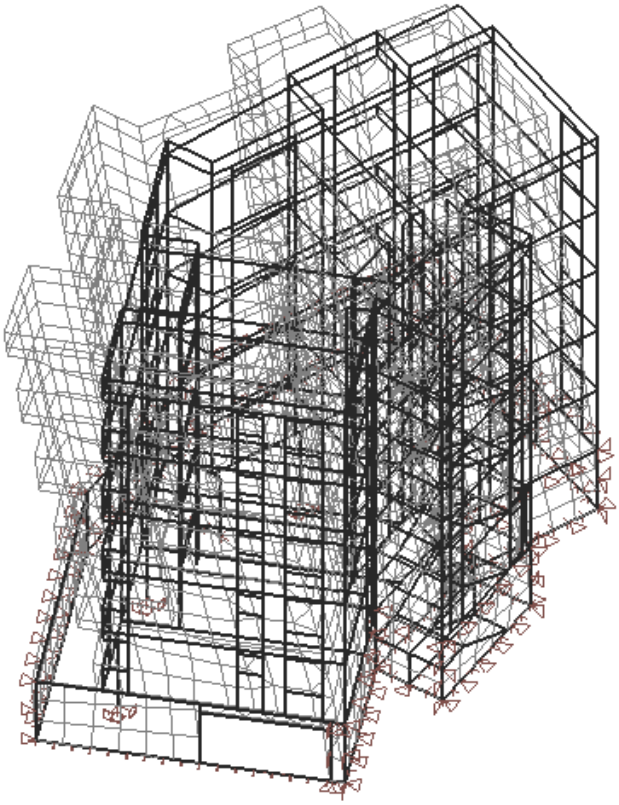
| **Mode** | **Omega [rad/s]** | **Period [s]** | **Freq. [Hz]** | **Wxi / Wxtot** | **Wyi / Wytot** | **Wzi / Wztot** | **Wxi_R / Wxtot_R** | **Wyi_R / Wytot_R** | **Wzi_R / Spectral** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31.8166 | 0.1975 | 5.0638 | 0.3031 | 0.1826 | 0.0011 | 0.0807 | 0.0897 | 0.1189 |
| 2 | 35.6149 | 0.1764 | 5.6683 | 0.1650 | 0.4552 | 0.0020 | 0.2036 | 0.0674 | 0.0187 |
| 3 | 37.1153 | 0.1693 | 5.9071 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0118 | 0.0001 | 0.0017 | 0.0000 |
| 4 | 50.9774 | 0.1233 | 8.1133 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0021 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0000 |
| 5 | 60.5931 | 0.1037 | 9.6437 | 0.1765 | 0.0163 | 0.0018 | 0.0019 | 0.0955 | 0.4677 |
| 6 | 62.6572 | 0.1003 | 9.9722 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0030 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 7 | 82.7888 | 0.0759 | 13.1762 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0011 | 0.0000 |
| 8 | 89.2517 | 0.0704 | 14.2049 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0011 | 0.0000 |
| 9 | 91.1727 | 0.0689 | 14.5106 | 0.0011 | 0.0286 | 0.5988 | 0.0393 | 0.0009 | 0.0054 |
| 10 | 94.6768 | 0.0664 | 15.0683 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0015 | 0.0017 | 0.0005 | 0.0000 |
| 11 | 105.4384 | 0.0596 | 16.7810 | 0.0485 | 0.0032 | 0.0047 | 0.0139 | 0.2888 | 0.0066 |
| 12 | 111.4187 | 0.0564 | 17.7328 | 0.0004 | 0.0035 | 0.0313 | 0.0438 | 0.0022 | 0.0036 |
| 13 | 112.9871 | 0.0556 | 17.9825 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0017 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 |
| 14 | 115.9110 | 0.0542 | 18.4478 | 0.0396 | 0.0386 | 0.0230 | 0.0430 | 0.0115 | 0.0294 |
| 15 | 117.0695 | 0.0537 | 18.6322 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0021 | 0.0023 | 0.0006 | 0.0000 |
| 16 | 117.3332 | 0.0535 | 18.6742 | 0.0000 | 0.0015 | 0.0026 | 0.0035 | 0.0005 | 0.0000 |
| 17 | 117.3708 | 0.0535 | 18.6801 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 18 | 117.4424 | 0.0535 | 18.6915 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 |
| 19 | 121.6652 | 0.0516 | 19.3636 | 0.0204 | 0.0963 | 0.0148 | 0.1669 | 0.0076 | 0.0093 |
| 20 | 122.9230 | 0.0511 | 19.5638 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0016 | 0.0003 |
| 21 | 123.5608 | 0.0509 | 19.6653 | 0.0009 | 0.0022 | 0.0006 | 0.0039 | 0.0010 | 0.0003 |
| 22 | 123.8046 | 0.0508 | 19.7041 | 0.0012 | 0.0031 | 0.0013 | 0.0058 | 0.0015 | 0.0004 |

| Mode | Omega [rad/s] | Period [s] | Freq. [Hz] | Wxi / Wxtot | Wyi / Wytot | Wzi / Wztot | Wxi_R / Wxtot_R | Wyi_R / Wytot_R | Wzi_R / Spectral |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 123.9596 | 0.0507 | 19.7288 | 0.0055 | 0.0116 | 0.0044 | 0.0226 | 0.0056 | 0.0024 |
| 24 | 125.2245 | 0.0502 | 19.9301 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0000 |
| 25 | 125.5117 | 0.0501 | 19.9758 | 0.0018 | 0.0048 | 0.0029 | 0.0105 | 0.0025 | 0.0005 |
| 26 | 128.0731 | 0.0491 | 20.3835 | 0.0002 | 0.0010 | 0.0011 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0003 |
| 27 | 131.9845 | 0.0476 | 21.0060 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0017 | 0.0002 | 0.0007 | 0.0000 |
| 28 | 138.9518 | 0.0452 | 22.1149 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 29 | 143.4166 | 0.0438 | 22.8255 | 0.0125 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0042 | 0.0458 | 0.0259 |
| 30 | 144.0128 | 0.0436 | 22.9204 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0004 | 0.0000 |
| 31 | 146.9891 | 0.0427 | 23.3940 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0000 |
| 32 | 154.8690 | 0.0406 | 24.6482 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 33 | 156.7938 | 0.0401 | 24.9545 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 34 | 157.7043 | 0.0398 | 25.0994 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0003 |
| 35 | 160.5843 | 0.0391 | 25.5578 | 0.0036 | 0.0011 | 0.0098 | 0.0003 | 0.0309 | 0.0130 |
| 36 | 161.2150 | 0.0390 | 25.6582 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 |
| 37 | 165.1665 | 0.0380 | 26.2871 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0136 | 0.0008 | 0.0042 | 0.0029 |
| 38 | 165.3427 | 0.0380 | 26.3151 | 0.0001 | 0.0010 | 0.0023 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0001 |
| 39 | 173.6137 | 0.0362 | 27.6315 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0054 | 0.0017 | 0.0002 | 0.0002 |
| 40 | 176.4780 | 0.0356 | 28.0874 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0005 | 0.0009 | 0.0000 |
| 41 | 179.6585 | 0.0350 | 28.5935 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 |
| 42 | 181.5468 | 0.0346 | 28.8941 | 0.0019 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0029 | 0.0000 | 0.0019 |
| 43 | 182.1376 | 0.0345 | 28.9881 | 0.0014 | 0.0011 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0000 | 0.0002 |
| 44 | 182.4540 | 0.0344 | 29.0384 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0014 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 45 | 187.1700 | 0.0336 | 29.7890 | 0.0012 | 0.0003 | 0.0069 | 0.0005 | 0.0009 | 0.0011 |
| 46 | 188.0306 | 0.0334 | 29.9260 | 0.0037 | 0.0001 | 0.0023 | 0.0026 | 0.0023 | 0.0055 |
| 47 | 189.5793 | 0.0331 | 30.1725 | 0.0088 | 0.0002 | 0.0164 | 0.0052 | 0.0044 | 0.0155 |
| 48 | 191.1546 | 0.0329 | 30.4232 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 49 | 198.4342 | 0.0317 | 31.5818 | 0.0074 | 0.0003 | 0.0088 | 0.0032 | 0.0027 | 0.0015 |
| 50 | 198.7668 | 0.0316 | 31.6347 | 0.0064 | 0.0013 | 0.0191 | 0.0044 | 0.0012 | 0.0070 |
| | | | | 0.8125 | 0.8581 | 0.8049 | 0.6770 | 0.6870 | 0.7387 |

## 4.2 Grafički prikaz



*Slika 28: PRVI TON – translacija X smjer*

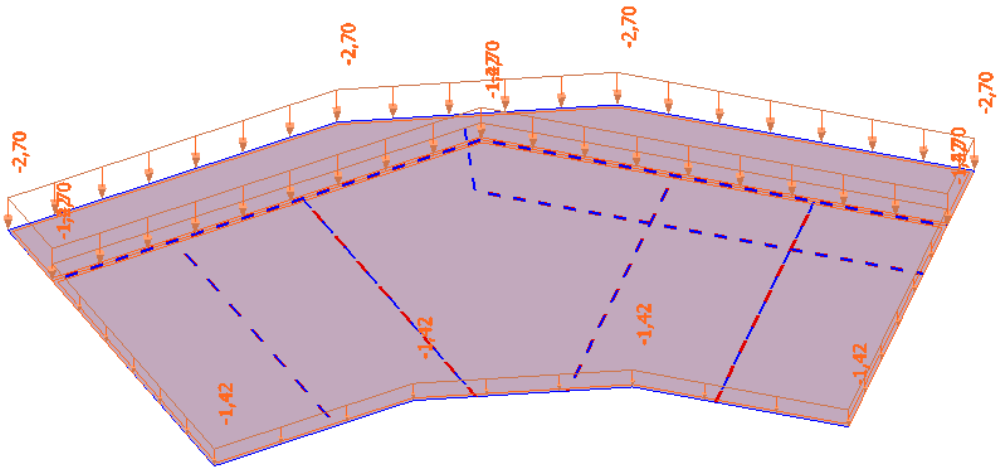


*Slika 29: DRUGI TON – translacija Y smjer*

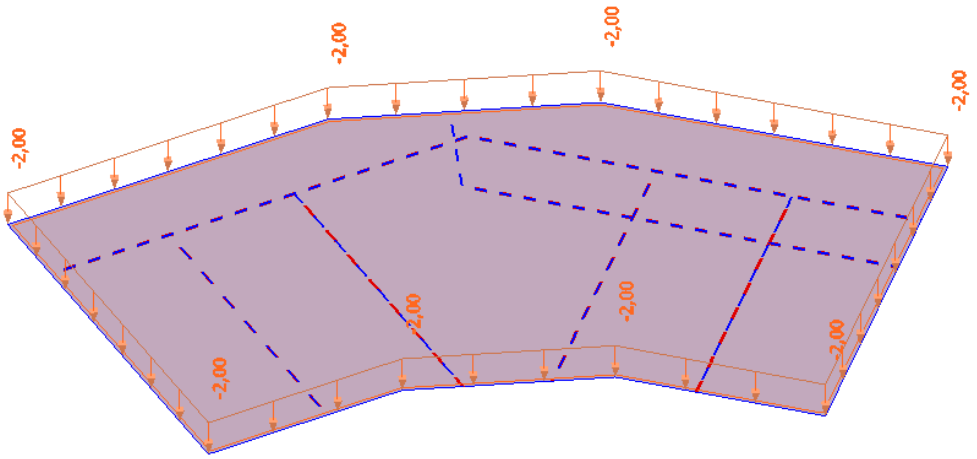
# 5 PRORAČUN AB PLOČA

## 5.1 Pozicija 100 – ploča prizemlja

### 5.1.1 Prikaz opterećenja



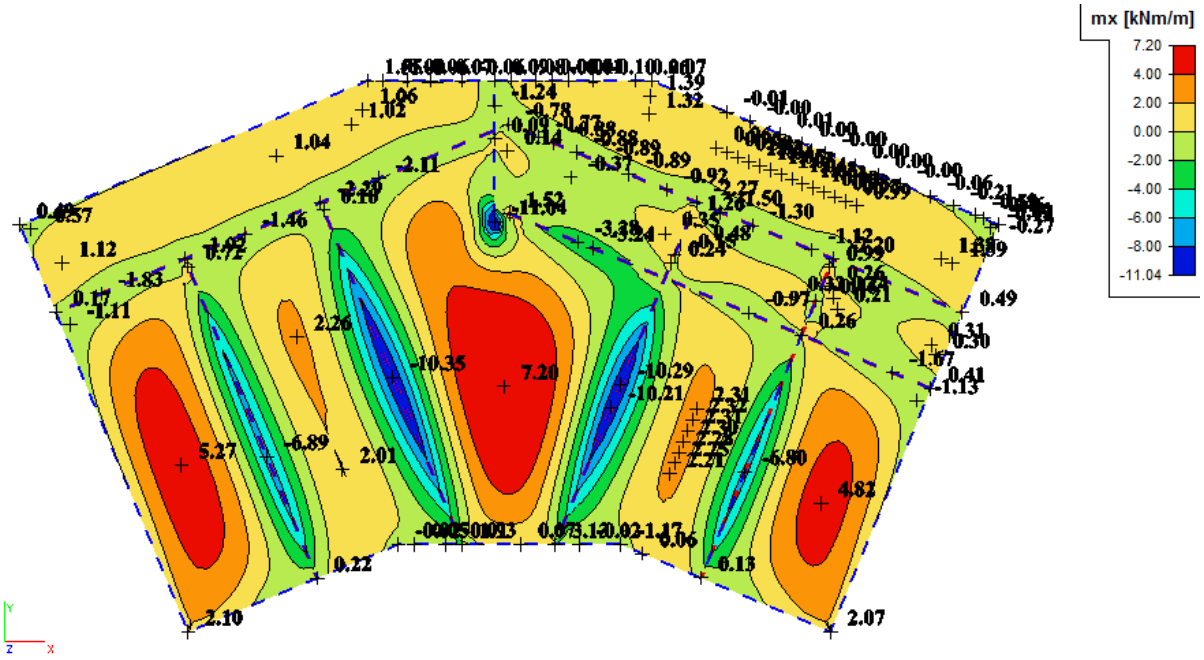

*Slika 30: POZ100 Dodatno stalno*



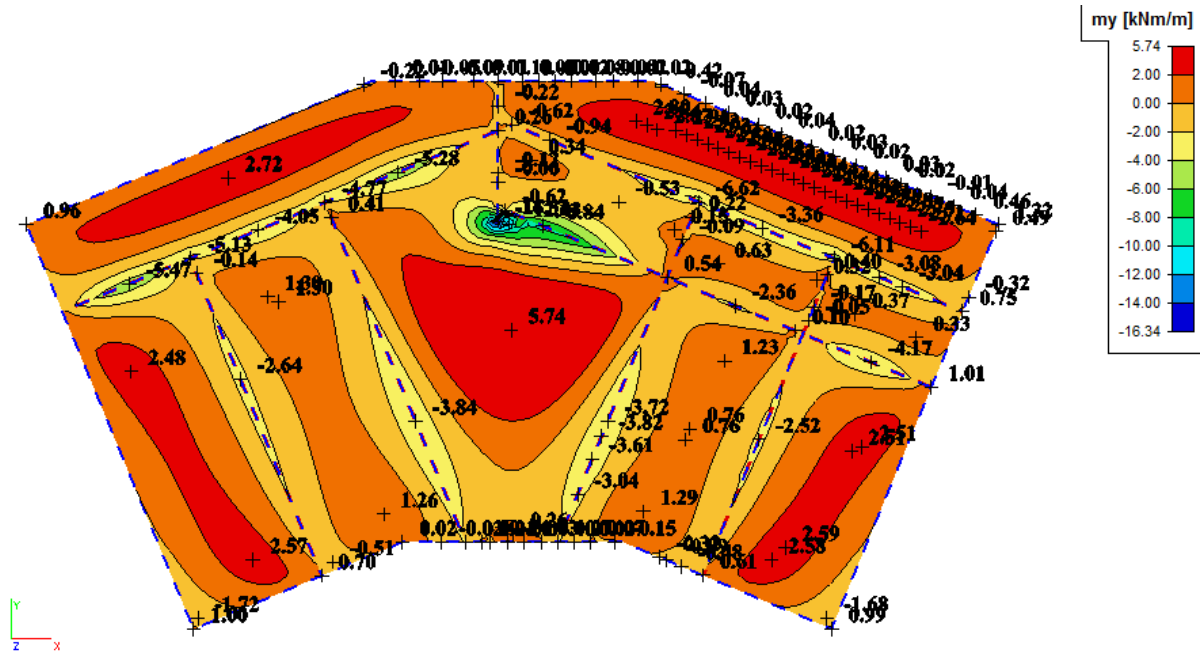

*Slika 31: POZ100 Pokretno opterećenje*

## 5.1.2 **Rezultati proračuna**

### *5.1.2.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

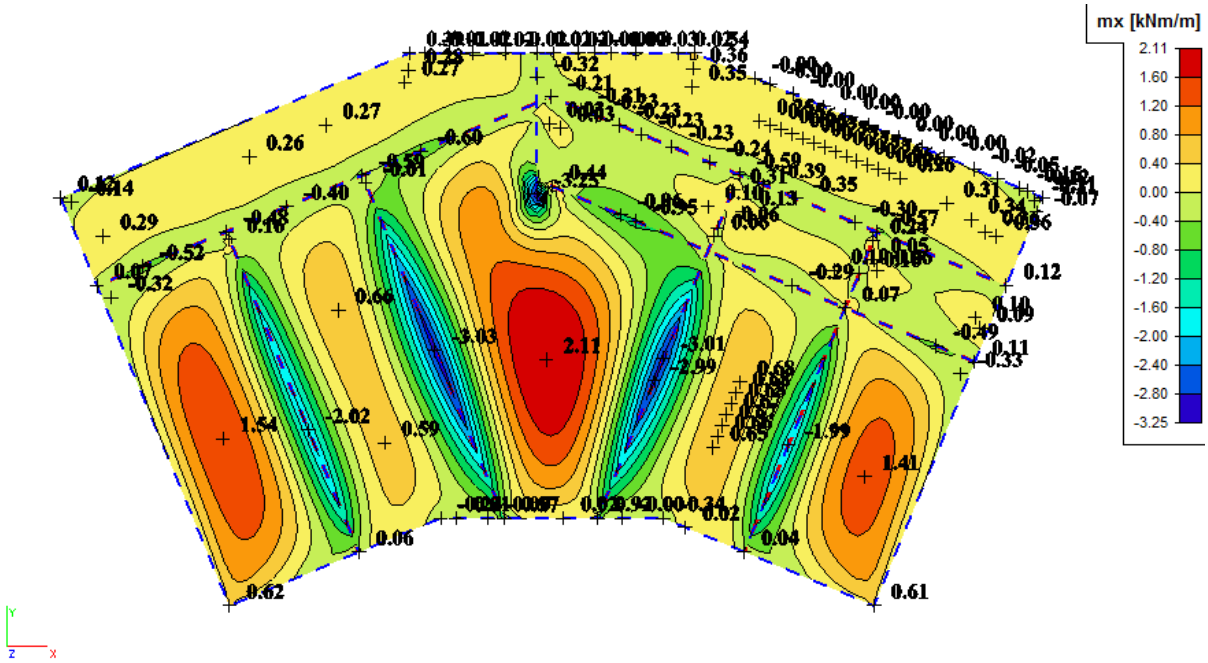



*Slika 32: POZ100 Moment savijanja Mx (kNm/m')*

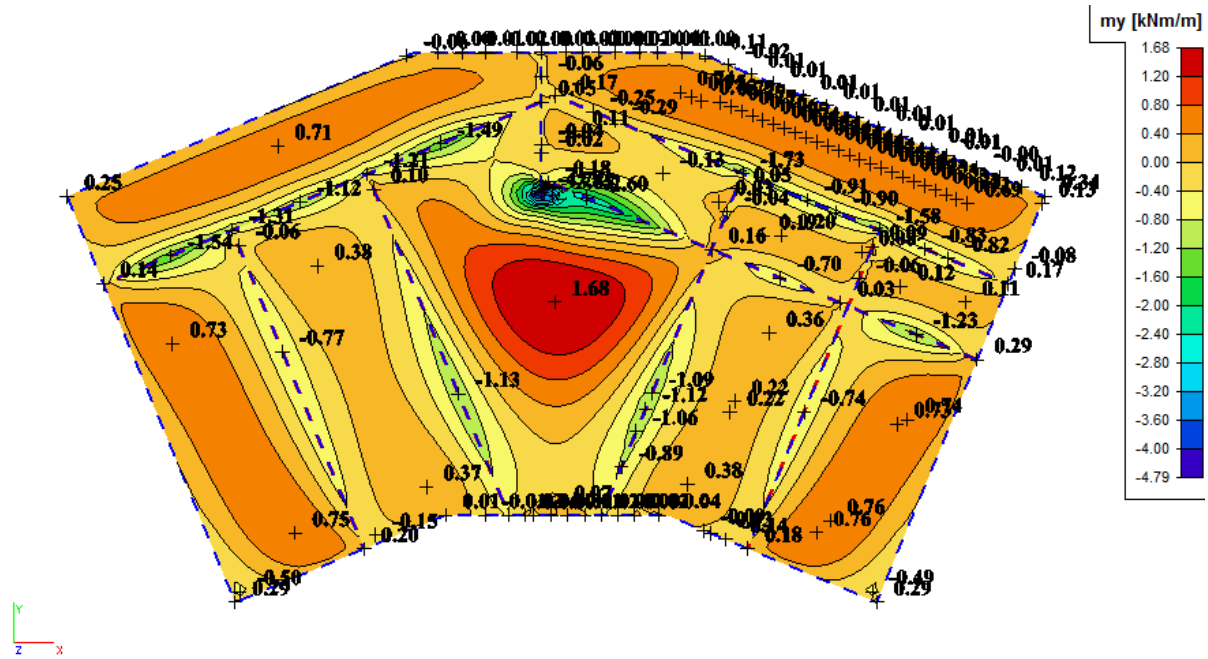



*Slika 33: POZ100 Moment savijanja My (kNm/m')*

### *5.1.2.2 Q – pokretno*




*Slika 34: POZ100 Moment savijanja Mx (kNm/m')*




*Slika 35: POZ100 Moment savijanja My (kNm/m')*

### 5.1.3 **Dimenzioniranje**

Beton C30/37

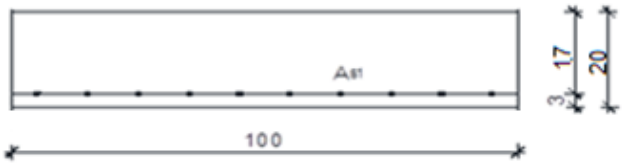
C30/37→ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,00 N/mm^2 = 2,00 kN/cm^2$

Armatura B500B

B500B→ $f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 N/mm^2 = 43,48 kN/cm^2$

Debljina ploče:

hpl =20cm; d1 = 3cm; d=17cm




*Slika 36: Presjek ploče u polju*

POLJE

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN:

GSN1= 1,35·G+1,5·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 7,2 + 1.5 \cdot 2,1 = 12,88 kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1288}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,022$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,0‰$ , $\zeta = 0,968$ , $\xi = 0,091$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1288}{0,968 \cdot 17 \cdot 43,48} = 1,8 cm^2$ - armaturu je potrebno povećati za 20% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 2,16 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left( \frac{2,9}{500} \right) \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

**Odabrano: Q-283 ($A_{s1}$ = 2,83 cm$^2$)**

LEŽAJ

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN:

GSN1= 1,35·G+1,5·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 11,04 + 1.5 \cdot 3,25 = 19,79 kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1979}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,034$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ , $\zeta = 0,952$ , $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1979}{0,952 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,82 cm^2$ - armaturu je potrebno umanjiti za 15-20%:

$A_{s1} = 2,4 cm^2$

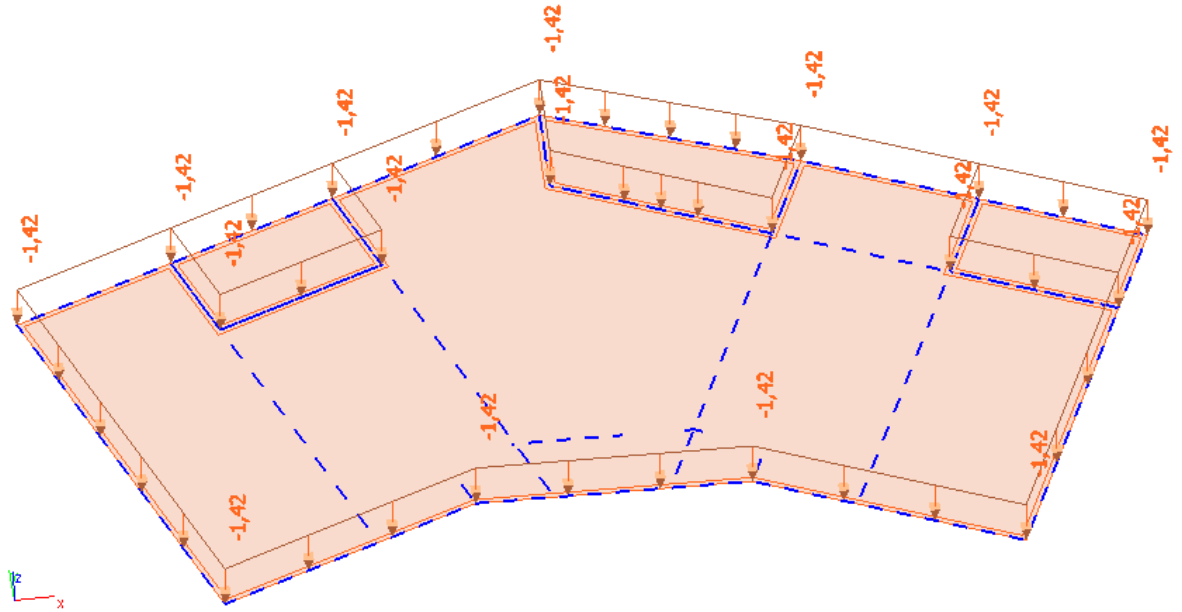
Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

**Odabrano: Q -385 $A_{s1}$ = 3,85 cm$^2$** -odabrana zbog pojednostavljenja kod izvođenja, jer je maksimalna odabrana armatura nad ležajevima ostalih pozicija ploča Q385, što će se viditi kod daljnjeg dimenzioniranja.

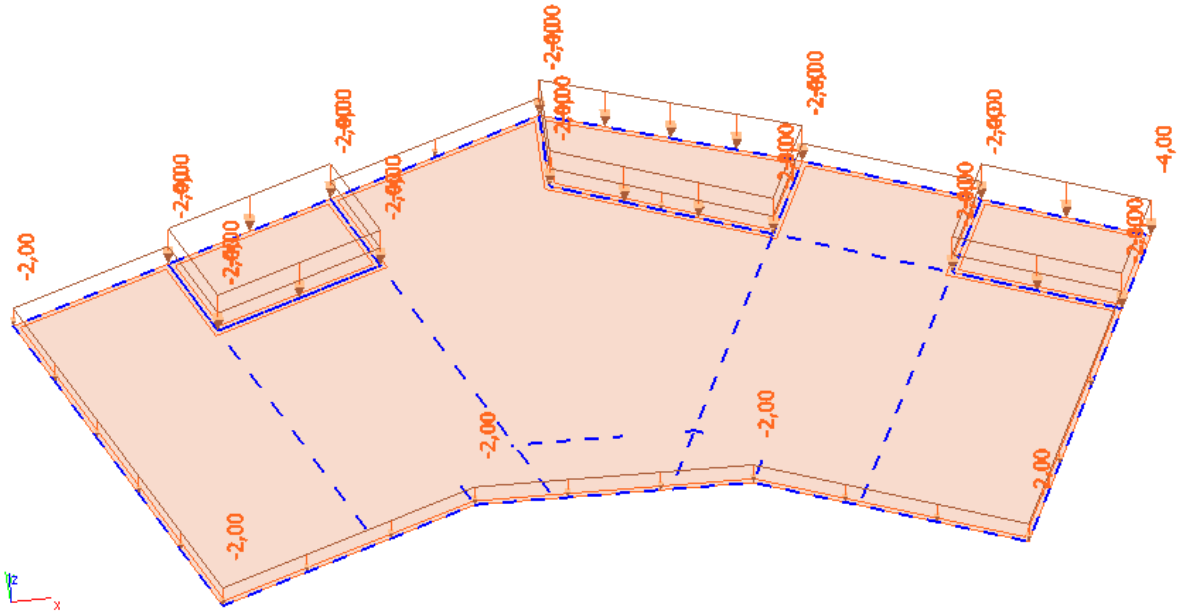
## 5.2 Pozicija 200,300,400,500

Ploče pozicija 200,300,400 i 500 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem tekstu, zbog jednostavnosti, prikazujemo samo ploču POZ200, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.

### 5.2.1 Prikaz opterećenja



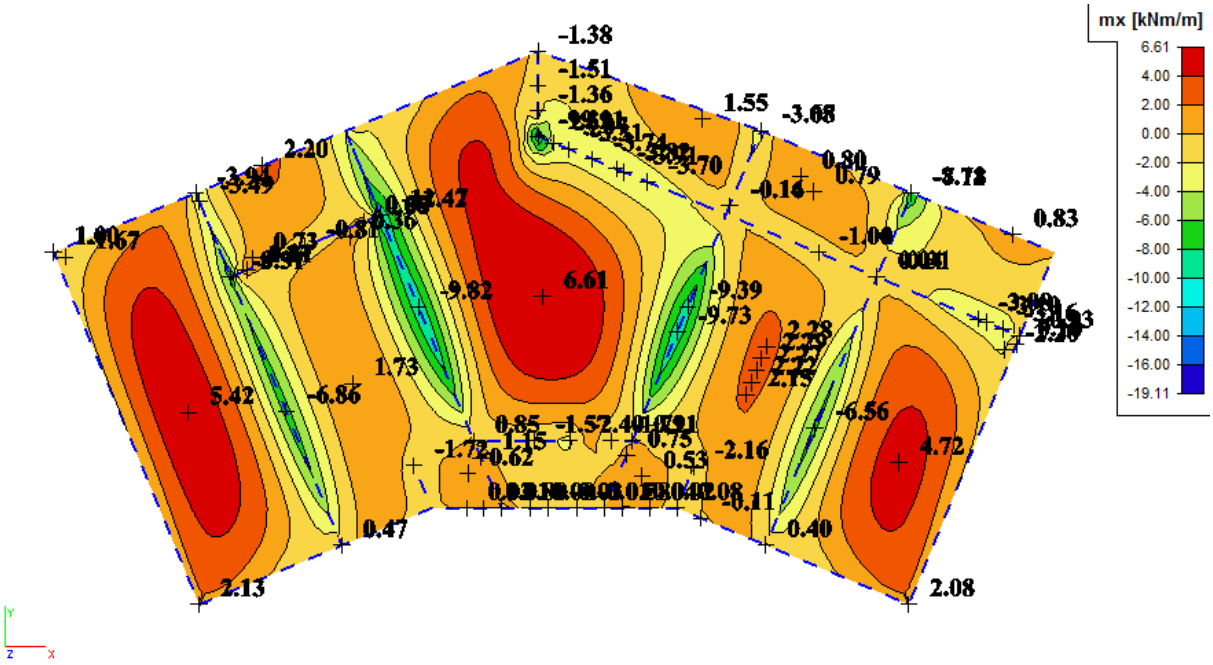

*Slika 37: POZ200 Dodatno stalno*



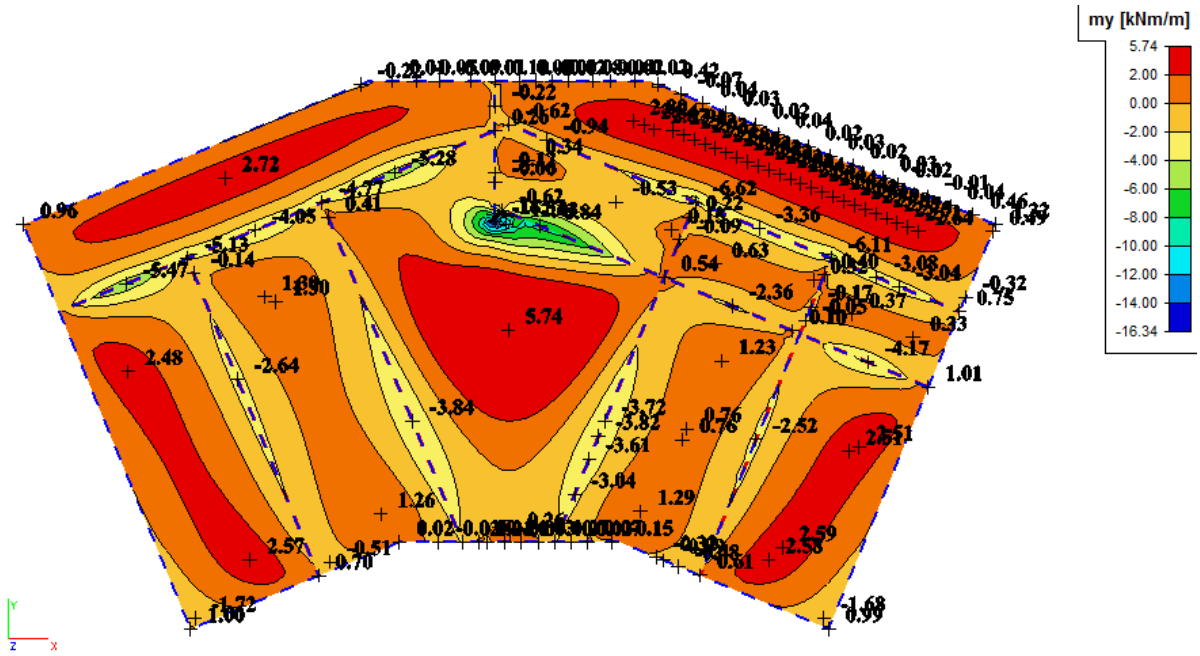

*Slika 38: POZ200 Pokretno opterećenje*

### 5.2.2 **Rezultati proračuna**

#### *5.2.2.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

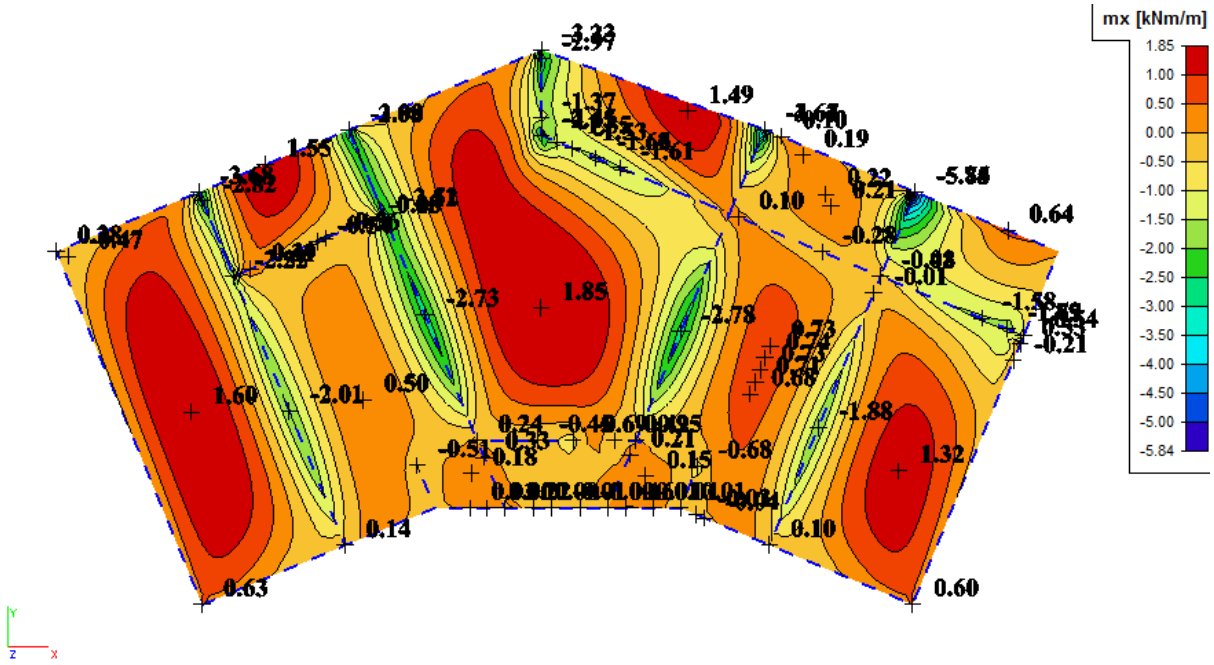



*Slika 39: POZ200 Moment savijanja Mx (kNm/m')*

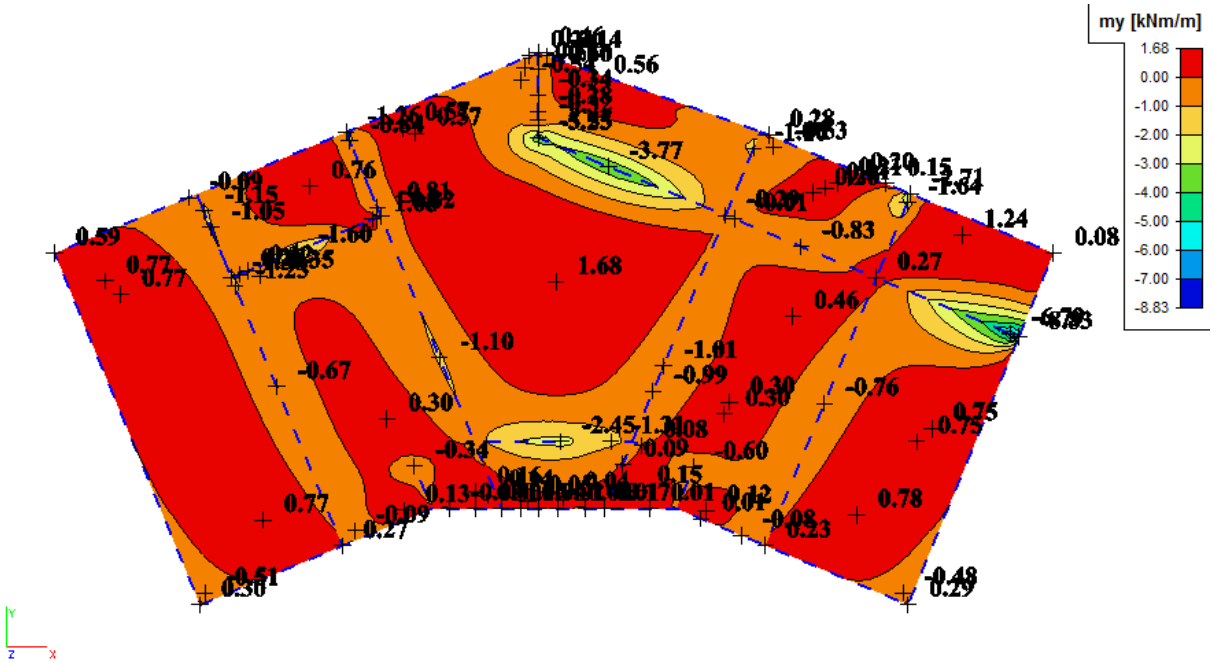



*Slika 40: POZ200 Moment savijanja My (kNm/m')*

### *5.2.2.2 Q – pokretno*




*Slika 41: POZ200 Moment savijanja Mx (kNm/m')*




*Slika 42: POZ200 Moment savijanja My (kNm/m')*

### 5.2.3 **Dimenzioniranje**

Beton C30/37

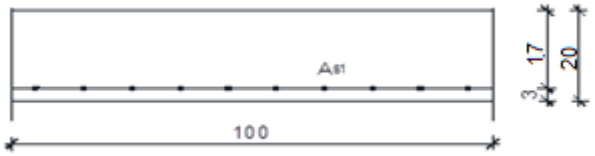
C30/37→ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 N/mm^2 = 2,00 kN/cm^2$

Armatura B500B

B500B→ $f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 N/mm^2 = 43,48 kN/cm^2$

Debljina ploče:

hpl =20cm; d1 = 3cm; d=17cm




*Slika 43: Presjek ploče u polju*

POLJE

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN:

GSN1= 1,35·G+1,5·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 6,61 + 1.5 \cdot 1,85 = 11,69 kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1169}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,020$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -0,9‰$ , $\zeta = 0,971$ , $\xi = 0,083$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1169}{0,971 \cdot 17 \cdot 43,48} = 1,63 cm^2$ - armaturu je potrebno povećati za 20% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 1,96 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left( \frac{2,9}{500} \right) \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

**Odabrano: Q-283 ($A_{s1}$ = 2,83 cm$^2$)**

LEŽAJ

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN:

GSN1= 1,35·G+1,5·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 19,11 + 1.5 \cdot 5,84 = 32,71 kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3271}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,00} = 0,057$

Očitano:

$\varepsilon_{s1} = 10 \,^{o}/_{oo} \quad \zeta = 0,947$
$\varepsilon_{c2} = -1,7 \,^{o}/_{oo} \quad \xi = 0,145$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3271}{0,947 \cdot 17 \cdot 43,48} = 4,67 cm^2$ - armaturu je potrebno umanjiti za 15-20%:

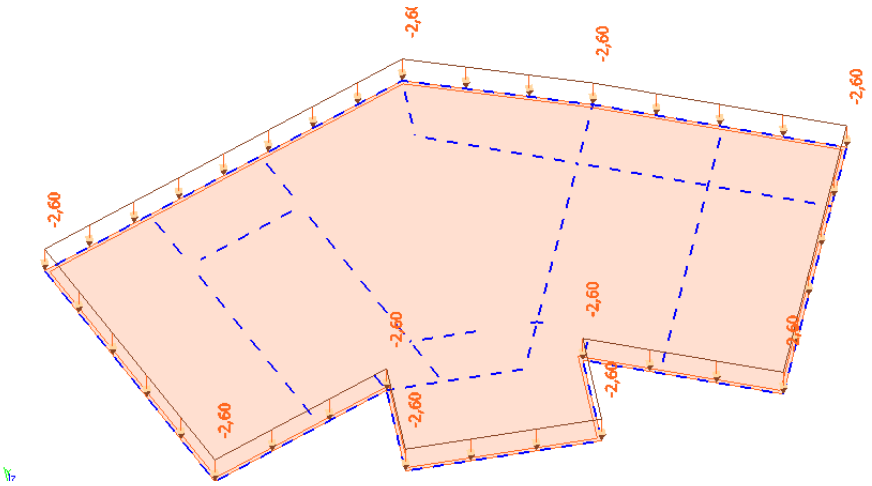
$A_{s1} = 3,72 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

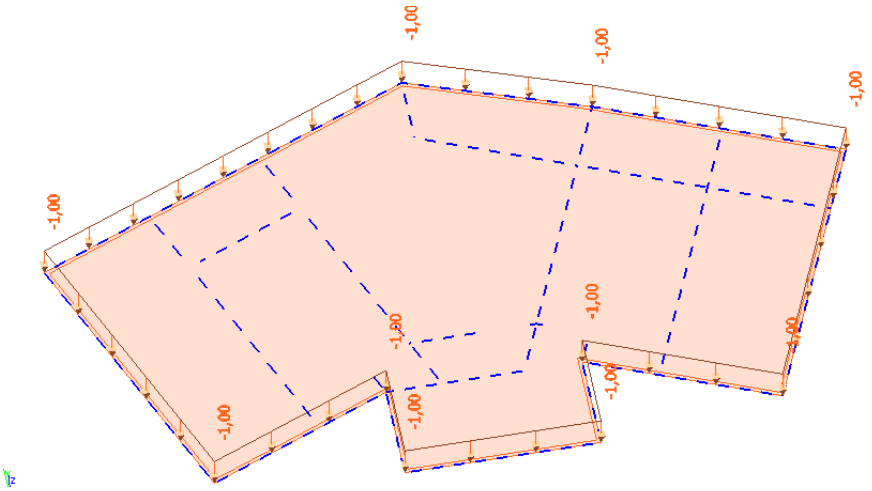
**Odabrano: Q -385 $A_{s1}$ = 3,85 cm$^2$**

## 5.3 Pozicija 600- krovna ploča

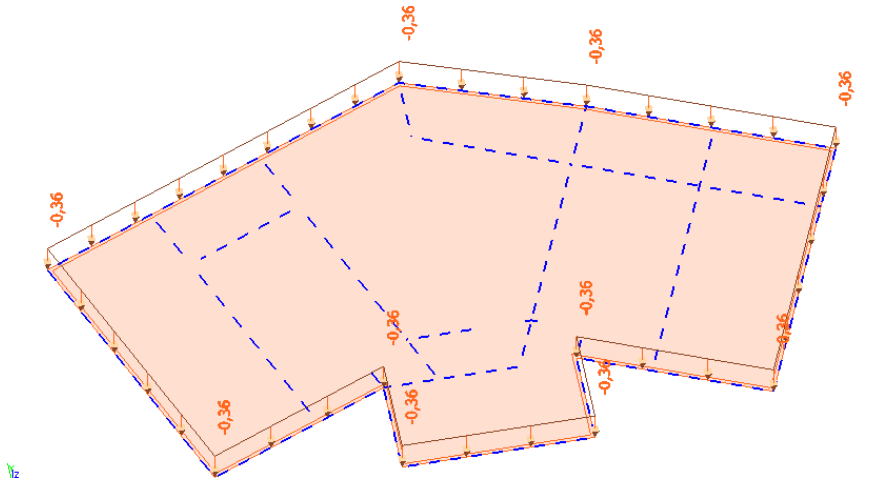
### 5.3.1 Prikaz opterećenja




*Slika 44: POZ600 Dodatno stalno*



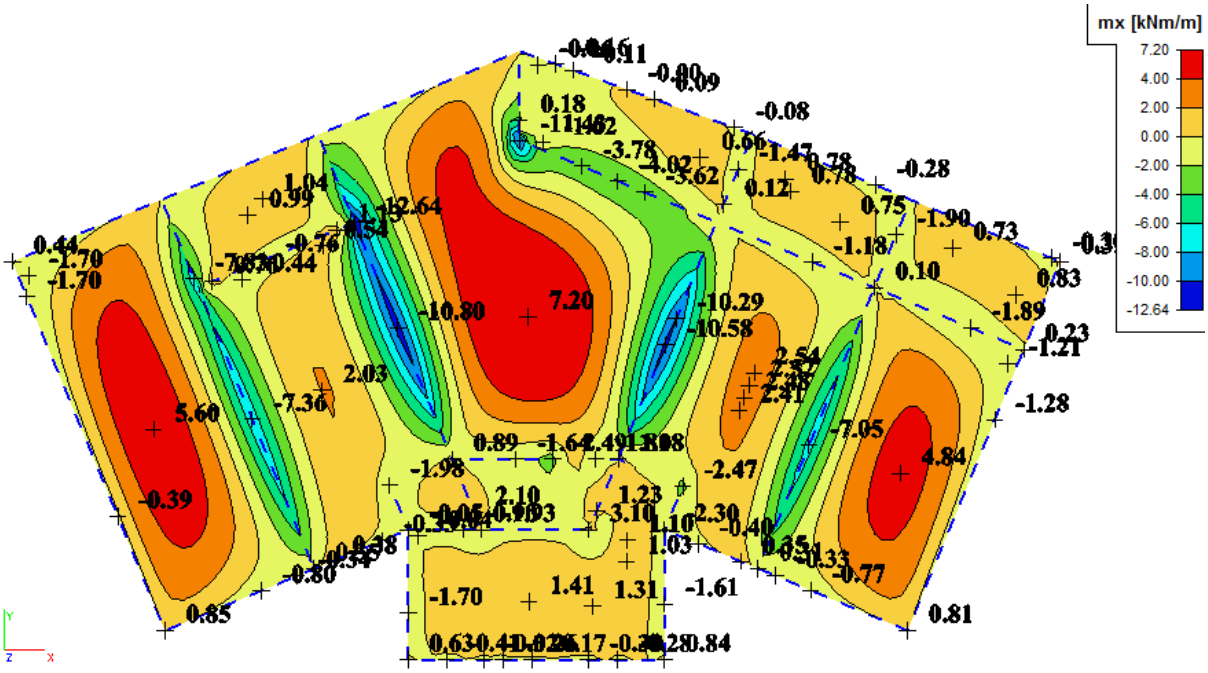

*Slika 45: POZ600 Pokretno opterećenje*



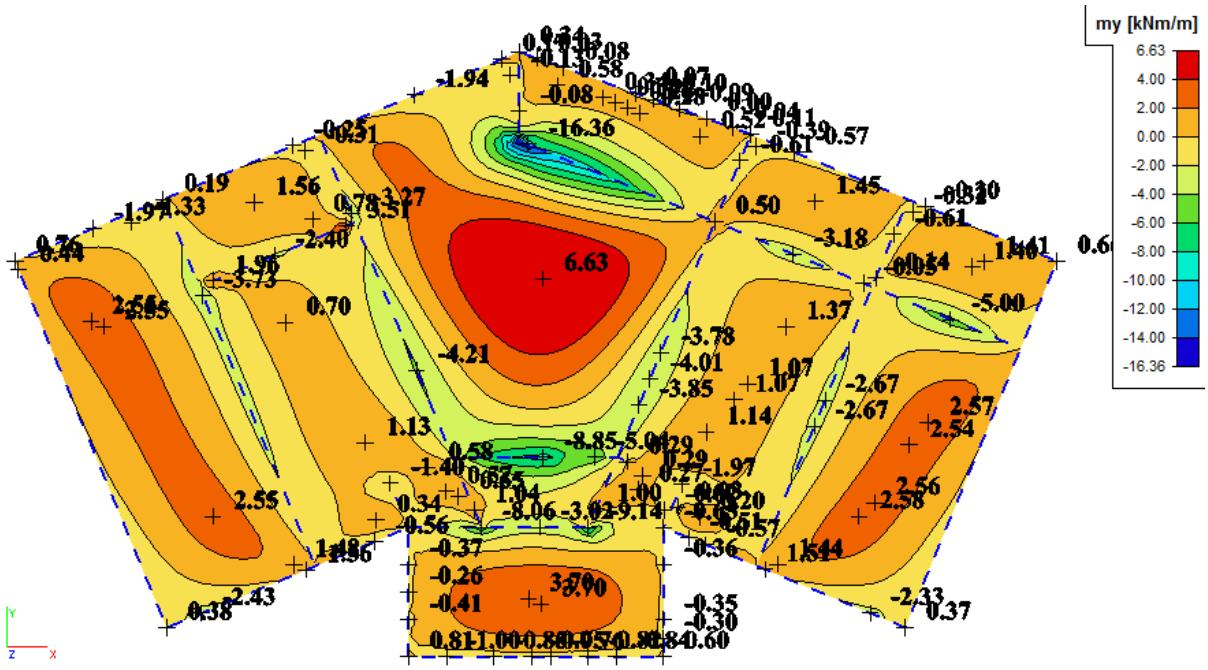

*Slika 46: POZ600 Opterećenje snijegom*

### 5.3.2 **Rezultati proračuna**

#### *5.3.2.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

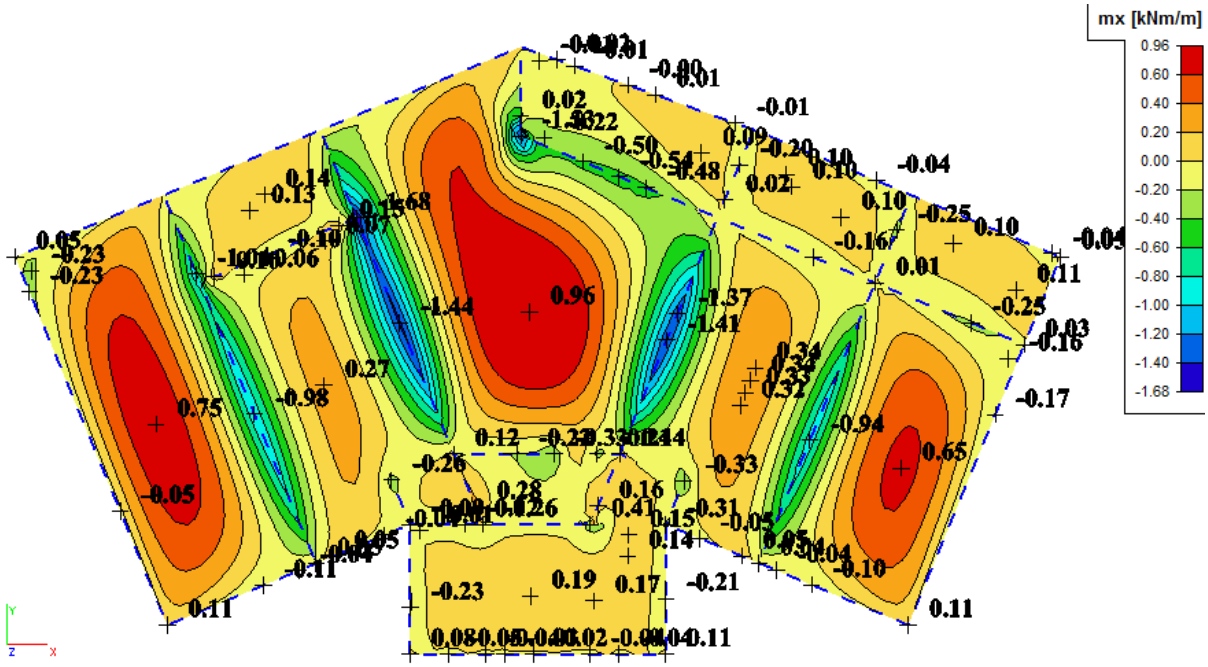



*Slika 47: POZ600 Moment savijanja Mx (kNm/m')*

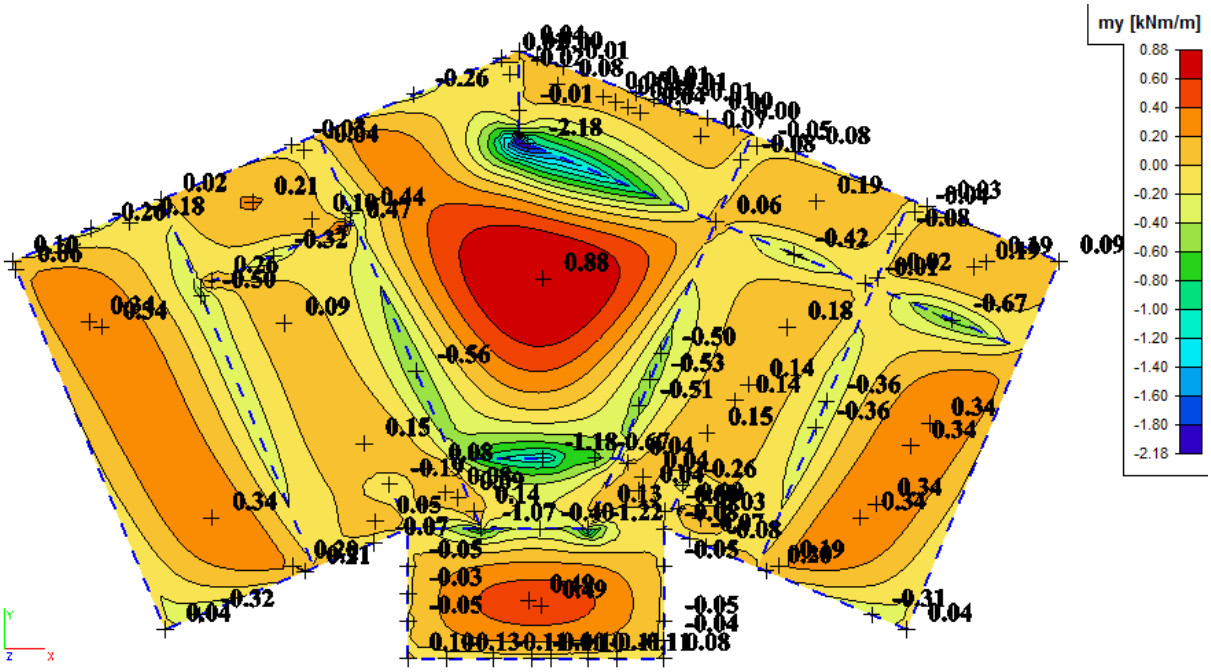



*Slika 48: POZ600 Moment savijanja My (kNm/m')*

### *5.3.2.2 Q – pokretno*

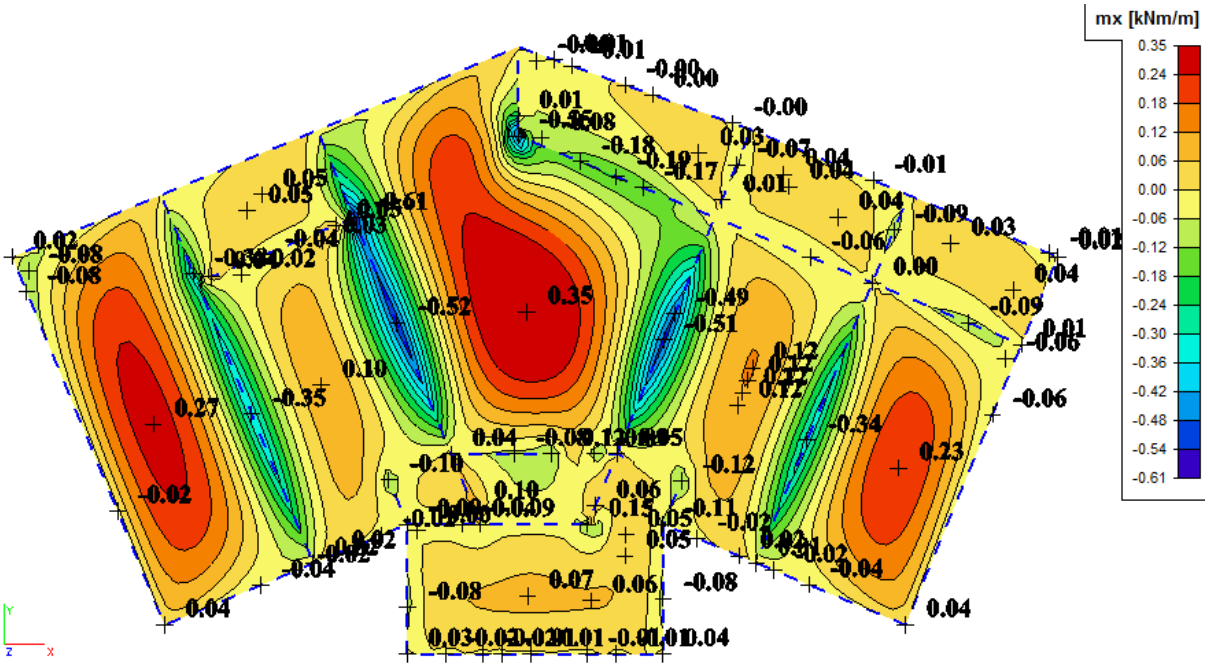



*Slika 49: POZ600 Moment savijanja Mx (kNm/m')*

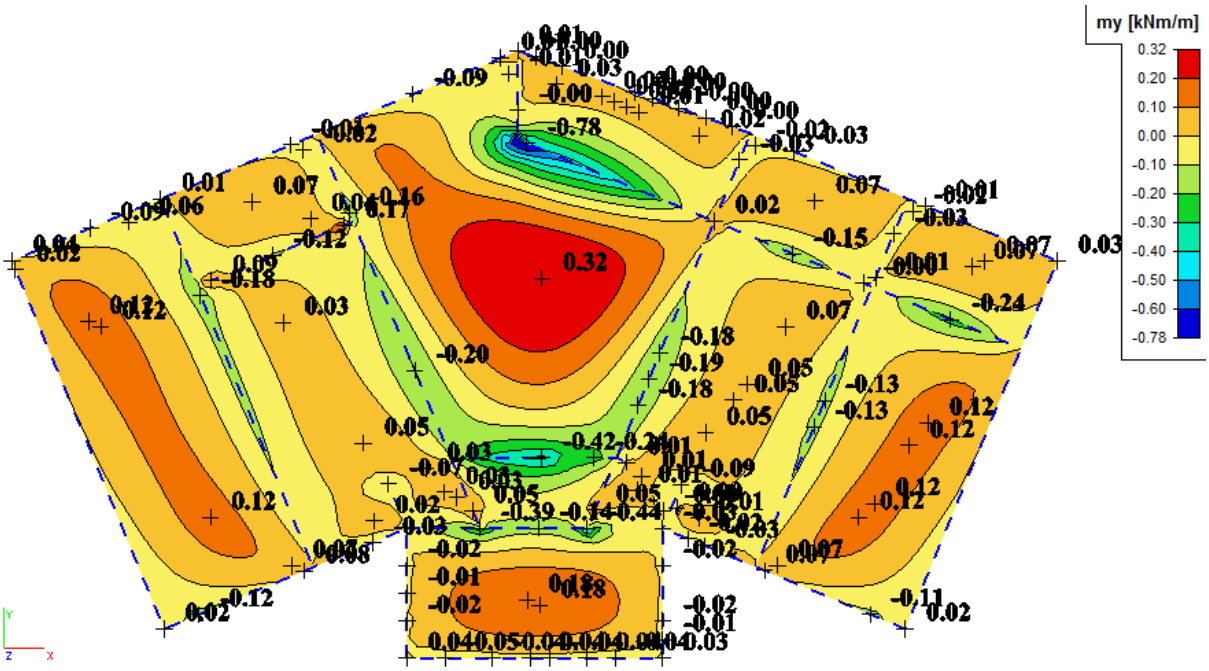



*Slika 50: POZ600 Moment savijanja My (kNm/m')*

### *5.3.2.3 Sn - snijeg*




*Slika 51: POZ600 Moment savijanja Mx (kNm/m')*




*Slika 52: POZ600 Moment savijanja My (kNm/m')*

### 5.3.3 **Dimenzioniranje**

Beton C30/37

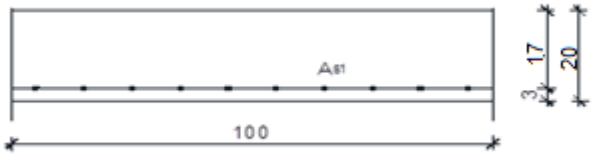
C30/37→ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,00N/mm^2 = 2,0kN/cm^2$

Armatura B500B

B500B→ $f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78N/mm^2 = 43,48kN/cm^2$

Debljina ploče:

hpl =20cm; d1 = 3cm; d=17cm




*Slika 53: Presjek ploče u polju*

POLJE

Mjerodavna kombinacija:

GSN1= 1,35·G+1,5·0,6·$S_n$+1,5·0,7·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 7,2 + 1.5 \cdot 0,6 \cdot 0,35 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot 0,96 = 11,0kNm/m$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1100}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,00} = 0,019$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -0,9‰$ , $\zeta = 0,971$ , $\xi = 0,083$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1100}{0,971 \cdot 17 \cdot 43,48} = 1,53 cm^2$ - armaturu je potrebno povećati za 20% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 1,84 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

**Odabrano: Q-283 ($A_{s1}$ = 2,83 cm$^2$)**

LEŽAJ

Mjerodavna kombinacija:

GSN1= 1,35·G+1,5·0,6·$S_n$+1,5·0,7·Q

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 12,64 + 1.5 \cdot 0,6 \cdot 0,61 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot 1,68 = 19,00 kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1900}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,0} = 0,033$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ , $\zeta = 0,952$ , $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1900}{0,952 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,7 cm^2$ - armaturu je potrebno umanjiti za 15-20%: $A_{s1} = 2,3 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 cm^2$

**Odabrano: Q -385 ($A_{s1}$ = 3,85 cm$^2$)**

## 5.4 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti za ploču POZ100

### 5.4.1 **Proračun pukotina**

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja (1,0·g + 1,0·Δg + 1,0·q).

$$M_{Ed} = 1,00 \cdot 7,2 + 1,00 \cdot 2,1 = 9,31 kNm/m'$$

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

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Armatura ploče donja zona: **Q-283** ($A_{s1} = 2,83$ cm$^2$/m)

b=100 (cm); h=20 (cm); d1=3 (cm); d=17 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm}$ = 2,9 MPa

$k_t$ = 0.4 ( dugotrajno opterećenje )

$E_s$ = 200 GPa – modul elastičnosti armature

$E_{cm}$ = 32,0 GPa (iz tablice razreda tlačne čvrstoće betona)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 2,83}} \right) = 3,3(cm)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{9,31 \cdot 100}{\left(17 - \frac{3,3}{3}\right) \cdot 2,83} = 20,69\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 206,9\left(MPa\right)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d_1} = \frac{2,83}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0.00377$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{206,9 - 0.4\frac{2,9}{0.00377}\left(1 + 6,25 \cdot 0.00377\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{206,9}{200000.00} \quad \rightarrow$$

$$\frac{-108,04}{200000.00} \leq \frac{124,14}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{124,14}{200000.00} = 0,000621$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}\left(mm\right)$$

$k_1$=0,8 – rebrasta armatura; $k_2$=0,5 – savijanje; *Φ=6 (mm), $k_3$ =3.4, $k_4$=0.425, c=30 mm*

$\rho_r$ - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \frac{6}{0.00377} = 102 + 315,65 = 417,65\left(mm\right)$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 417,65 \cdot 0.000621 = 0.26\left(mm\right) < 0.4\left(mm\right)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed}$ = 14,29 kNm

Armatura ploče gornja zona: **Q-385**, preklop ≥ 40 cm.

b=100 (cm); h=20 (cm);d1=3 (cm);d=17 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm}$ = 2,9 MPa

$k_t$ = 0.4 ( dugotrajno opterećenje )

$E_s$ = 200 GPa

$E_{cm}$ = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 3,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 3,85}} \right) = 2,63(cm)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{14,29 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,63}{3}\right) \cdot 3,85} = 23,02\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 230,2(MPa)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0.00513$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{230,2 - 0.4 \frac{2,9}{0.00513}(1 + 6,25 \cdot 0.00513)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{230,2}{200000.00} \quad \rightarrow$$

$$\frac{-3,17}{200000.00} \leq \frac{138,12}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{138,12}{200000.00} = 0,000691$$

Srednji razmak pukotina:

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

$k_1$=0,8 – rebrasta armatura; $k_2$=0,5 – savijanje; $\Phi$=7 *(mm)*, $k_3$ =3.4, $k_4$=0.425, *c=30 mm*

$\rho_r$ - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \frac{7}{0.00513} = 333,97 (mm)$$

Karakteristična širina pukotine:

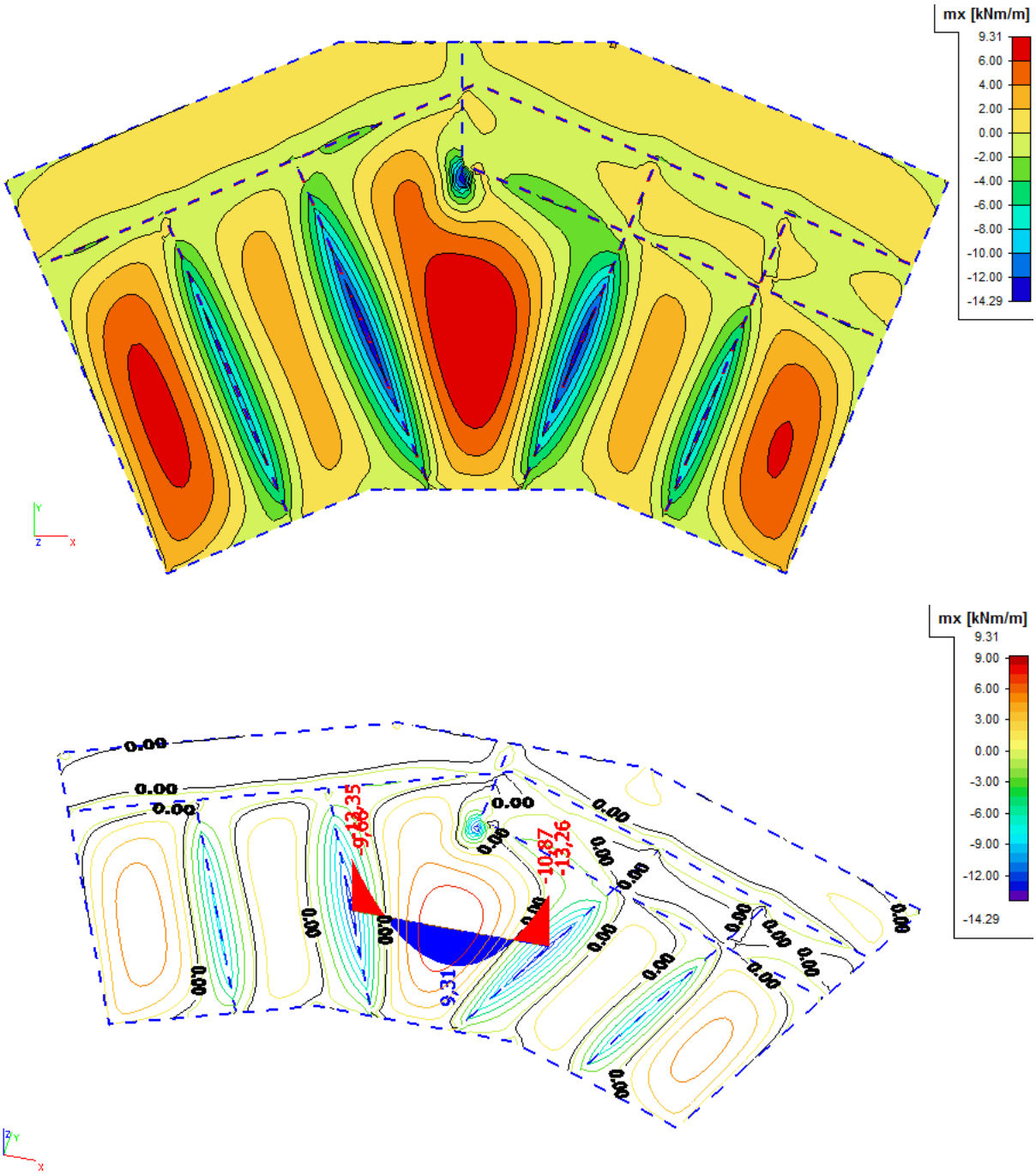
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 333,97 \cdot 0.000691 = 0.23 (mm) < 0.3 (mm)$$

Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

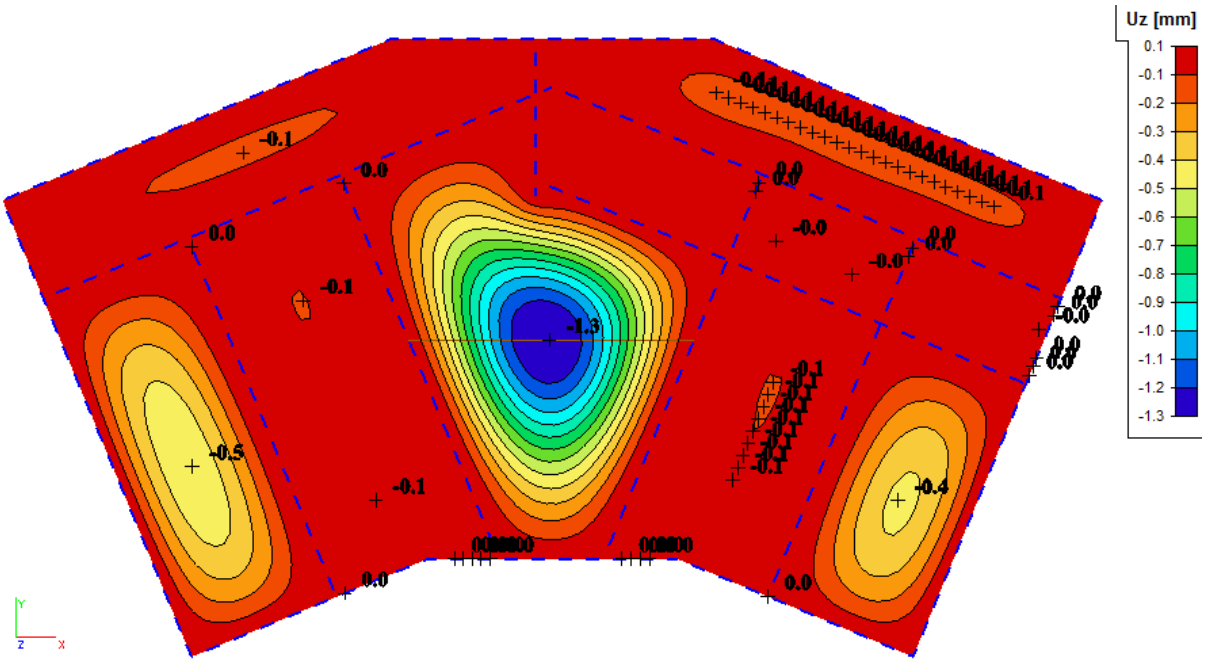
### 5.4.2 **Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba)**

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 1,0 \cdot q$$




*Slika 54: Prikaz momenta savijanja Mx*




*Slika 55: Kontrola progiba za ploču POZ100; Ec=31GPa; l=619 cm*

Granični progib: $\nu_{\lim} = \frac{L}{250} = \frac{619}{250} = 2,48\ cm$

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

$$E_{cm} = 22 \cdot ((f_{ck} + 8)/10)^{0,3} = 22 \cdot (\frac{30+8}{10})^{0,3} \approx 32000\ MPa$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

Čelik: B500B; $E_s$=200.0 GPa

$$\alpha_{eI} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32} = 6,25 \qquad \nu_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_{l1} + M_{l2}| / |M_p| = |13,35 + 13,26| / 9,31 = 2,86$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2,86) = 0.0743$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$= \frac{100 \cdot 20^3}{12} + 6,25 \cdot \left[ 2,83 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left( \frac{20}{2} - 3 \right)^2 \right] =$$

$$= 66666,67 + 450,68 = 67533,35\ cm^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 9,31\ kNm$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 32\ GN/m^2 = 3200.0\ kN/cm^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{9,31 \cdot 100}{3200 \cdot 67533,35} = 0.00000431\ \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 2,83}{100} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{6,25 \cdot 2,83}} \right) = 2,28\ cm$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$= \frac{100 \cdot 2,28^3}{12} + (100 \cdot 2,28) \cdot \left( \frac{2,28}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot \left[ 2,83 \cdot (17 - 2,28)^2 + 0,0 \cdot (2,28 - 3)^2 \right]$$

$$= 4227,58\ cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{9,31 \cdot 100}{3200 \cdot 4227,58} = 0,0000688 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} \quad ; \quad f_{ck} = 30.0\ MPa$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

$$M_{cr} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 20^2}{6} = 1933,33\ kNcm = 19,33\ kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1933}{\left( 17 - \frac{2,28}{3} \right) \cdot 2,83} = 42,06 \frac{kN}{cm^2} = 420,6\ MPa$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{9,31 \cdot 100}{\left(17 - \frac{2,28}{3}\right) \cdot 2,83} = 20,26 \frac{kN}{cm^2} = 202,6\ MPa$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000431 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000688 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 0 - koeficjent\ raspodijele$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0.0 \cdot 0.0000031 + (1 - 0.0) \cdot 0,0000688 = 0,0000688 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.0743$$

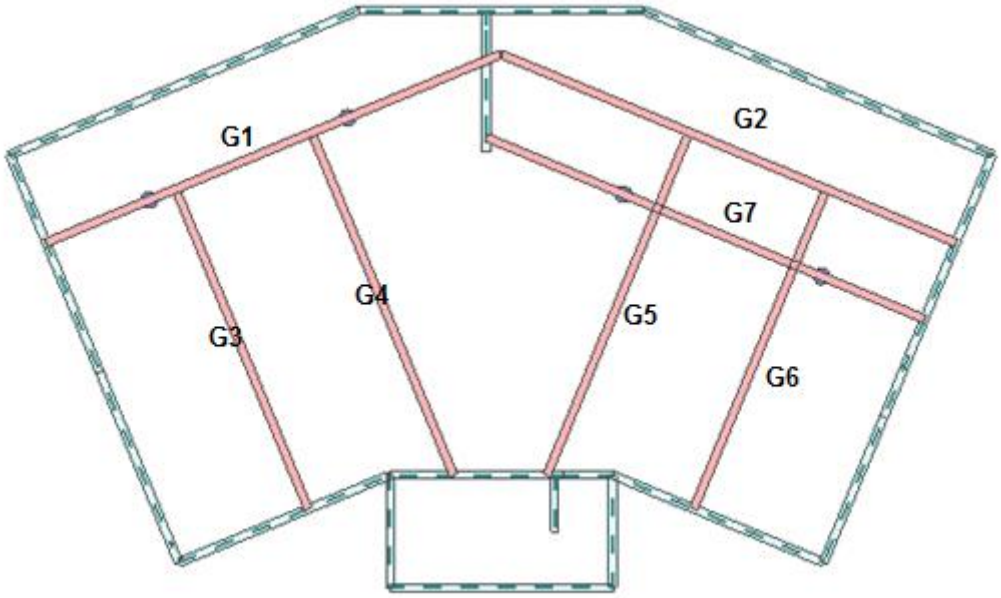
$$L = 619,0\ cm$$

$$\nu_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.0743 \cdot 619^2 \cdot 0.0000688 = 1,96\ cm < \nu_{\lim} = 2,48\ cm$$

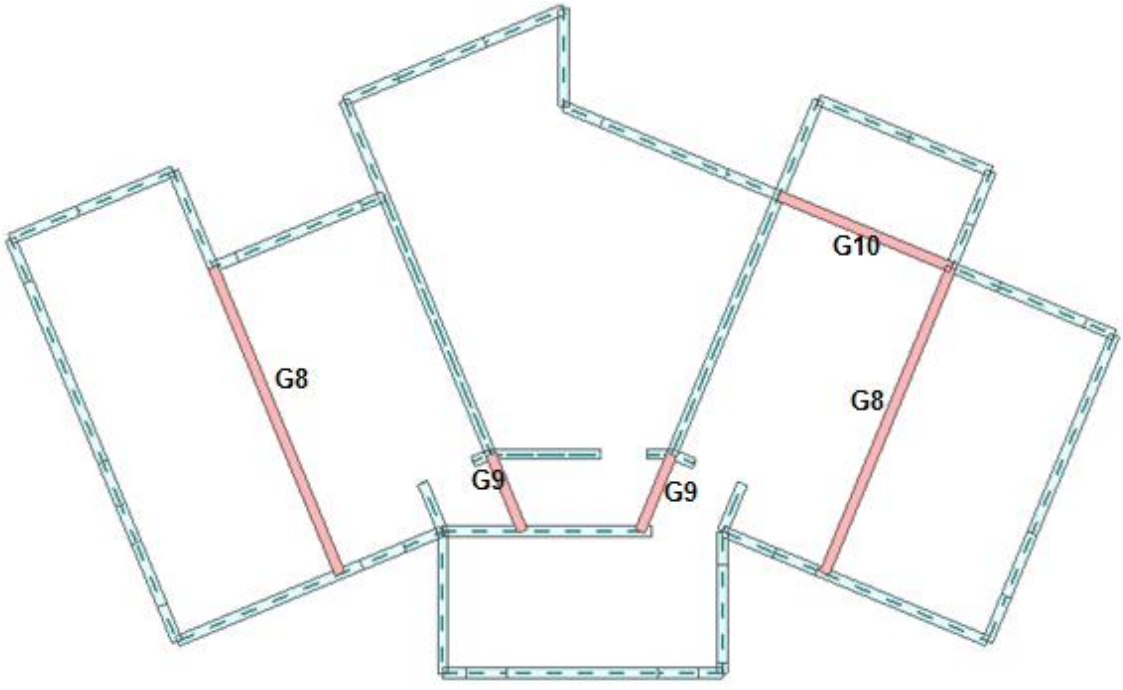
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

# 6 PRORAČUN AB GREDA

## 6.1 Plan pozicija




*Slika 56: POZ100 Plan pozicija greda – strop podruma*

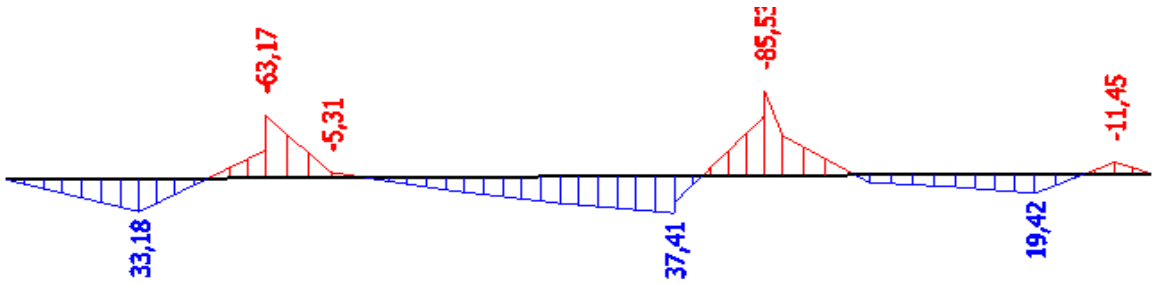



*Slika 57: POZ200/300/400/500Plan pozicija greda – strop prizemlja,1.,2.,3. i 4. kata*

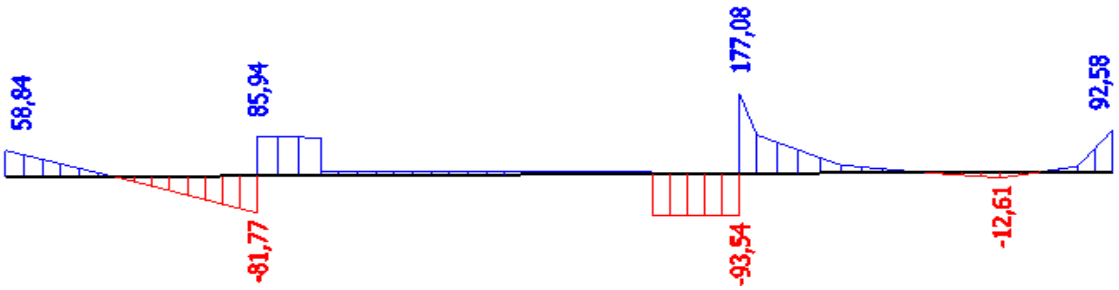
## 6.2 Dimenzioniranje grede G1

### 6.2.1 Rezultati proračuna

#### *6.2.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

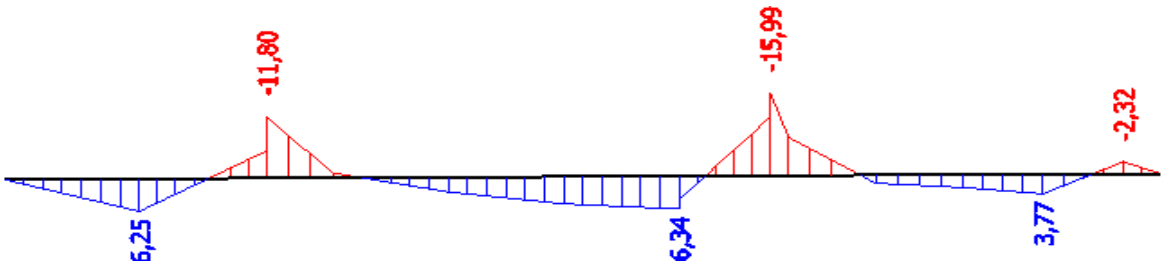



*Slika 58: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)*

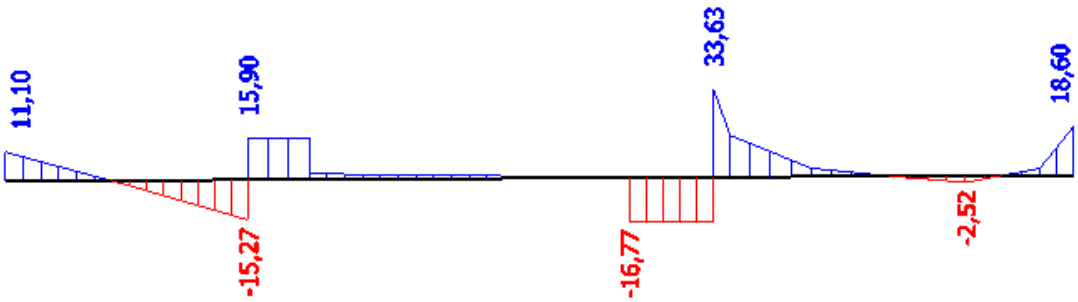



*Slika 59: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kNm)*

#### *6.2.1.2 Q – pokretno*




*Slika 60: GREDA G1- Moment savijanja My (kN)*




*Slika 61: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kNm)*

### 6.2.2 **Dimenzioniranje**

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN1 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

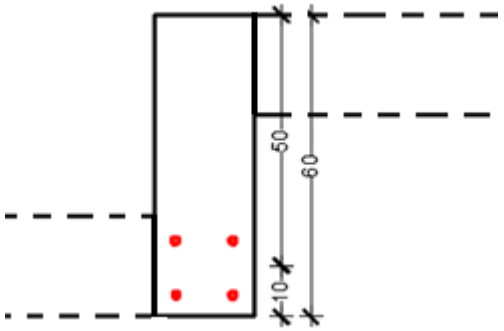
Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm

h = 60,0 cm

$d_1$ = 10,0cm

d = h – $d_1$ = 50,0 cm




*Slika 62: Poprečni presjek grede G1 u polju*

Materijal:

Beton C30/37

$f_{ck}$ = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$

$f_{cd}$ = 20,00 MPa

Čelik B500B

$f_{yk}$ = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$

$f_{yd}$ = 434,8 MPa

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 37,41 + 1.5 \cdot 6,34 = 59,67 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{59,67 \cdot 100}{20 \cdot 50^2 \cdot 2,0} = 0,061 \rightarrow 0,065$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰ \quad \varepsilon_{s2} = 1,6‰ \quad \xi = 0,158 \quad \zeta = 0,950$

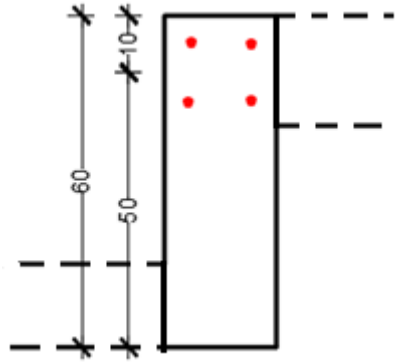
Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5967}{0,950 \cdot 50 \cdot 43,5} = 2,97 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 50 = 1,38 cm^2$

Odabrana armatura: **4 $\Phi$ 14** ($A_{s1}$= 6,16 $cm^2$)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 85,53 + 1.5 \cdot 15,99 = 134,45 kNm/m'$$




*Slika 63: Popečni presjek grede G1 nad ležajem*

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13445}{20 \cdot 50^2 \cdot 2,0} = 0,134 \rightarrow 0,134$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 2,9‰$ $\xi = 0,225$ $\zeta = 0,910$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13445}{0,910 \cdot 50 \cdot 43,5} = 6,78 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 50 = 1,38 cm^2$

Odabrana armatura: **4 $\Phi$ 16** ($A_{s1}$= 8,04 $cm^2$)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$V_{Ed} = 1,35 \cdot 177,08 + 1,5 \cdot 33,63 = 289,50kN$

C 30/37 $\tau_{rd}$= 0,34 N/mm$^2$ = 0,034 kN/cm$^2$ – računska posmična čvrstoća

$\rho_{\min} = 0,0011$

$A_{s1}$ = 6,16 cm$^2$

$A_{s2}$ = 8,04 cm$^2$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1.6 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.6$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 14,2cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{14,2}{1200} = 0.01$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.6 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 500 = 59658,86N = 59,66kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,6^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.39$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,39 \cdot 200 \cdot 500 = 38797,94N = 38,8kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 20 \cdot 200 \cdot 500,0 = 550000N = 550,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 289,50kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0,5 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0,5V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 15.0cm\} = \min\{0,8 \cdot 55 = 44; 15.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 15.0cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

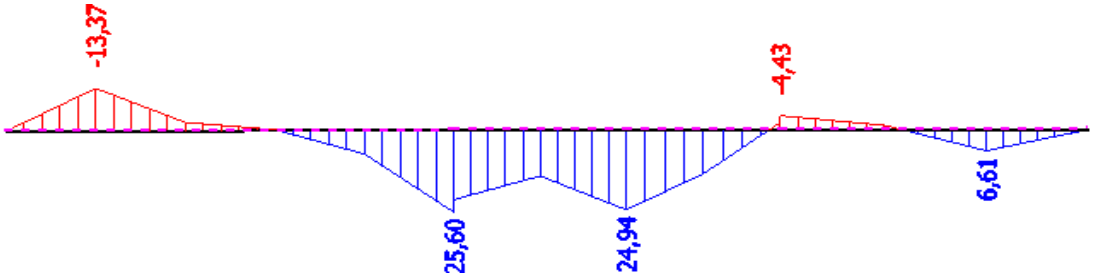
Odabrane spone ∅8 ($A_{sw}$=0.5 $cm^2$):

**Odabrane spone ∅8/20, B500B**

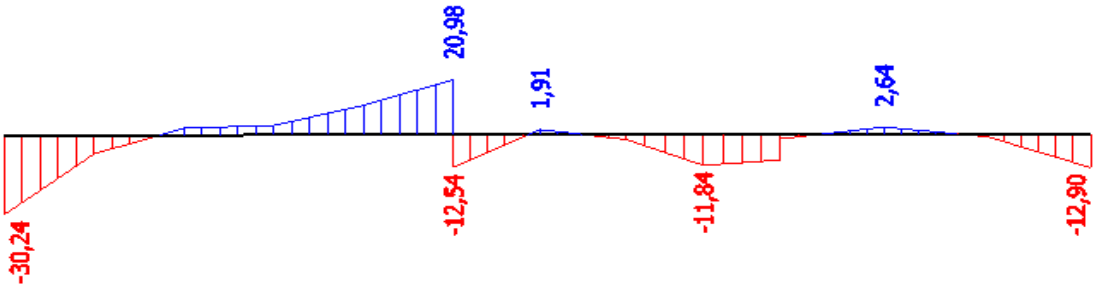
## 6.3 Dimenzioniranje grede G2

### 6.3.1 Rezultati proračuna

#### *6.3.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

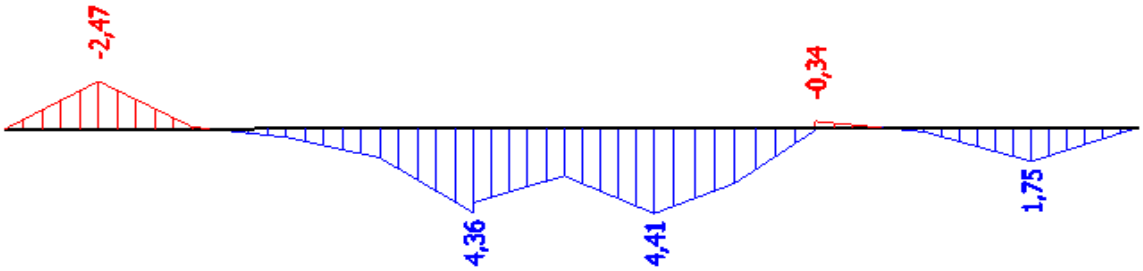



*Slika 64: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)*

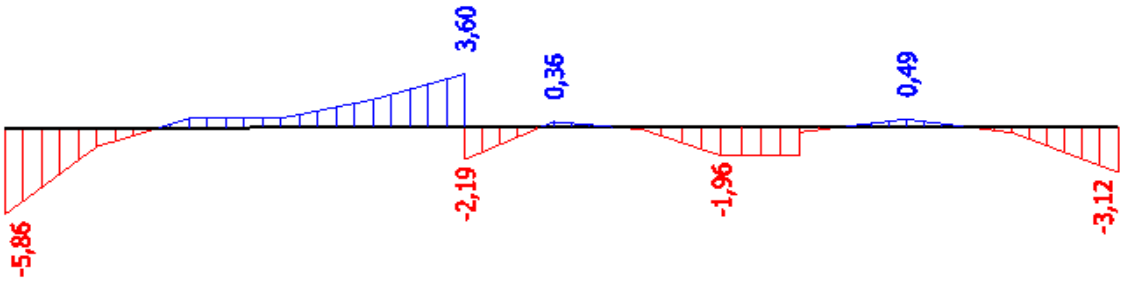



*Slika 65: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)*

#### *6.3.1.2 Q – pokretno*




*Slika 66: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)*




*Slika 67: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)*

### 6.3.2 **Dimenzioniranje**

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN1 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

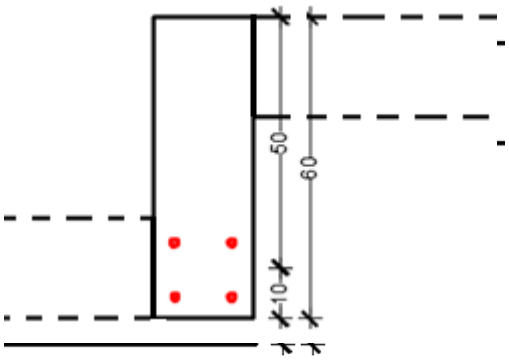
Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm

h = 60,0 cm

$d_1$ = 10,0cm

d = h – $d_1$ = 50,0 cm




*Slika 68: Poprečni presjek grede G2 u polju*

Materijal:

Beton C30/37

$f_{ck}$ = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$

$f_{cd}$ = 20,00 MPa

Čelik B500B

$f_{yk}$ = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$

$f_{yd}$ = 434,8 MPa

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 25,6 + 1.5 \cdot 4,36 = 41,1 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{41,1 \cdot 100}{20 \cdot 50^2 \cdot 2,0} = 0,04 \rightarrow 0,042$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0$ ‰ $\varepsilon_{s2} = 1,2$‰ $\xi = 0,107$ $\zeta = 0,962$

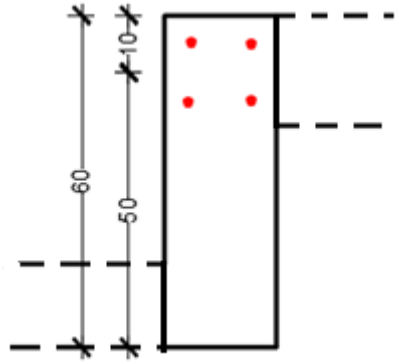
Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4110}{0,962 \cdot 50 \cdot 43,5} = 1,96 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 50 = 1,38 cm^2$

Odabrana armatura: **4 $\Phi$ 14** ($A_{s1}$= 6,16 $cm^2$) -Odabrana armatura kao na gredi G1!

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 13,37 + 1.5 \cdot 2,47 = 21,75 kNm/m'$$




*Slika 69: Popečni presjek grede G2 nad ležajem*

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2175}{20 \cdot 50^2 \cdot 2,0} = 0,02 \rightarrow 0,025$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 0,9‰$ $\xi = 0,083$ $\zeta = 0,971$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2175}{0,971 \cdot 50 \cdot 43,5} = 1,03 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 50 = 1,38 cm^2$

Odabrana armatura: **4 *Φ* 14** ($A_{s1}$= 6,16 $cm^2$)

-Odabrana armatura kao na gredi G1!

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$V_{Ed} = 1,35 \cdot 30,24 + 1,5 \cdot 5,86 = 49,61kN$

C 30/37 $\tau_{rd}$= 0,34 N/mm$^2$ = 0,034 kN/cm$^2$ – računska posmična čvrstoća

$\rho_{\min} = 0,0011$

$A_{s1}$ = 6,16 cm$^2$

$A_{s2}$ = 6,16 cm$^2$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1.6 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.6$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 12,32cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{12,32}{1200} = 0,01$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.6 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 500 = 59658,86N = 59,66kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,6^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.39$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,39 \cdot 200 \cdot 500 = 38797,94N = 38,8kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 20 \cdot 200 \cdot 500,0 = 550000N = 550kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 49,61kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.09 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.09 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 15.0cm\} = \min\{0,8 \cdot 50 = 40; 15.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 15.0cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

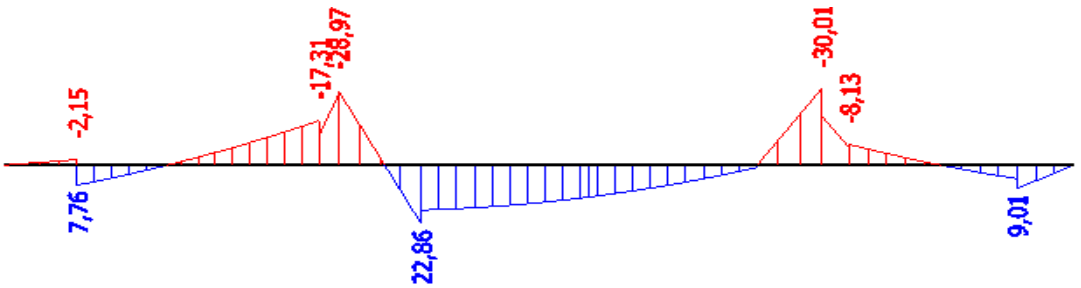
Odabrane spone ∅8 ($A_{sw}$=0.5 $cm^2$):

**Odabrane spone ∅8/20, B500B**

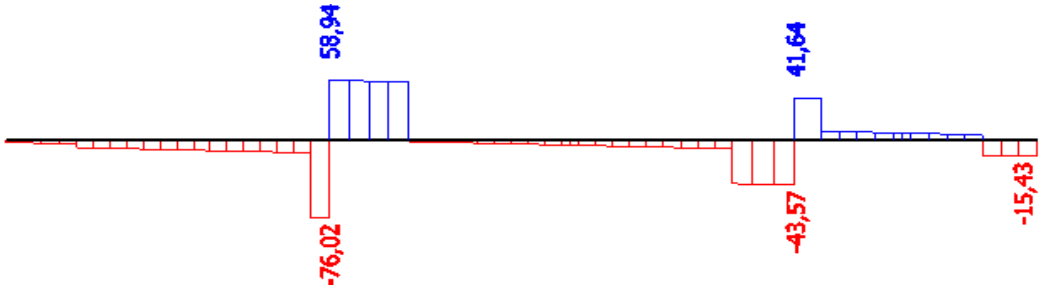
## 6.4 Dimenzioniranje grede G7

### 6.4.1 Rezultati proračuna

#### *6.4.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)*

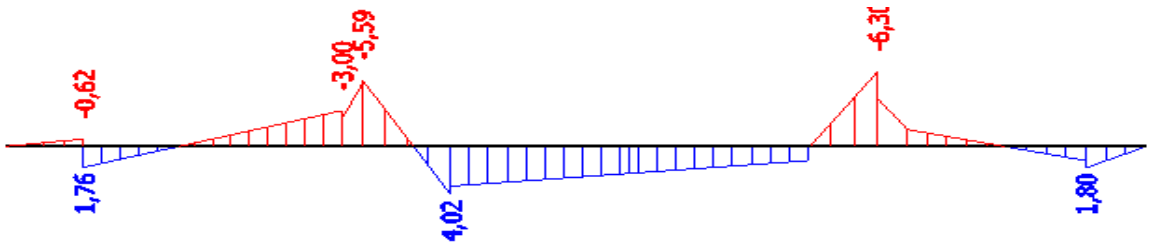



*Slika 70: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)*

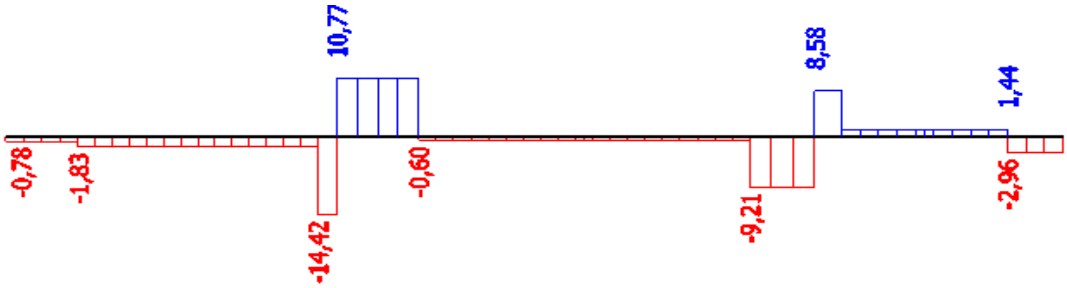



*Slika 71: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)*

#### *6.4.1.2 Q- pokretno*




*Slika 72: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)*




*Slika 73: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)*

### 6.4.2 **Dimenzioniranje**

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN1 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

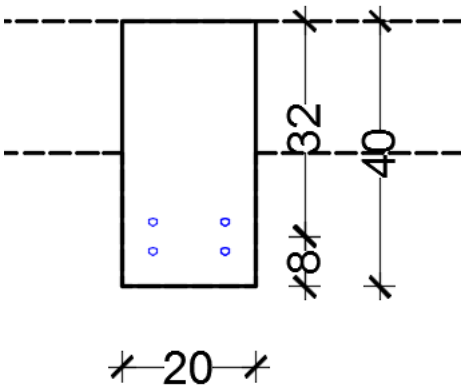
Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm

h = 40,0 cm

$d_1$ = 8,0cm

d = h – $d_1$ = 32,0 cm




*Slika 74: Poprečni presjek grede G7 u polju*

Materijal:

Beton C30/70

$f_{ck}$ = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$

$f_{cd}$ = 20,00 MPa (uobičajena kombinacija)

Čelik B500B

$f_{yk}$ = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$

$f_{yd}$ = 434,8 MPa (uobičajena kombinacija)

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 22,86 + 1,5 \cdot 4,02 = 36,89 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{36,89 \cdot 100}{20 \cdot 32^2 \cdot 2,00} = 0,09 \rightarrow 0,094$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰ \quad \varepsilon_{s2} = 2,1‰ \quad \xi = 0,175 \quad \zeta = 0,934$

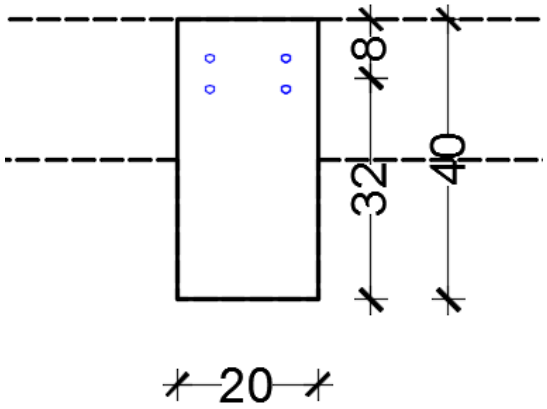
Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3689}{0,934 \cdot 32 \cdot 43,5} = 2,84 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 35 = 0,97 cm^2$

Odabrana armatura: **4 *Φ* 14** ($A_{s1}$= 6,16 $cm^2$)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 30,01 + 1.5 \cdot 6,3 = 49,96 kNm/m'$$




*Slika 75: Poprečni presjek grede G7 nad ležajem*

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4996}{20 \cdot 32^2 \cdot 2,0} = 0,12 \rightarrow 0,12$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 2,6‰$ $\xi = 0,206$ $\zeta = 0,919$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4996}{0,919 \cdot 32 \cdot 43,5} = 3,9 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 35 = 0,97 cm^2$

Odabrana armatura: **4 *Φ* 16** ($A_{s1}$= 6,16 $cm^2$)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$V_{Ed} = 1,35 \cdot 76,02 + 1,5 \cdot 14,42 = 124,26kN$

C 30/37 $\tau_{rd}$= 0,34 N/mm$^2$ = 0,034 kN/cm$^2$ – računska posmična čvrstoća

$\rho_{\min} = 0,0011$

$A_{s1}$ = 6,16cm$^2$

$A_{s2}$ = 6,16 cm$^2$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 12,32cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{7,1}{800} = 0,0154$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.79 \cdot \left(100 \cdot 0.0154 \cdot 25\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 320 = 46419,58N = 46,42kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,79^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.46$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,46 \cdot 200 \cdot 320 = 29440N = 29,44kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 20 \cdot 200 \cdot 320,0 = 352000N = 352,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 124,26kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.35 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.35 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 15.0\,cm\} = \min\{0,8 \cdot 32 = 25,6; 15.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 15.0\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C\,30/37)$$

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

Odabrane spone ∅8 ($A_{sw}$=0.5 $cm^2$):

**Odabrane spone ∅8/20, B500B**

## 6.5 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti za karakerističnu gredu G1

### 6.5.1 **Proračun pukotina**

Najveći moment u polju: $M_{Ed} = 1,0 \cdot M_{g+\Delta g} + 1,0 \cdot M_q$

$M_{Ed} = 1,0 \cdot 37,41 + 6,34 = 43,75\ kNm$

Granično stanje širina pukotina biti će zadovoljeno ako vrijedi:

$$w_k < w_g$$

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0{,}4$ mm (EC-2 – uobičajena sredina)

vlačna armatura za polje je **4 Φ 14** ($A_{s1}$=6,16 cm$^2$)

b=20 (cm); h=60 (cm); d=50 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm}$ = 2,9 MPa

$k_t$ = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

$E_s$ = 200 GPa

$E_{cm}$ = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,25 \cdot 6,16}{20}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 50}{6,25 \cdot 6,16}}\right) = 12,08\ cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{43,75 \cdot 100}{\left(50 - \frac{12,08}{3}\right) \cdot 6,16} = 15,73\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 157,3\left(MPa\right)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{6,16}{20 \cdot 2,5 \cdot 10} = 0.012$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{157,3 - 0.4\frac{2,9}{0.012}\left(1 + 6,25 \cdot 0.012\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{157,3}{200000.00} \quad \rightarrow \frac{53,38}{200000.00} \leq \frac{94,38}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{94,38}{200000.00} = 0,00047$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}\left(mm\right)$$

$k_1$=0,8 – rebrasta armatura; $k_2$=0,5 – savijanje; $\Phi$=14 *(mm), $k_3$ =3.4, $k_4$=0.425, c=35 mm*

$\rho_r$ - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 35 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425\frac{14}{0.012} = 317,33\left(mm\right)$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 317,33 \cdot 0.00047 = 0.15\left(mm\right) < 0.4\left(mm\right)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

**Najveći moment na ležaju:** $M_{sd} = 1,0 \cdot 85,53 + 1,0 \cdot 15,99 = 101,52\ kNm$

Vlačna armatura za ležaj je **4Φ16** ($A_s$=8,04m$^2$)

b=20 (cm); h=60 (cm); d=50 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = $f_{ctm}$ = 2,9 MPa

$k_t$ = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

$E_s$ = 200 GPa,

$E_{cm}$ = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,25 \cdot 8,04}{20}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 50}{6,25 \cdot 8,04}}\right) = 13,54\ cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{101,52 \cdot 100}{\left(50 - \frac{13,54}{3}\right) \cdot 8,04} = 26,75\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 267,5\left(MPa\right)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{8,04}{20 \cdot 2,5 \cdot 10} = 0.016$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{267,5 - 0.4\frac{2,9}{0.016}\left(1 + 6,25 \cdot 0.016\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{267,5}{200000.00}$$

$$\rightarrow \frac{187,75}{200000.00} \geq \frac{160,5}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{187,75}{200000.00} = 0,00094$$

Srednji razmak pukotina:

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

$k_1$=0,8 – rebrasta armatura; $k_2$=0,5 – savijanje; $\Phi$=16 *(mm), $k_3$ =3.4, $k_4$=0.425, c=34 mm*

$\rho_r$ - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 34 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \frac{16}{0.016} = 285,6 (mm)$$

Karakteristična širina pukotine:

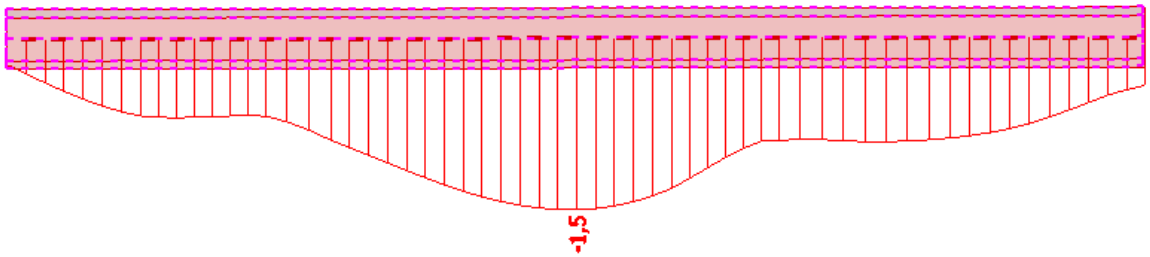
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 285,6 \cdot 0.00098 = 0.28 (mm) < 0.3 (mm)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

### 6.5.2 **Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba)**

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 1,0 \cdot q$$




*Slika 76: Kontrola progiba grede; l=1194 cm*

Granični progib: $$\nu_{\lim} = \frac{L}{250} = \frac{1194}{250} = 4,78\ cm$$

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

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000\ MPa$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

Čelik: B500B; $E_s$=200.0 GPa

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32} = 6,25 \qquad \nu_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_{l1} + M_{l2}| / |M_p| = |74,97 + 101,52| / 43,75 = 4,00$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 4,00) = 0.0624$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

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

$$= \frac{20 \cdot 60^3}{12} + 6,25 \cdot \left[ 6,16 \cdot \left( \frac{60}{2} - 10 \right)^2 + 8,04 \cdot \left( \frac{60}{2} - 10 \right)^2 \right] =$$

$$= 395500,00\ cm^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 43,75\ kNm$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 32\ GN/m^2 = 3200.0\ kN/cm^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{4375 \cdot 100}{3200 \cdot 395500,00} = 0.000003457\ \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 6,16}{20} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 50}{6,25 \cdot 6,16}} \right) = 12,08\ cm$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

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

$$= \frac{20 \cdot 12,08^3}{12} + (20 \cdot 12,08) \cdot \left( \frac{12,08}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot \left[ 6,16 \cdot (50 - 12,08)^2 + 6,16 \cdot (12,08 - 10)^2 \right]$$

$$= 67278,67\ cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{43,75 \cdot 100}{3200 \cdot 67278,67} = 0,0000203 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} \quad ; \quad f_{ck} = 30.0\ MPa$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

$$M_{cr} = 0,29 \cdot \frac{20 \cdot 60^2}{6} = 3480\ kNcm = 34,8\ kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{3480}{\left( 50 - \frac{12,08}{3} \right) \cdot 6,16} = 12,28 \frac{kN}{cm^2} = 122,8\ MPa$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{43,75 \cdot 100}{\left(50 - \frac{12,08}{3}\right) \cdot 6,16} = 15,45 \frac{kN}{cm^2} = 154,5\ MPa$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000345 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000203 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 0,0 - koeficijent\ raspodijele$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0.0 \cdot 0.00000345 \quad + (1 - 0.0) \cdot 0,0000203 = 0.0000203 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.0624$$

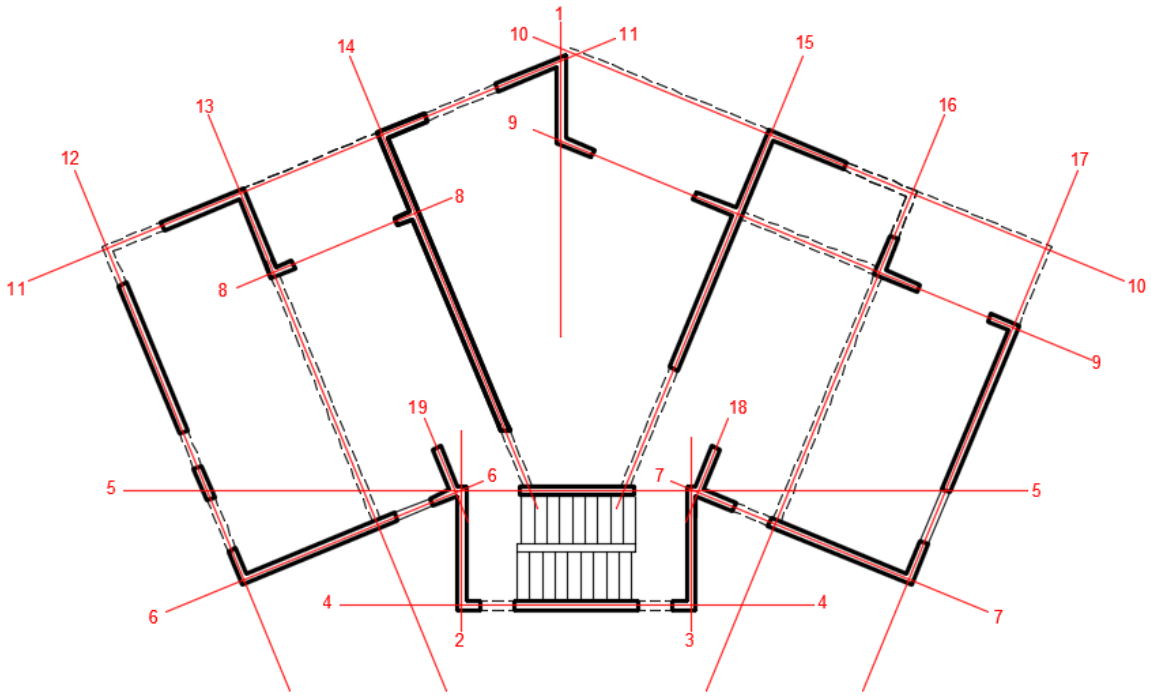
$$L = 1194,0\ cm$$

$$\nu_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.0624 \cdot 1194^2 \cdot 0.0000203 = 1,81\ cm < \nu_{\lim} = 4,78\ cm$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

# 7 PRORAČUN NOSIVIH ZIDOVA

## 7.1 Plan pozicija



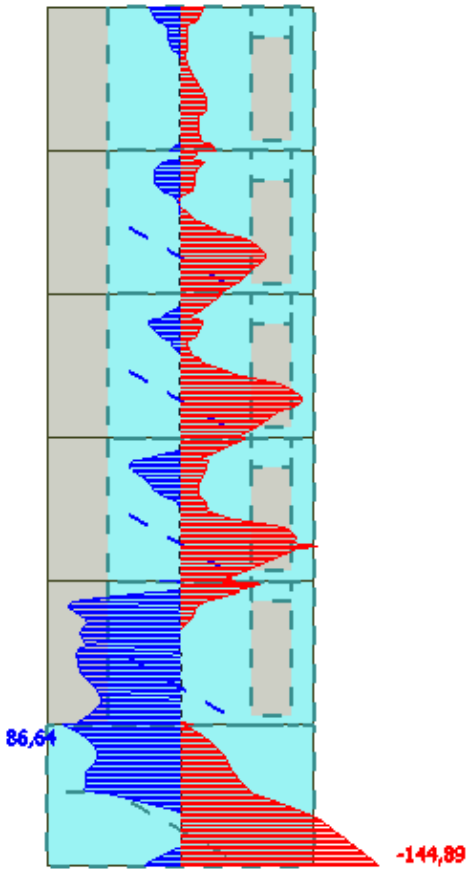

*Slika 77: Plan pozicija ZIDOVA*

## 7.2 Zid Z4

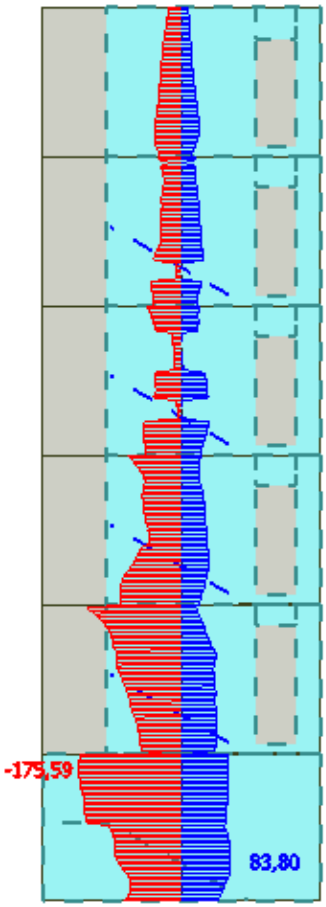
### 7.2.1 Rezultati proračuna

$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z4

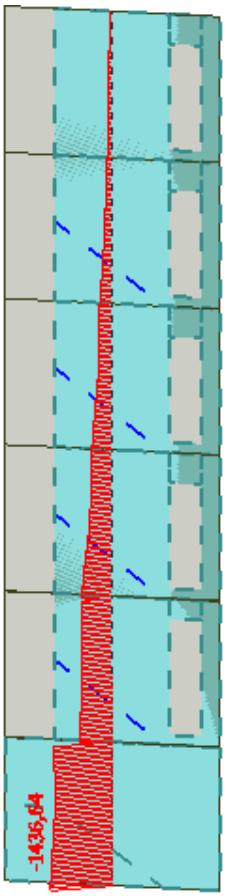
$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$




*Slika 78:*
*Dijagram momenata Mz za kombinaciju K1*




*Slika 79:*
*Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K1*




*Slika 80: Dijagram normalnih sila N za kombinaciju K1*

### 7.2.2 **Proračun zida Z1 unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$Lw = 540cm$

$Hw = 17,35m$

$$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm(XCI)$$

$$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$$

$$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$$

$$d = L_w - d_y = 520,00cm$$

Vitkost zidova:

*Hw / Lw =17,35 / 5,4 =3,2 > 2 → zid je vitak*

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(540,0cm; 289,17cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1080,0cm; 580,0cm)$$

$$h_{cr} = 540,0cm$$

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sx

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 144,89 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1436,64 \text{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 175,59 \text{kN}$$

#### *7.2.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 144,89 + 1436,64 \cdot \left( 5,2 - \frac{5,4}{2} \right) = 70971,24kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{70971,24}{20 \cdot 520^2 \cdot 2,0} = 0,007$$

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

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{70971,24}{0,987 \cdot 520 \cdot 43,48} - \frac{1436,64}{43,48} = -29,9cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature (d na kraju zida):

$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 55 = 1,65 cm^2$ → Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm²**

### *7.2.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$

$V_{Ed,y}$ '- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$- korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 175,59 \cdot 3,0 = 526,77 kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 520$$
$$V_{Rd2} = 36608\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 520$$
$$V_{Rd2} = 45760\left(kN\right)$$

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

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{144,89}{175,59 \cdot 5,40} = 0,15 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$/m; As=5,66 cm$^2$/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,0028$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0028 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 520$$

$$V_{wd} = 1164,8 \left( kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot 0,0028 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 520$$

$$V_{cd} = 371,14 \left( kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 11664,8 + 371,14 = 1535,94 \left( kN \right)$$

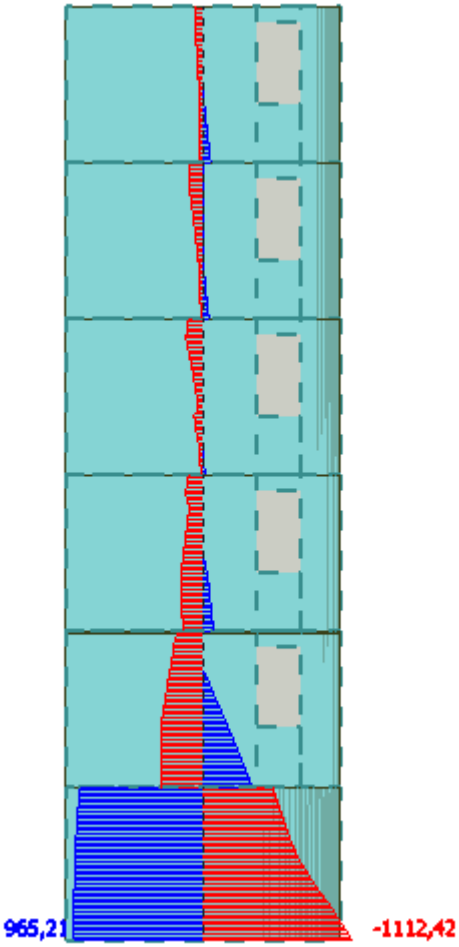
$$V_{Rd3} = 1535,94 \left( kN \right) > V_{Ed} = 175,59 \left( kN \right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

## 7.3 Zid Z6

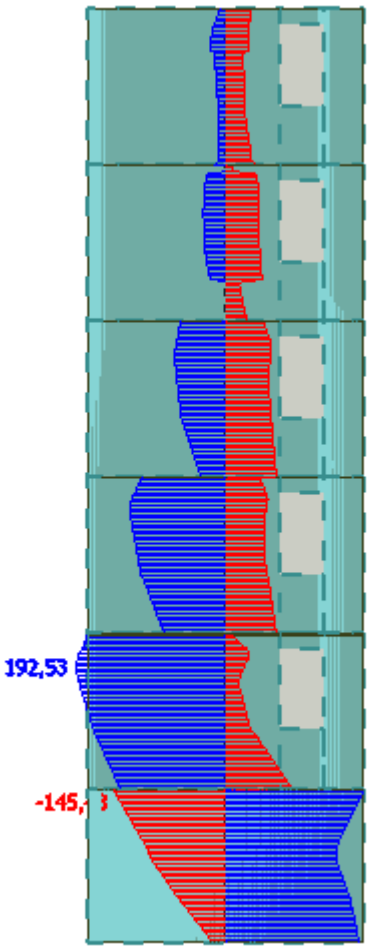
### 7.3.1 Rezultati proračuna

$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$

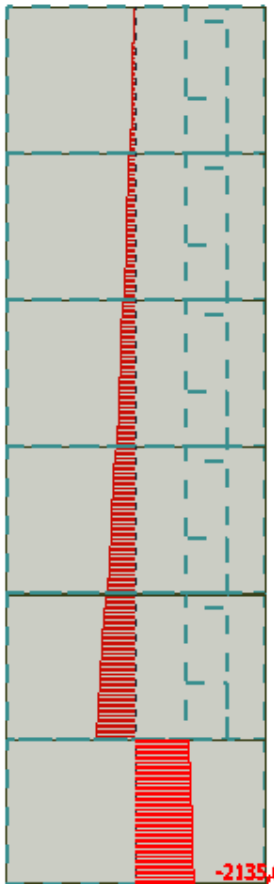
$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z6




*Slika 81:*
*Dijagram momenata Mz*
*za kombinaciju K2*




*Slika 82:*
*Dijagram poprečne sile Vy*
*za kombinaciju K2*




*Slika 83: Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K2*

### 7.3.2 **Proračun zida unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 554,6cm$

$H_w = 17,35m$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm (XCI)$

$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$

$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$

$d = L_w - d_y = 534,6cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 17,35 / 5,546 = 3,13 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(554,6cm; 289,17cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1109,2cm; 580cm)$$

$$h_{cr} = 554,6cm$$

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sy

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1112,42 \text{kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 2135,64 \text{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 192,53 \text{kN}$$

### *7.3.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 1112,42 + 2135,64 \cdot \left( 5,346 - \frac{5,546}{2} \right) = 6607,42kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{660742}{20 \cdot 534,6^2 \cdot 2,0} = 0,05$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -0,4‰$ , $\zeta = 0,957$ , $\xi = 0,035$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{660742}{0,957 \cdot 534,6 \cdot 43,48} - \frac{2135,64}{43,48} = -19,41cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 90 = 2,7cm^2$ → Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm²**

### *7.3.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$ '- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$- korekcijski koeficijent

$$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow \text{faktor ponašanja}$$

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 192,53 \cdot 3,0 = 577,59kN$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 534,6$$

$$V_{Rd2} = 37635,84\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 534,6$$

$$V_{Rd2} = 47044,8\left(kN\right)$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow \text{zadovoljeno}$$

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1112,42}{192,53 \cdot 5,546} = 1,04 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$/m; As=5,66 cm$^2$/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 534,6$$

$$V_{wd} = 1210,33(kN)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 534,6$$

$$V_{cd} = 381,91(kN)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1210,33 + 132,53 = 1342,86(kN)$$

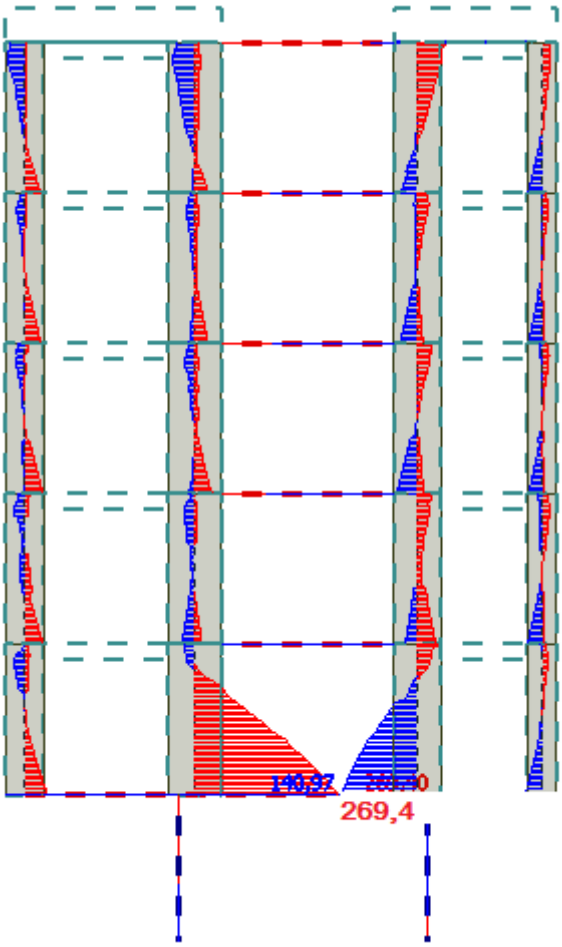
$V_{Rd3} = 1342,86(kN) > V_{Ed} = 381,91(kN) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

## 7.4 Zid Z9

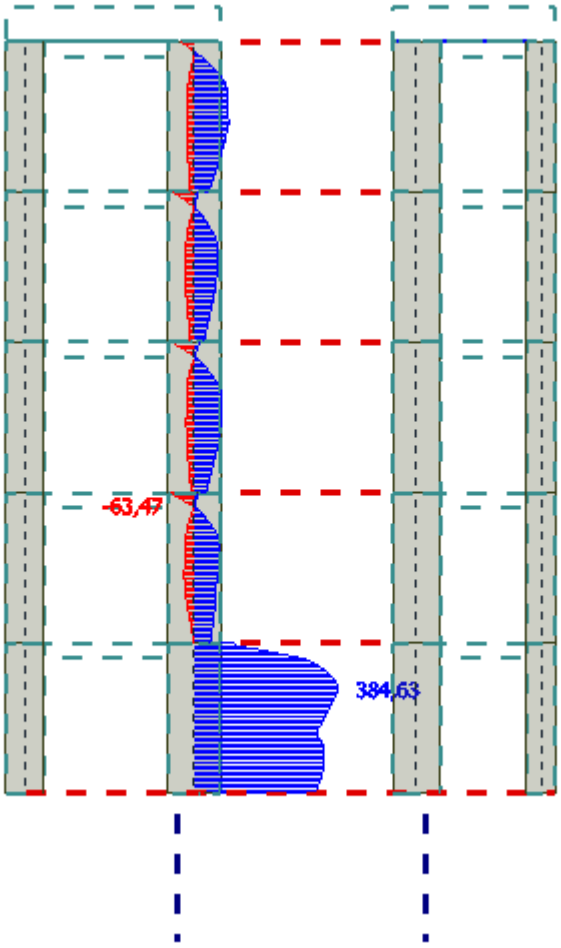
### 7.4.1 Rezultati proračuna

$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z9

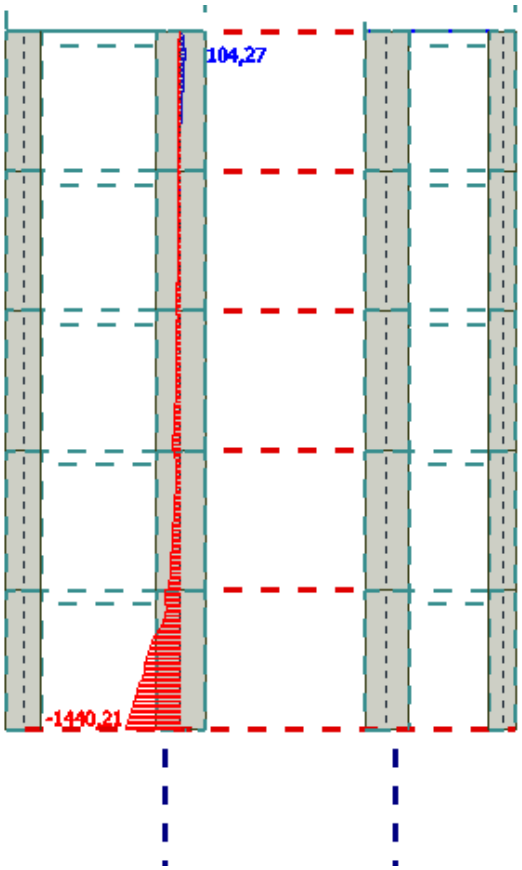
$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$




*Slika 84: Dijagram momenata Mz za kombinaciju K1*




*Slika 85: Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K1*




*Slika 86: Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K1*

### 7.4.2 **Proračun zida unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 449,0cm$

$H_w = 14,5m$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm(XCI)$

$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$

$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$

$d = L_w - d_y = 429,00cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,5 / 4,49 = 3,22 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(449,0cm; 241,67cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (898; 580cm)$$

$$h_{cr} = 449,0cm$$

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sx

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 269,4kNm$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1440,21kN$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 384,63kN$$

### *7.4.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 269,4 + 1440,21 \cdot \left( 4,29 - \frac{4,49}{2} \right) = 3214,63kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{321463}{20 \cdot 429^2 \cdot 2,0} = 0,04$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ , $\zeta = 0,952$ , $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{26940}{0,952 \cdot 429,0 \cdot 43,48} - \frac{1440,21}{43,48} = -31,6cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 120 = 3,6cm^2$ → Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm²**

### *7.4.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$

$V_{Ed,y}$ '- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

ε-korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 384,63 \cdot 3,0 = 1153,89 kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 429$$

$$V_{Rd2} = 30201,6\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 429,0$$

$$V_{Rd2} = 37752\left(kN\right)$$

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

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{269,4}{384,63 \cdot 4,49} = 0,16 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$/m; As=5,66 cm$^2$/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 429$$

$$V_{wd} = 971,256 \left( kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot 0,00283 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 449,0$$

$$V_{cd} = 320,76 \left( kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 971,256 + 320,76 = 1292,016 \left( kN \right)$$

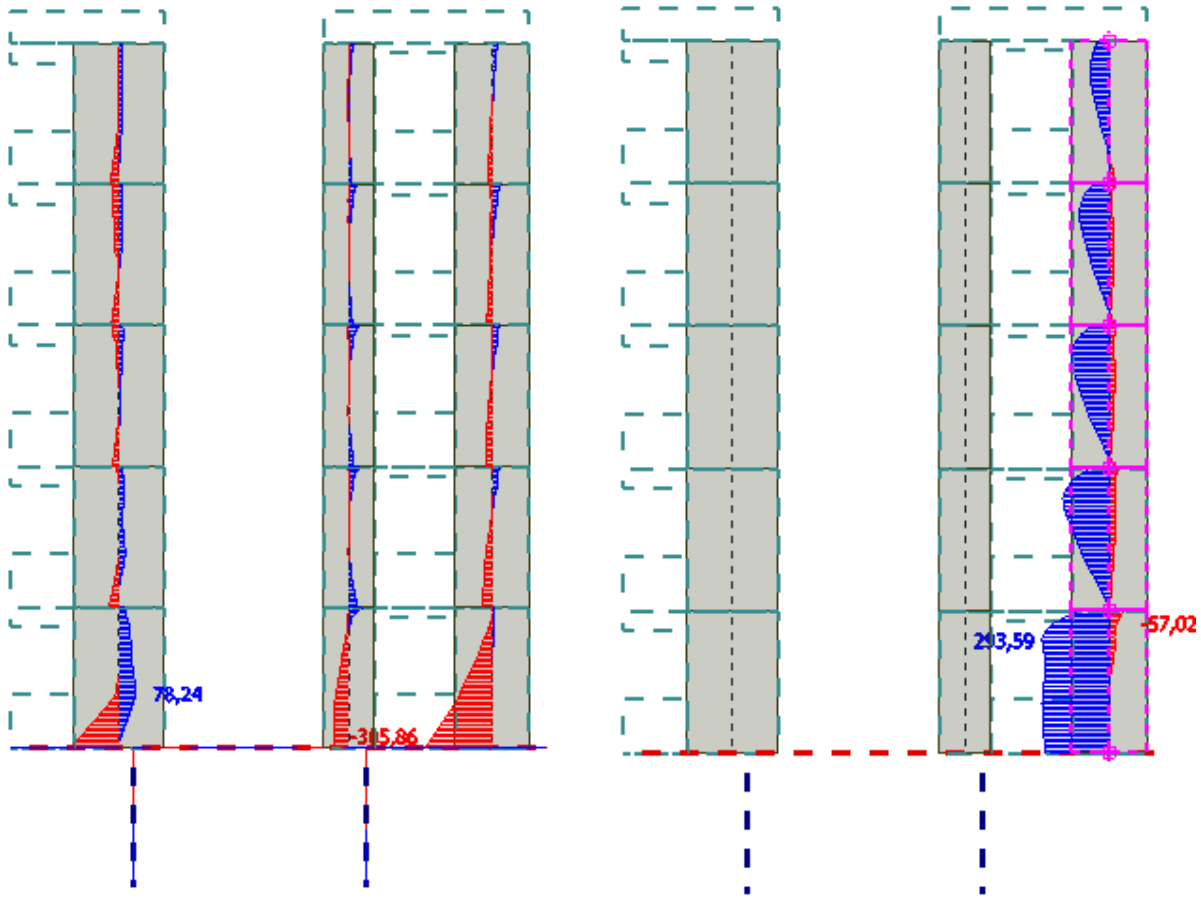
$$V_{Rd3} = 1292,016 \left( kN \right) > V_{Ed} = 384,63 \left( kN \right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

## 7.5 Zid Z11

### 7.5.1 Rezultati proračuna

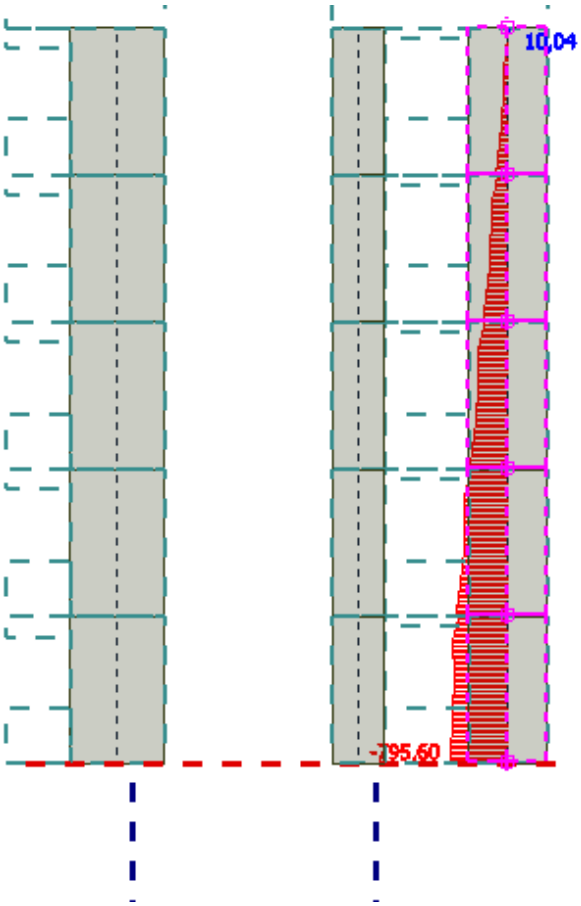
$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$

$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z11




*Slika 87: Dijagram momenata Mz za kombinaciju K2*

*Slika 88: Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K2*




*Slika 89: Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K2*

### 7.5.2 **Proračun zida unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 458,60cm$

$H_w = 14,5m$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm (XCI)$

$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$

$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$

$d = L_w - d_y = 438,7cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,5 / 4,586 = 3,16 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(458,6cm; 241,67cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (917,2; 580cm)$$

$$h_{cr} = 458,6cm$$

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sy

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 305,58\text{kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 795,6\text{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 293,59\text{kN}$$

### *7.5.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 305,86 + 795,6 \cdot \left( 4,386 - \frac{4,586}{2} \right) = 1971,05kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{197105}{20 \cdot 438,6^2 \cdot 2,0} = 0,03$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ , $\zeta = 0,952$ , $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{30586}{0,952 \cdot 438,6 \cdot 43,48} - \frac{795,6}{43,48} = -16,61cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 180 = 5,4cm^2$ → Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm²**

### *7.5.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}'$- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$ - korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 293,59 \cdot 3,0 = 880,77 kN$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 438,6$$

$$V_{Rd2} = 30877,44\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 429,0$$

$$V_{Rd2} = 38596,8\left(kN\right)$$

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

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{30586}{293,59 \cdot 4,386} = 0,24 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$/m; As=5,66 cm$^2$/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 438,6$$

$$V_{wd} = 992,99 \left( kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left( 1,20 + 40 \cdot 0,00283 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 458,6$$

$$V_{cd} = 327,62 \left( kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 992,99 + 327,62 = 1320,61 \left( kN \right)$$

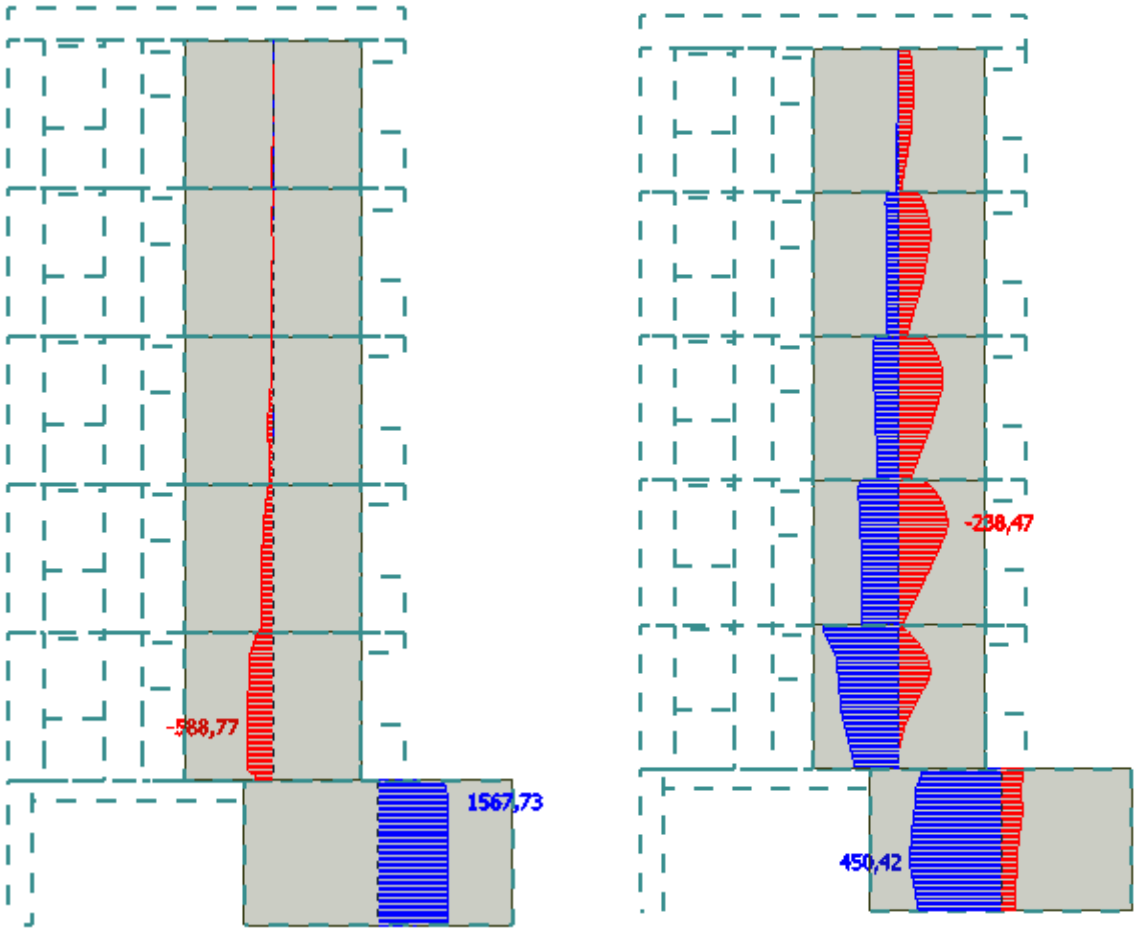
$$V_{Rd3} = 1320,61 \left( kN \right) > V_{Ed} = 293,59 \left( kN \right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

## 7.6 Zid Z12

### 7.6.1 Rezultati proračuna

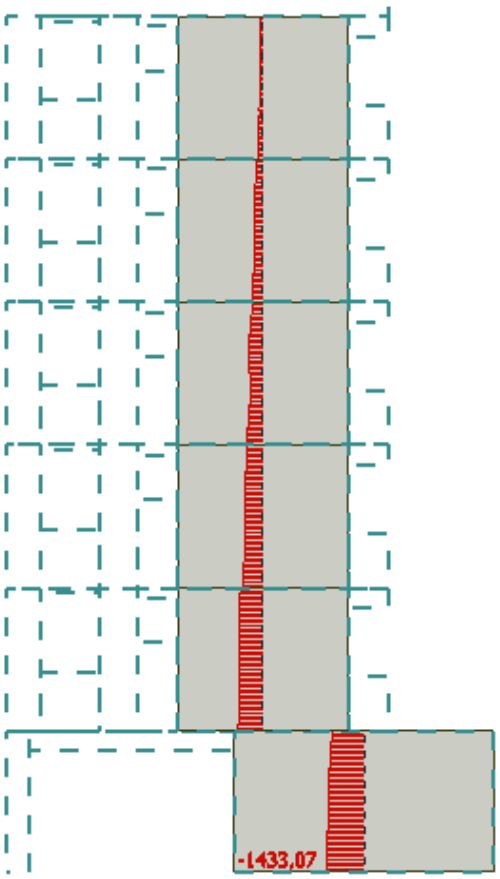
$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$

$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z12




*Slika 90: Dijagram momenata Mz za kombinaciju K2*

*Slika 91: Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K2*




*Slika 92: Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K2*

### 7.6.2 **Proračun zida unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 840,0cm$

$H_w = 17,35m$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm(XCI)$

$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$

$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$

$d = L_w - d_y = 820,0cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 17,35 / 8,4 = 2,1 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(840,0cm; 289,17cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1680; 580cm)$$

$$h_{cr} = 840,0cm$$

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sy

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1567,73\text{kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1433,07\text{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 450,42\text{kN}$$

### *7.6.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 1567,73 + 1433,07 \cdot \left( 8,2 - \frac{8,4}{2} \right) = 7300,01kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{730001}{20 \cdot 820^2 \cdot 2,0} = 0,03$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10\,‰$ , $\varepsilon_{c2} = -1,2\,‰$ , $\zeta = 0,952$ , $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{156773}{0,952 \cdot 820 \cdot 43,48} - \frac{1433,07}{43,48} = -28,34cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 85 = 2,55cm^2$ → Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm²**

### *7.6.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$ '- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$- korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 450,42 \cdot 3,0 = 1351,26kN$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 820$$

$$V_{Rd2} = 57728,0\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 820$$

$$V_{Rd2} = 72160,0\left(kN\right)$$

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

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1567,73}{293,59 \cdot 8,4} = 0,64 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$/m; As=5,66 cm$^2$/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 820$$

$$V_{wd} = 1856,48\left(kN\right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v\right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,00283\right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 840$$

$$V_{cd} = 600,08\left(kN\right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1856,48 + 600,08 = 2456,56\left(kN\right)$$

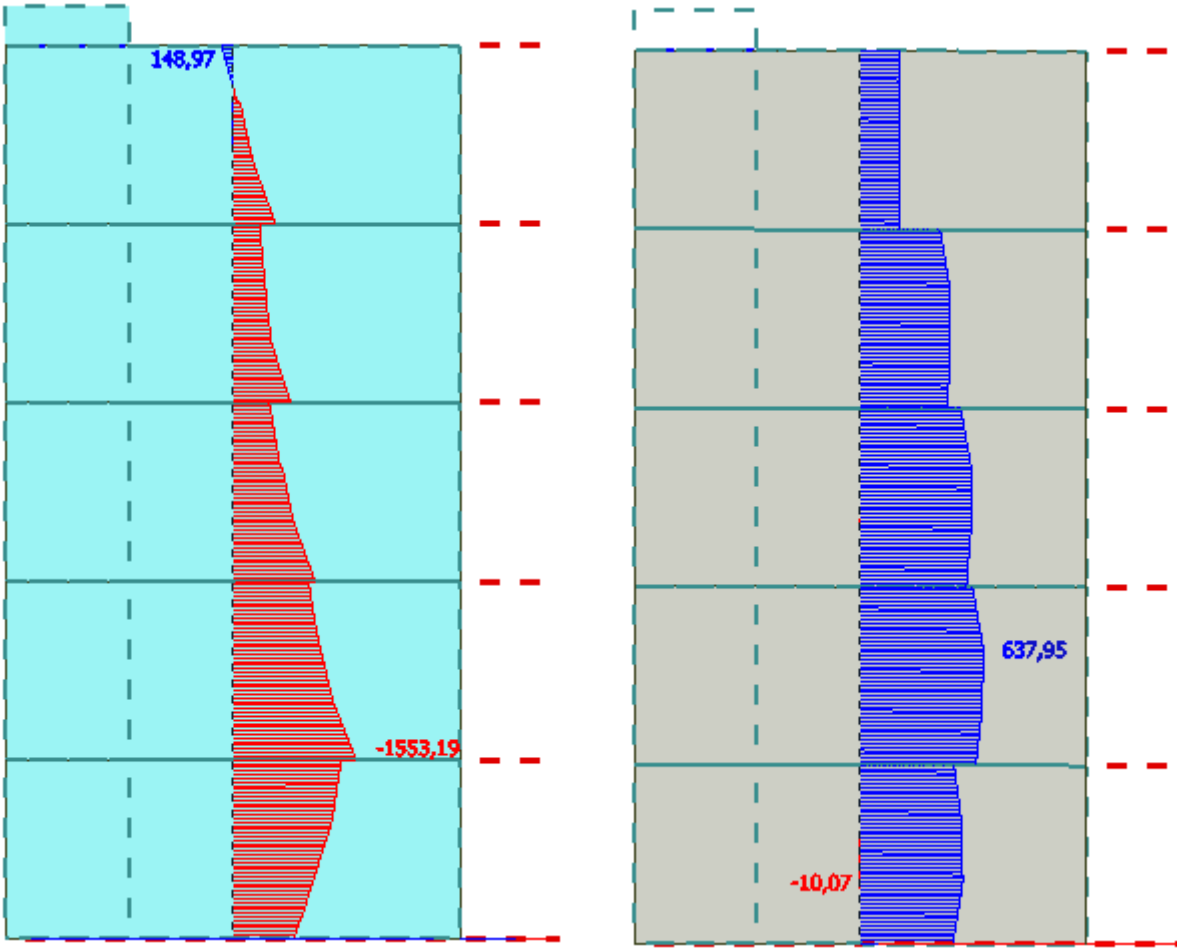
$$V_{Rd3} = 2456,56\left(kN\right) > V_{Ed} = 450,42\left(kN\right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

## 7.7 Zid Z14

### 7.7.1 Rezultati proračuna

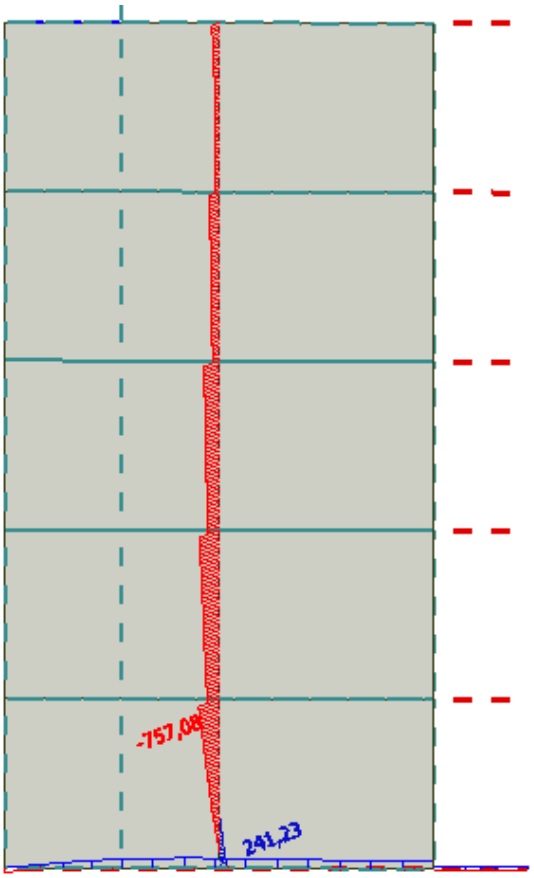
$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x \rightarrow$ KRITIČNIJA KOMB ZA ZID Z14

$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$




*Slika 93: Dijagram momenata Mz za kombinaciju K1*

*Slika 94: Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K1*




*Slika 95: Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K1*

### 7.7.2 **Proračun zida unutar kritičnoga područja**

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 738,60cm$

$H_w = 14,50m$

$c_{nom} = c_{\min} + \Delta c = 2,5cm(XCI)$

$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv} / 2 \approx 4,0cm$

$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi / 2 + 15 \approx 20,0cm$

$d = L_w - d_y = 718,6cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,5 / 7,386 = 1,9 < 2 \rightarrow$ zid nije vitak

Proračunske kombinacije:

Kritična kombinacija: K1=1,0·g+0,3·q+1,0·Sx

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 1553,19 \text{kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 757,08 \text{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (q) + 1 \cdot (S) = 637,95 \text{kN}$$

### *7.7.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja*

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 1567,73 + 757,08 \cdot \left( 7,186 - \frac{7,386}{2} \right) = 4212,21 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{421221}{20 \cdot 718,6^2 \cdot 2,0} = 0,02$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,952$$
$$\varepsilon_{c2} = -1,2 \text{‰} \qquad \xi = 0,107$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{155319}{0,952 \cdot 718,6 \cdot 43,48} - \frac{757,08}{43,48} = -12,19 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 220 = 6,0 cm^2 \rightarrow$$

Odabrano: **4Φ14- $A_{s1}$ =6,16cm$^2$**

### *7.7.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu*

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot \varepsilon$$

$V_{Ed,y}$ '- računska poprečna sila

$V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila

$\varepsilon$- korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 637,95 \cdot 3,0 = 1913,85kN$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 718,6$$

$$V_{Rd2} = 50589,44\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 718,6$$

$$V_{Rd2} = 63236,8\left(kN\right)$$

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

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1553,19}{637,95 \cdot 7,386} = 0,33 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm²/m; As=5,66 cm²/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 718,6$$

$$V_{wd} = 1626,91(kN)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 738,6$$

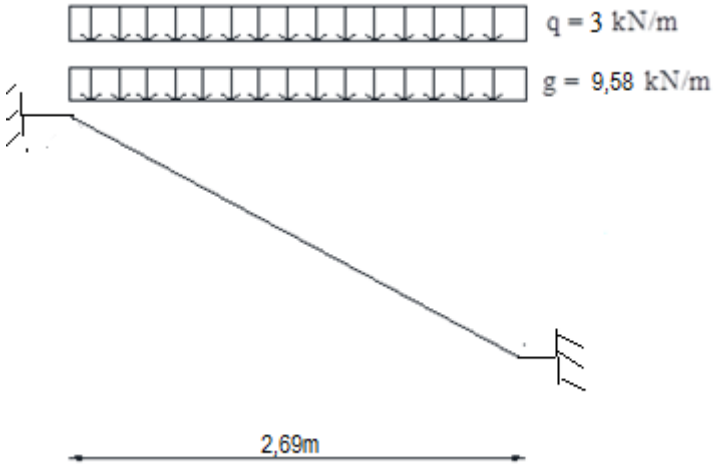
$$V_{cd} = 527,64(kN)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1626,91 + 527,64 = 2154,55(kN)$$

$$V_{Rd3} = 2154,55(kN) > V_{Ed} = 637,95(kN) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

# 8 PRORAČUN AB STUBIŠTA



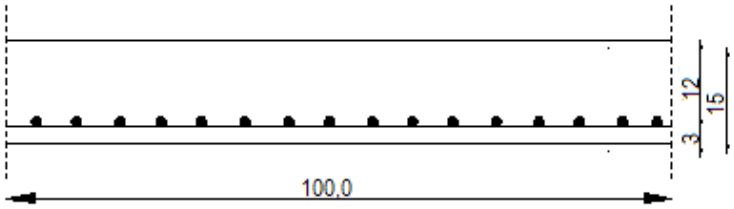

*Slika 96: Skica kraka stubišta*

### 8.1.1 Rezultati proračuna – moment savijanja

$q_S$=1,35·g+1,5·q=17,43 (kN/m')

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{24} = \frac{17,43 \cdot 2,69^2}{24} = 5,26\ kNm$$

### 8.1.2 Dimenzioniranje




*Slika 97: Presjek ploče stubišta*

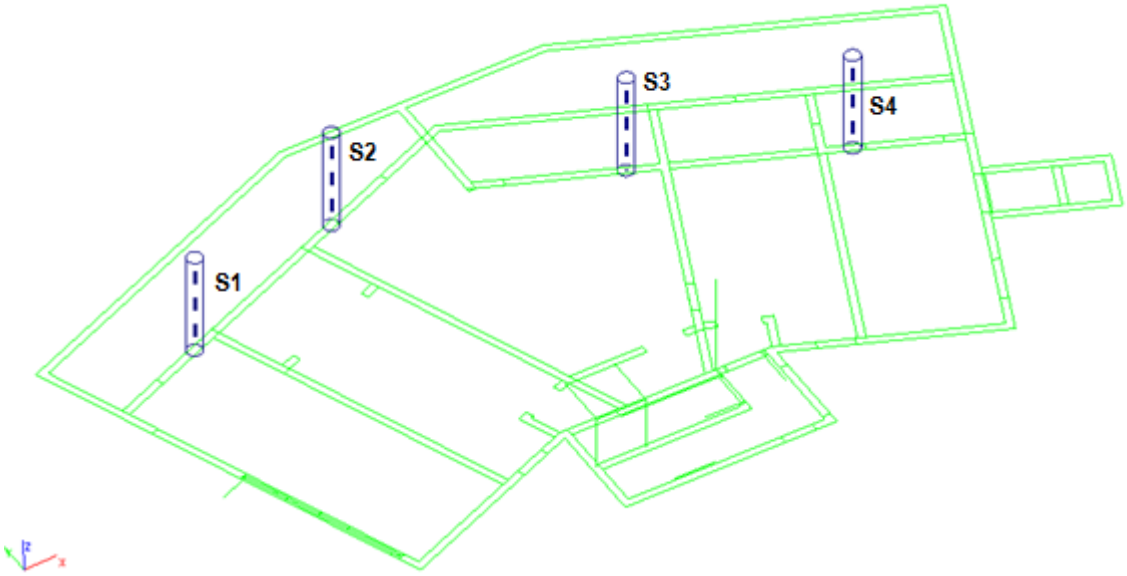
$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{526}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,0} = 0,018$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰ \quad \varepsilon_{s2} = 0,7‰ \quad \xi = 0,055 \quad \zeta = 0,977$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{526}{0,977 \cdot 12 \cdot 43,5} = 1,03 cm^2$$

Odabrana armatura: **Q-283 ($A_{s1}$=2,83 cm$^2$)**

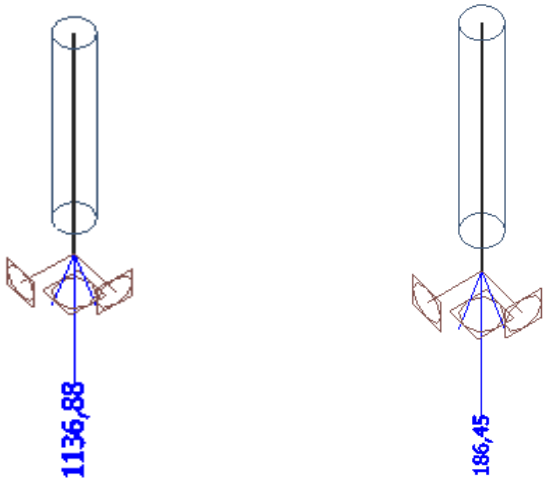
# 9 PRORAČUN STUPOVA



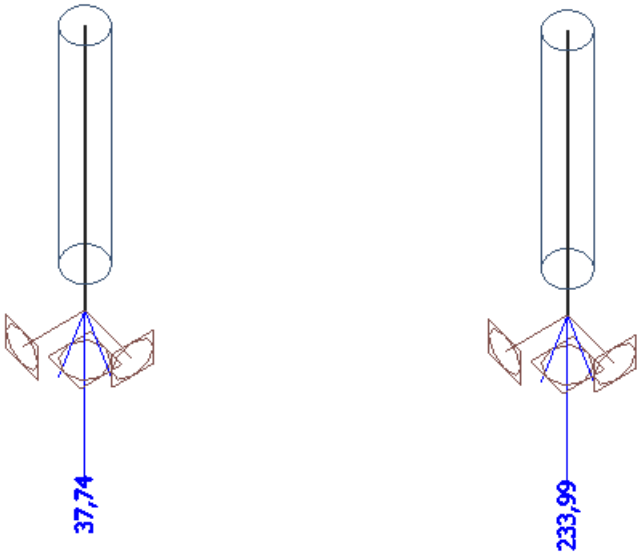

*Slika 98: Plan pozicije stupova*

## 9.1 Određivanje dimenzija stupova

Najnepovoljniji utjecaj je na stup 3. Ostale stupove na koje otpada nešto manje vertikalno opterećenje nećemo razmatrati posebno već ćemo sve stupove tretirati kao da su stup 3.




*Slika 99: Uzdužna sila od vlast. težine i dodatnog stalnog opt.*




*Slika 100: Uzdužna sila od pregrada i pokretnog opt.*

Uzdužna sila u stupu→ N=1595,06 kN

Klasa betona: C30/37

Naprezanja u betonu ograničavamo na 45 % tlačne čvrstoće betona.

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

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \rightarrow \quad A = \frac{P}{\sigma} = \frac{1595{,}06\text{kN}}{13{,}5 \cdot 1000\ kPa} = 0{,}11\ m^2$$

Zbog simetričnosti konstrukcije, a uzimajući u obzir da je stup centrično opterećen, odabiremo kružni presjek stupa.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0{,}11}{\pi}} = 0{,}19\ m = 19{,}00\ cm$$

$odabrano\colon\ r = 20{,}00\ cm$

## 9.2 Momenti savijanja i uzdužne sile stupova

Kombinacija opterećenja na granično stanje nosivosti GSN (uobičajena kombinacija):

1. kombinacija opterećenja

$$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot \Delta g + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot W_x + 0,0 \cdot E_x$$

Kombinacije opterećenja s POTRESOM (izvanredna kombinacija):

2. kombinacija opterećenja

$$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot \Delta g + 0,3 \cdot q + 0 \cdot W_x + 1,0 \cdot E_x$$

3. kombinacija opterećenja

$$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot \Delta g + 0,3 \cdot q + 0 \cdot W_y + 1,0 \cdot E_y$$

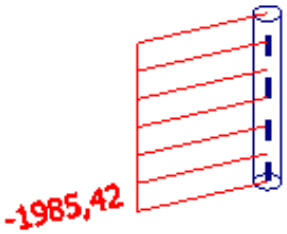
Za rezultate dobivamo 6 uređena para (N,M).

Rezultate s najvećim uzdužnim silama i njihovim pripadajućim momentima, te rezultate s najmanjim uzdužnim silama i njihovim pripadajućim momentima.

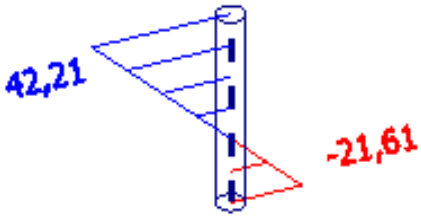
**Prikaz reznih sila**

1. kombinacija opterećenja

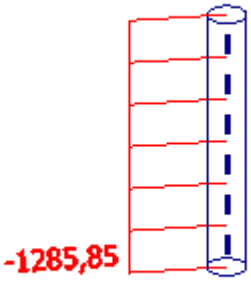
$$1,35 \cdot g + 1,35 \cdot \Delta g + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot W_x + 0,0 \cdot E_x$$



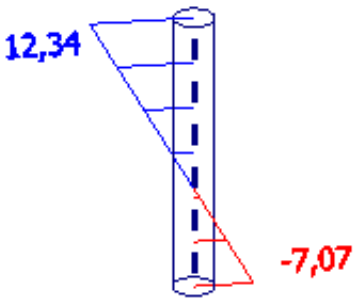

*Slika 101: Maksimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K1*




*Slika 102: Pripadajući moment na stupu s najvećom uzdužnom silom usljed kombinacije K1*




*Slika 103: Minimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K1*



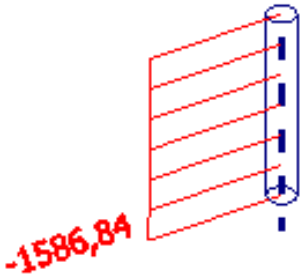

*Slika 104: Pripadajući moment na stupu s najmanjom uzdužnom silom usljed kombinacije K1*

$N_{max}$=1985,42 kN → $M_{prip}$=42,21 kNm

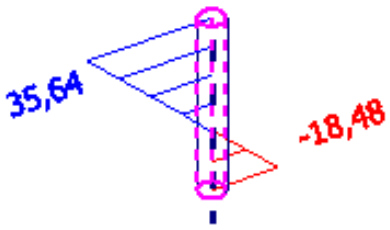
$N_{min}$=1285,85 kN → $M_{prip}$=12,34 kNm

2. kombinacija opterećenja

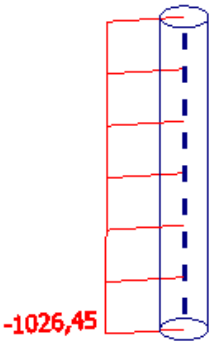
$$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot \Delta g + 0,3 \cdot q + 0 \cdot W_x + 1,0 \cdot E_x$$



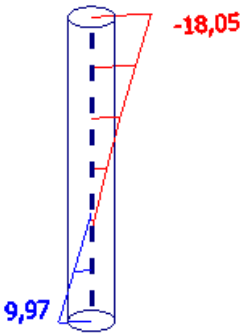

*Slika 105: Maksimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K2*




*Slika 106: Pripadajući moment na stupu s najvećom uzdužnom silom usljed kombinacije K2*




*Slika 107: Minimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K2*



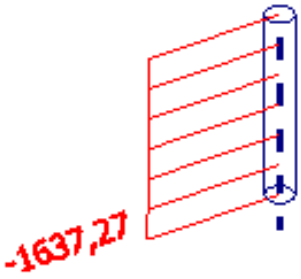

*Slika 108: Pripadajući moment na stupu s najmanjom uzdužnom silom usljed kombinacije K2*

$N_{max}$=1586,84 kN → $M_{prip}$=35,64 kNm

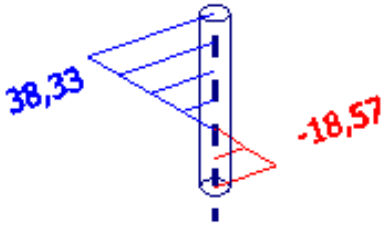
$N_{min}$=1026,45 kN → $M_{prip}$=18,05 kNm

3. kombinacija opterećenja

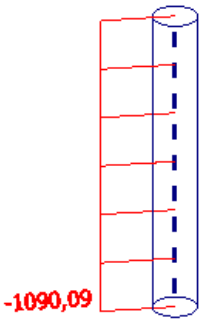
$$1,0 \cdot g + 1,0 \cdot \Delta g + 0,3 \cdot q + 0 \cdot W_x + 1,0 \cdot E_y$$



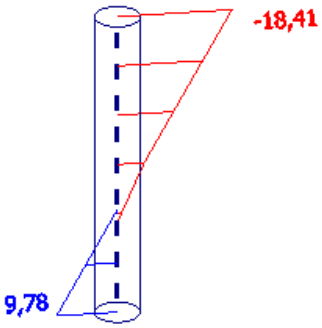

*Slika 109: Maksimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K3*




*Slika 110: Pripadajući moment na stupu s najvećom uzdužnom silom usljed kombinacije K3*




*Slika 111: Minimalna uzdužna na stupu usljed kombinacije K3*




*Slika 112: Pripadajući moment na stupu s najmanjom uzdužnom silom usljed kombinacije K3*

$N_{max}$=1637,27 kN → $M_{prip}$=38,33 kNm

$N_{min}$=1090,09 kN → $M_{prip}$=18,41 kNm

-uzimanje u obzir učinaka drugog reda

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} \quad [MPa]; \qquad f_{ck}\,[MPa]$$
$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000\,Mpa$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd}$$
$$E_{\phi} = \frac{E}{1+\phi} = \frac{32000}{1+2} = 10666,67\,MPa$$
$$I = \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = \frac{0,4^4 \cdot \pi}{64} = 0,00126\,m^4$$
$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 2,7 = 3,78\,m$$
$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\phi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{10666,67 \cdot 1000 \cdot 0,00126}{3,78^2} = 9283,58kN$$
$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}}$$

$C_m = 1,0$
$\gamma = 1,5$

-<u>Uobičajena kombinacija ($N_{maks}$;$M_{pripadno}$):</u>

$$N_{Sd} = 1985,42\ kN$$
$$M_{Sd} = 42,21\ kNm$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1985,42}{9283,58}} = 1,47$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,47 \cdot 42,21 = 62,15\,kNm$$

-<u>Uobičajena kombinacija ($N_{min}$;$M_{pripadno}$):</u>

$$N_{Sd} = 1285,85\ kN$$
$$M_{Sd} = 12,34\ kNm$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1285,85}{9283,58}} = 1,26$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,26 \cdot 12,34 = 15,58\,kNm$$

-Izvanredna kombinacija ($N_{maks}$;$M_{pripadno}$):

$$N_{Sd} = 1584,84\ kN$$
$$M_{Sd} = 35,64\ kNm$$

$$\psi = \frac{C_m}{1-\frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot 1584,84}{9283,58}} = 1,34$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,34 \cdot 35,64 = 47,91 kNm$$

-Izvanredna kombinacija ($N_{min}$;$M_{pripadno}$):

$$N_{Sd} = 1026,45 kN$$
$$M_{Sd} = 18,05\ kNm$$

$$\psi = \frac{C_m}{1-\frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot 1026,45}{9283,58}} = 1,2$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,2 \cdot 18,05 = 21,64 kNm$$

- Izvanredna kombinacija ($N_{maks}$;$M_{pripadno}$):

$$N_{Sd} = 1637,27 kN$$
$$M_{Sd} = 38,33 kNm$$

$$\psi = \frac{C_m}{1-\frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot 1637,27}{9283,58}} = 1,36$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,36 \cdot 38,33 = 52,12 kNm$$

- Izvanredna kombinacija ($N_{maks}$;$M_{pripadno}$):

$$N_{Sd} = 1090,09 kN$$
$$M_{Sd} = 18,41 kNm$$

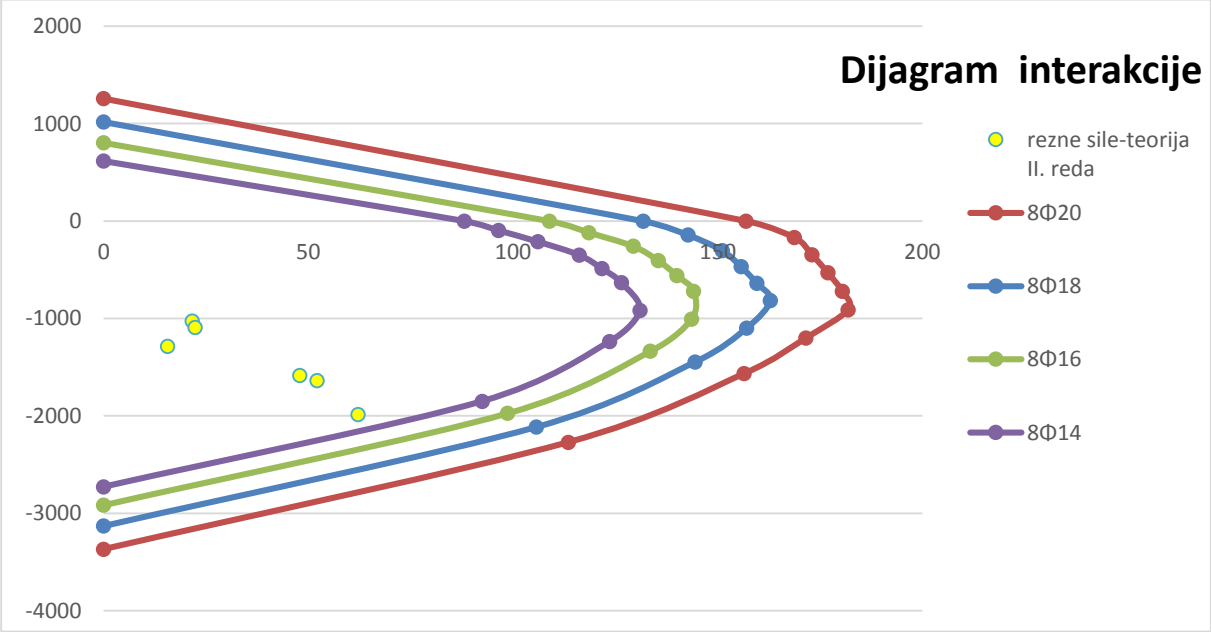
$$\psi = \frac{C_m}{1-\frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1-\frac{1,5 \cdot 1090,09}{9283,58}} = 1,21$$
$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,21 \cdot 18,41 = 22,35 kNm$$

-konačne rezne sile za provjeru u dijagramu interakcije (nosivosti):

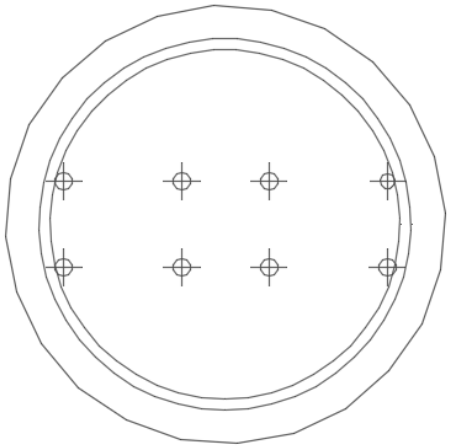
| | Kombinacija 1 | | Kombinacija 2 | | Kombinacija 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{sd}$ | 1985,42 | 1285,42 | 1584,84 | 1026,45 | 1637,27 | 1090,09 |
| $M_{sd}$ | 62,15 | 15,58 | 47,91 | 21,64 | 52,12 | 22,35 |

**Dijagram granične nosivosti stupova D=40 cm**

**C 30/37, B500**




Armatura očitana iz dijagrama interakcije → **Očitano** $\varphi$14



*Slika 113: . Poprečni presjek stupa s armaturom (AspalathosSectionDesign)*

*Tablica 17. Momenti i uzdužne sile za konstrukciju krivulje nosivosti šipki Φ20, Φ18, Φ16 i Φ14*

| | Φ20 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | m | n | M (kNm) | N (kN) |
| Φ20 | 0 | 1 | 0 | 1638,4 |
| | 1 | 0 | 196,16 | 0 |
| | 1 | -1 | 208,23 | -208,23 |
| | 1 | -2 | 215,25 | -430,5 |
| | 1 | -3 | 221,95 | -665,84 |
| | 1 | -4 | 220,76 | -883,05 |
| | 1 | -5 | 217,47 | -1087,33 |
| | 1 | -7 | 202,33 | -1416,3 |
| | 1 | -10 | 181,13 | -1811,29 |
| | 1 | -20 | 128,43 | -2568,62 |
| | 0 | -1 | 0 | -3750,26 |

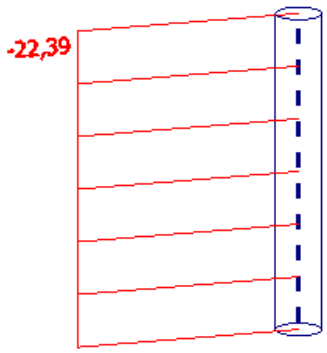
| | Φ18 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | m | n | M (kNm) | N (kN) |
| Φ18 | 0 | 1 | 0 | 1327,08 |
| | 1 | 0 | 163,66 | 0 |
| | 1 | -1 | 177,1 | -177,1 |
| | 1 | -2 | 185,1 | -370,2 |
| | 1 | -3 | 191,86 | -575,58 |
| | 1 | -4 | 194,99 | -779,98 |
| | 1 | -5 | 193,62 | -968,09 |
| | 1 | -7 | 182,95 | -1280,64 |
| | 1 | -10 | 164,93 | -1649,32 |
| | 1 | -20 | 117,81 | -2356,18 |
| | 0 | -1 | 0 | -3438,98 |

| | Φ16 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | m | n | M (kNm) | N (kN) |
| Φ16 | 0 | 1 | 0 | 1048,57 |
| | 1 | 0 | 133,82 | 0 |
| | 1 | -1 | 146,17 | -146,17 |
| | 1 | -2 | 157,34 | -314,67 |
| | 1 | -3 | 164,19 | -492,57 |
| | 1 | -4 | 170,38 | -681,51 |
| | 1 | -5 | 170,9 | -854,51 |
| | 1 | -7 | 164,8 | -1153,6 |
| | 1 | -10 | 150,2 | -1501,98 |
| | 1 | -20 | 108,29 | -2165,89 |
| | 0 | -1 | 0 | -3160,47 |

| | Φ14 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | m | n | M (kNm) | N (kN) |
| Φ14 | 0 | 1 | 0 | 802,8 |
| | 1 | 0 | 107,07 | 0 |
| | 1 | -1 | 117,54 | -117,54 |
| | 1 | -2 | 129,34 | -258,68 |
| | 1 | -3 | 138,52 | -415,56 |
| | 1 | -4 | 145,14 | -580,57 |
| | 1 | -5 | 149,91 | -749,57 |
| | 1 | -7 | 148,09 | -1036,61 |
| | 1 | -10 | 136,88 | -1368,82 |
| | 1 | -20 | 99,88 | -1997,67 |
| | 0 | -1 | 0 | -2914,72 |

Odabrane šipke: **Φ14** ($A_{s1}$=18,47 $cm^2$ )

## 9.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu




*Slika 114: Poprečna sila uslijed najkritičnije kombinacije (GSN)*

$V_{Sd} = 22,39\,kN$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$D = 40\ cm$$

$$d = D - 2d_1 = 40 - 2 \cdot 4 = 32cm$$

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

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Sd}}{A_c} = \frac{1985,42}{1256,64} = 1,58\ kN/cm^2$$

$$\sum A_s = 12\Phi 14 = 18,47\ cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{18,47}{1256,64} = 0.0147$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.79 \cdot (100 \cdot 0.0147 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 1,58 \right] \cdot 400 \cdot 320 = 127474,29\ N = 127,47\ kN$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{200} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{30}{200} \right] = 0.51$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.51 \cdot 20 \cdot 400 \cdot 320 = 652800\ N = 652,8\ kN$$

Poprečna armatura:

$$V_{Sd}/V_{Rd,\max} = 22,39/652,8 \approx 0.03 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed} = 0.03 \cdot V_{Rd2}$$

Razmak poprečne armature:

Razmak (vertikalni) spona e

1) e= 12 φs,min= najmanji promjer vertikalne armature stupa (≥12 mm)

2) e≤ b

3) e≤ 30 cm

5) e≤ 15 cm ako stup preuzima sile potresa za duktilnost M

Navedeni razmaci poprečne armature moraju se umanjiti s faktorom 0.6:

- u područjima neposredno iznad i ispod greda ili ploča na visini jednakoj većoj izmjeri presjeka stupa

1)e=12*1,4=16,8 cm

2)e=50 cm

3)e=30 cm

**4)e=15 cm - Mjerodavno!**

**e=15*0,6= 9 cm -za dio stupa u temelju i prvih 100 cm iznad**

**Odabrane vilice:** $\varphi 10/10\,\text{cm}$

Ukupna nosivost betona i odabrane poprečne armature:

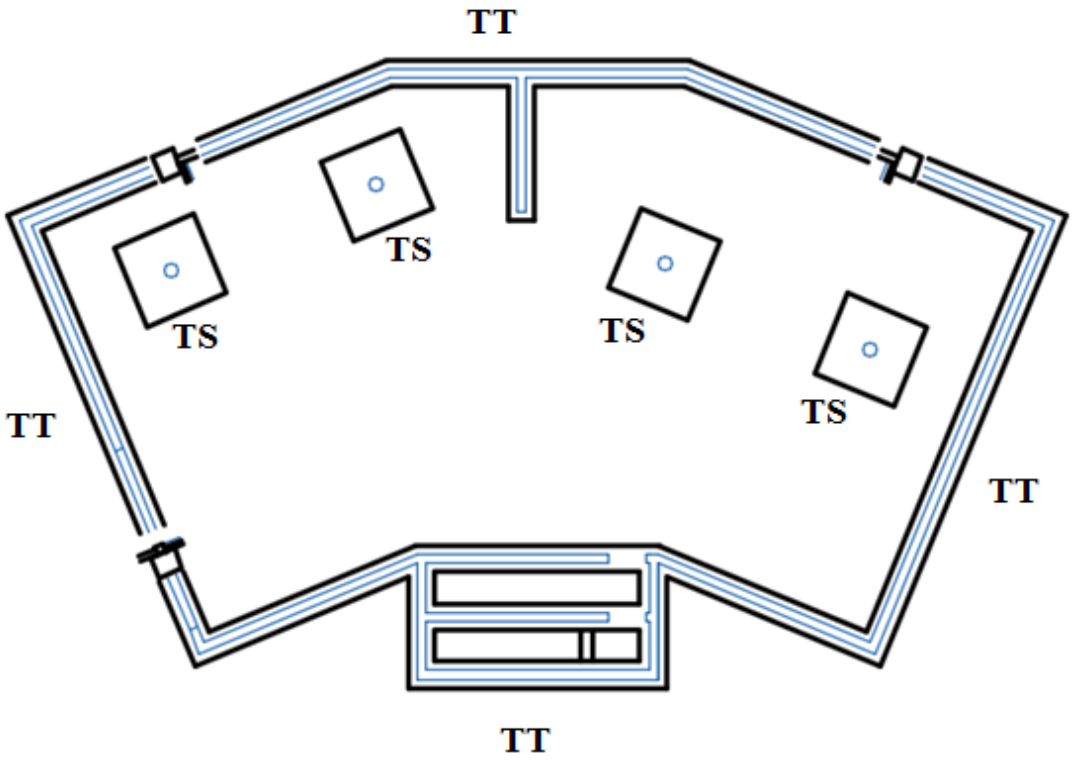
$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s} = V_{Rd,c} + \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{s_w} = 127,47 + \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43,5 \cdot (0.9 \cdot 32)}{10} =$$

$$= 127,47 + 197,94 = 325,41\,kN > V_{Sd}$$

# 10 DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE

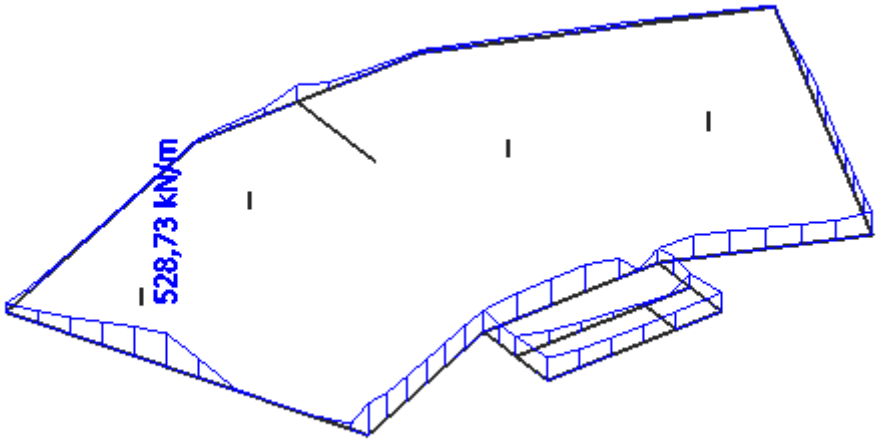
## 10.1 Rezultati proračuna

### 10.1.1 **Plan pozicija**




*Slika 115: Plan pozicija temelja*

### 10.1.2 **Prikaz naprezanja u tlu od seizmičke kombinacije**




*Slika 116: Prikaz opterećenja temelje od seizmičke kombinacije*

## 10.2 Trakasti temelj

### 10.2.1 **Kontrola naprezanja u tlu**

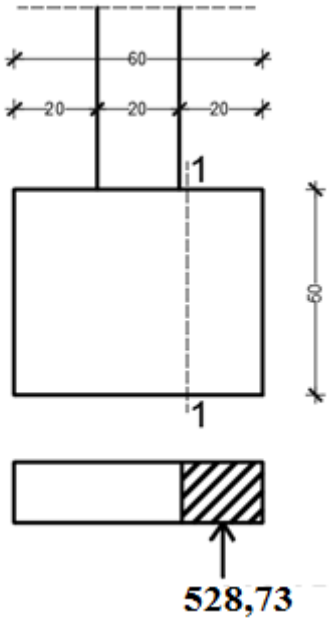
**Dimenzije temeljne trake:** 100 x 60 x 50 cm.

Težina temelja: $N_{temelj} = 1,0m \cdot 0,6m \cdot 0,5m \cdot 25kN/m^3 = 7,5\,kN$

Geometrijske karakteristike: $A_{temelj} = 1,0 \cdot 0,6 = 0,6m^2$ , $\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{7,5}{0,6} = 12,5kN/m'$

$\sigma_1 = \sigma_2 = 528,73kN/m' < 550\text{kN/m}'$

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




*Slika 117: Prikaz naprezanja u tlu*

*Moment u presjeku 1-1:*

$$M_{1-1} = \frac{528,76 \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot 0,6}{2} = 31,73\ (kNm/m')$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{31,73 \cdot 100}{100 \cdot 45^2 \cdot 2,00} = 0,00783 \Rightarrow \zeta = 0,984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{31,74 \cdot 100}{0,984 \cdot 45 \cdot 43,48} = 1,65\ (cm^2/m')$$

$$A_{s1,\min} = 0,0013 \cdot A_c = 0,0013 \cdot 50 \cdot 60 = 3,9 (cm^2/m')$$

Odabrana uzdužna armatura: **$A_{s1}$= 4ϕ14 = 6,16** ($cm^2/m'$)

Odabrana poprečna armatura: **$A_{s2}$= ϕ14/ 20 cm =4,62** ($cm^2/m'$)

*Proračun proboja temeljne trake- proračun se ne provodi ako je ispunjen sljedeći uvjet:*

$$r_{crit} \geq (a - b_w)/2 \quad \rightarrow r_{crit} = d = 45 > (60 - 20)/2 = 20$$

Izvršeno je dimenzioniranje najopterećenijeg dijela temeljne trake. Rezultati zahtijevaju minimalnu armaturu. Minimalna armatura je usvojena i za ostale dijelove temeljne trake.

## 10.3 Temelj samac ispod stupa

Iz najkritičnije kombinacije GSN, očitani su dobiveni parovi maksimalnih uzdužnih sila i pripadnih momenata, te maksimalnih momenata i pripadnih uzdužnih sila.

Pripadajući moment od maksimalne uzdužne sile ujedno je i maksimalni mmoment te iz tpg razloga dbivamo smao jedan uređeni par sila koji razmatramo kao mjerodavni.

Odabrane mjerodavne sile na spoju:

- 1. kombinacija: $N_{max} = 1985{,}42\ kN$
  $M_{pripadno} = 42{,}21\ kNm$

### 10.3.1 **Preliminarno određivanje dimenzija temelja**

Temelj je centrično opterećen zbog čega odabiremo kvadratni poprečni presjek.

Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla): $\sigma_{dop} = 0{,}55\ MN/m^2$

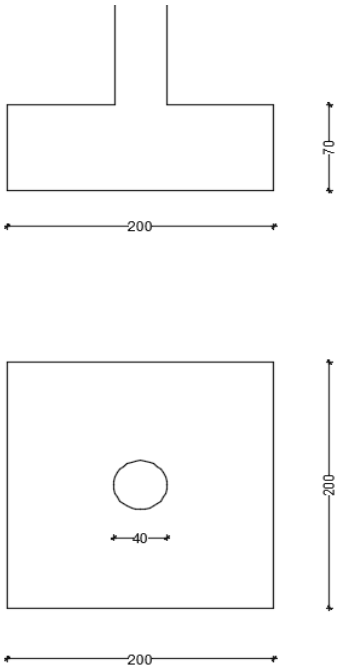
Širina i duljina temelja: $a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0{,}45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0{,}40 \cdot \sqrt{\frac{0{,}45 \cdot 30}{0{,}55}} = 1{,}98\ m$

Usvojena širina i duljina temelja: a = 2,0 m

Visina temelja: $v = 2 \cdot a_{stup} = 2 \cdot 0{,}40 = 0{,}8\ m = 80\ cm$

Usvojena visina temelja: v = 70 cm

Težina temelja: $N_t = 2{,}0 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}7 \cdot 25 = 70{,}0\ \ (kN)$




*Slika 118: Dimenzije temelja*

### 10.3.2 **Kontrola naprezanja na dodirnoj lohi temelj-tlo**

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$A = 2{,}0 \cdot 2{,}0 = 4{,}0\ m^2$

$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{2{,}0 \cdot 2{,}0^2}{6} = 1{,}33\ m^3$

$N_{max} = 1985{,}42\ kN \quad \rightarrow \quad N_{Ed} = N_{max} + N_t = 1985{,}42 + 70{,}00 = 2055{,}42\ kN$

$M_{pripadno} = 42{,}21\ kNm$

$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{2055{,}42}{4{,}0} \pm \frac{42{,}21}{1{,}33} = 513{,}86 \pm 31{,}74$

$\sigma_1 = 545{,}6\ kN/m^2$

$\sigma_2 = 482{,}12\ kN/m^2$ $\Big\}$ $< \sigma_{t.dop=550\ kN/m^2}$

### 10.3.3 **Proračun armature temelja**

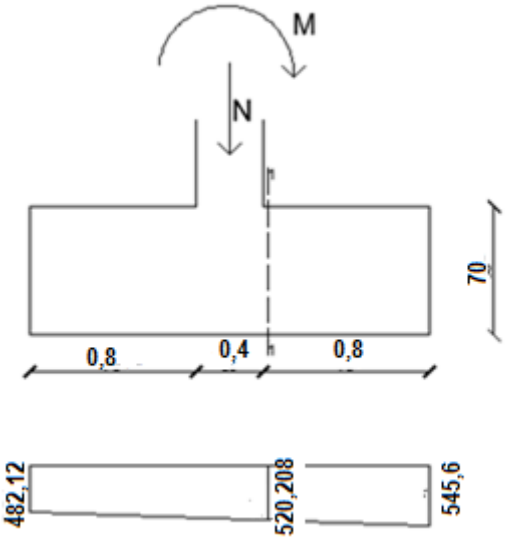
- **Momenti u presjeku 1-1**

$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)$$

$$\sigma_{1-1} = 545{,}6 - \frac{0{,}8}{2{,}0} \cdot (545{,}6 - 482{,}12) = 520{,}208\ kPa$$

$$M_{1-1} = 520{,}208 \cdot 0{,}8 \cdot 2{,}0 \cdot \frac{0{,}8}{2} + (545{,}6 - 482{,}12) \cdot \frac{0{,}8 \cdot 2{,}00}{2} \cdot \frac{2}{3} 0{,}8 = 360{,}02\ kNm$$




*Slika 119: Naprezanje ispod temelja samca*

Mjerodavni moment za proračun armature:

$M_{Ed}^{1-1} = (M^{1-1})_{max} = 360{,}02\ kNm$

Klasa betona: C30/37 → $f_{ck} = 30\ MPa$ → $f_{cd} = \frac{30}{1{,}5} = 20{,}00\ MPa = 2{,}0\ kN/cm^2$

Zadana armatura: B500B → $f_{yk} = 500\ MPa \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1{,}15} = 434{,}78\ MPa = 43{,}48\ kN/cm^2$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{360{,}02 \cdot 100}{100 \cdot 63^2 \cdot 2.0} = 0.045\ MPa$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0$ ‰, $\varepsilon_{c2} = 1.3$ ‰, $\xi = 0.155$ , ζ=0.959

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d_y} = \frac{360{,}02 \cdot 100}{43.48 \cdot 0.959 \cdot 63} = 13{,}7\ cm^2 \quad /m'$$

$A'_{s1} = A_{s1}/a = 13{,}7/2 = 6{,}85\ cm^2/m'$

Odabrana armatura: **mreža Q-785** ($A_{s1} = 7{,}85\ \ cm^2/m'$ )

Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: **mreža Q-385** ($A_{s1} = 3{,}85\ \ cm^2/m'$ )

# 11 GRAFIČKI PRILOZI

**11.1. Tlocrt temelja**

**11.2. Tlocrt podruma**

**11.3. Tlocrt prizemlja, , 1. 2., 3. i 4. kata**

**11.4. Tlocrt krova**

**11.5. Poprečni presjek A-A**

**11.6. Poprečni presjek B-B**

**11.7. Poprečni presjek C-C**

**11.8. Poprečni presjek D-D**

**11.9. Pogled sjever**

**11.10 Pogled jug**

**11.12. Pogled sjeveroistok**

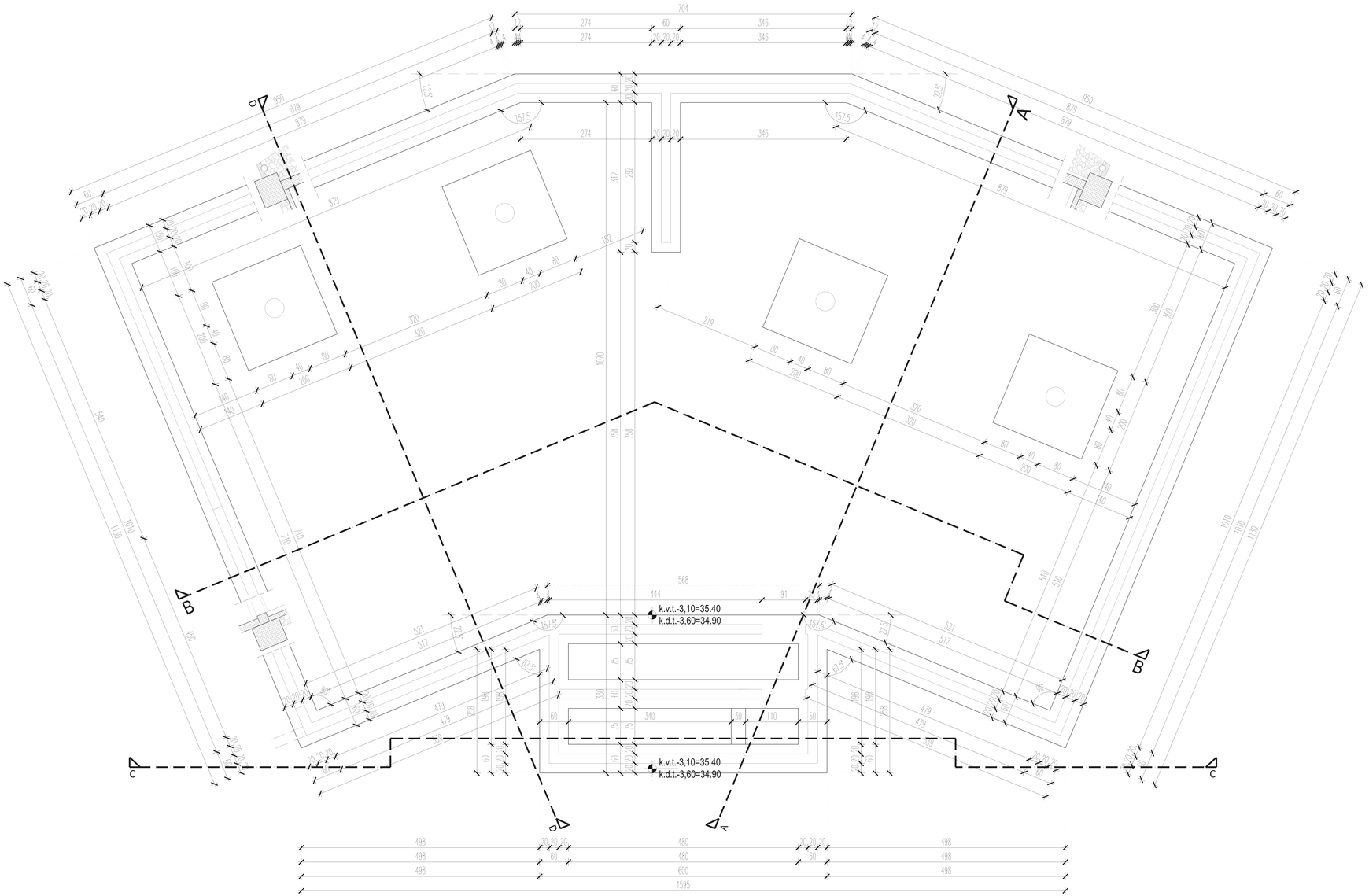
**11.13. Pogled sjeverozapad**

**11.14. Pogled jugozapad**

**11.15. Pogled jugoistok**

TLOCRT TEMELJA
M 1:50

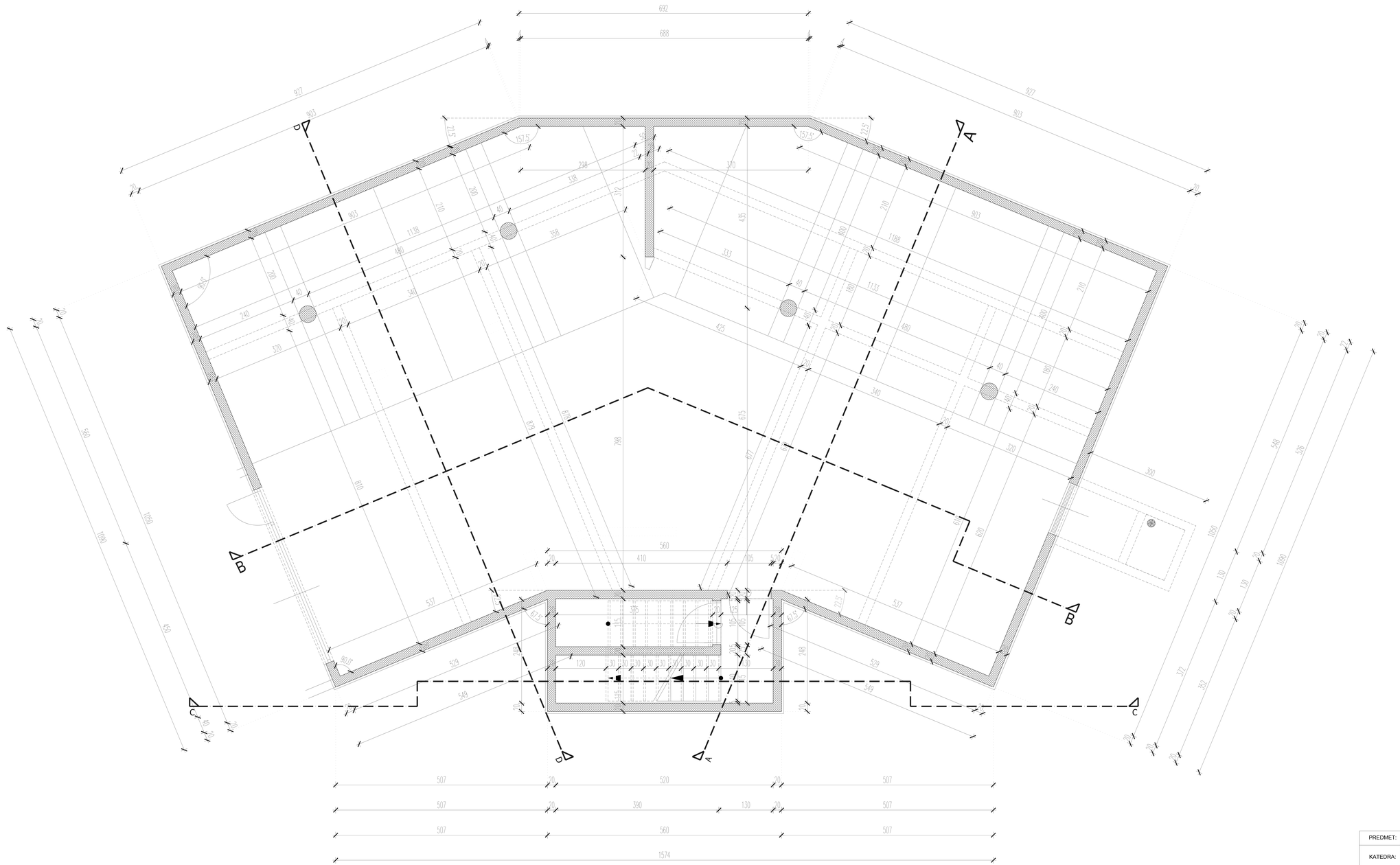
S




| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | 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 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | TLOCRT TEMELJA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.1 |

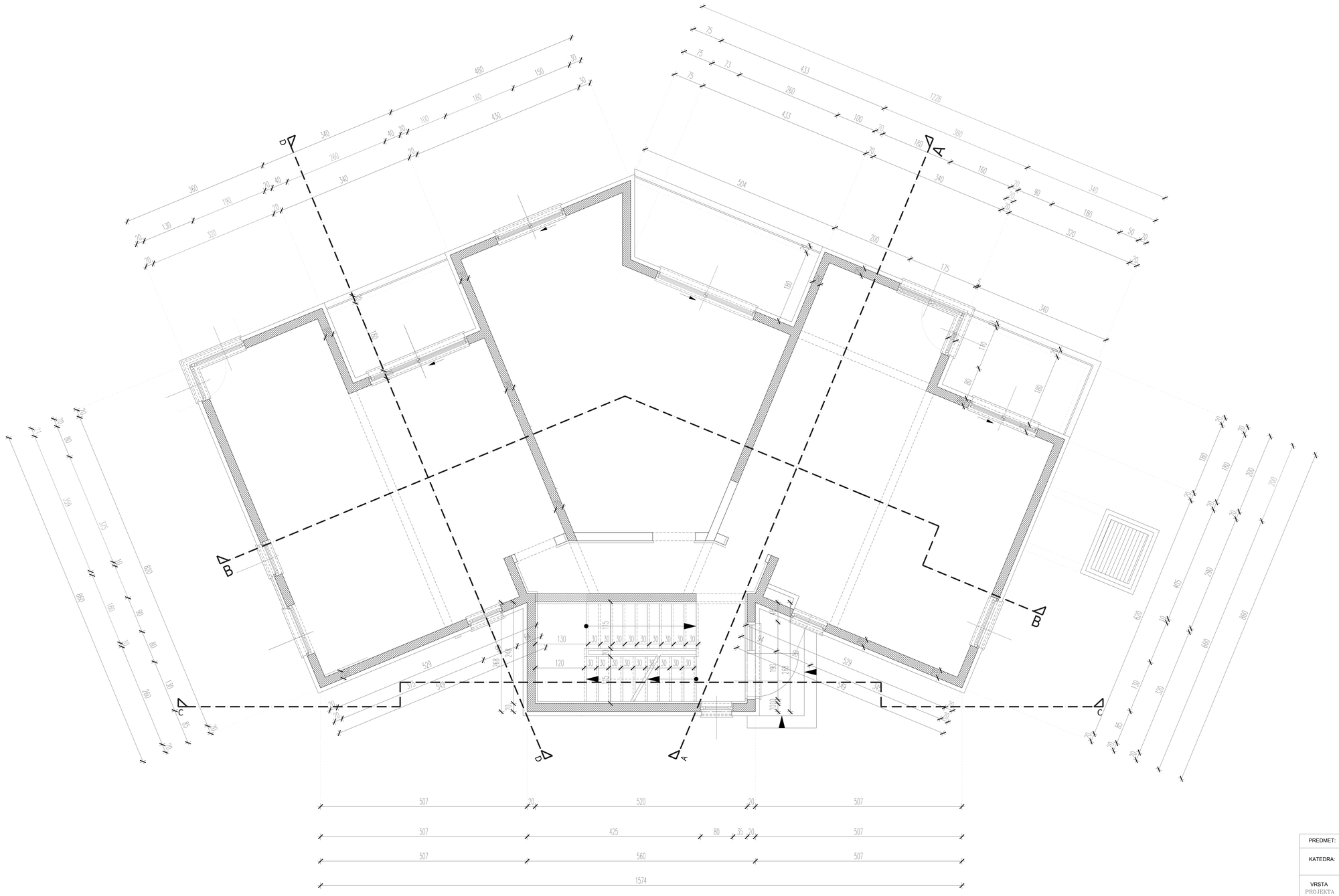
TLOCRT PODRUMA
M 1:50

S



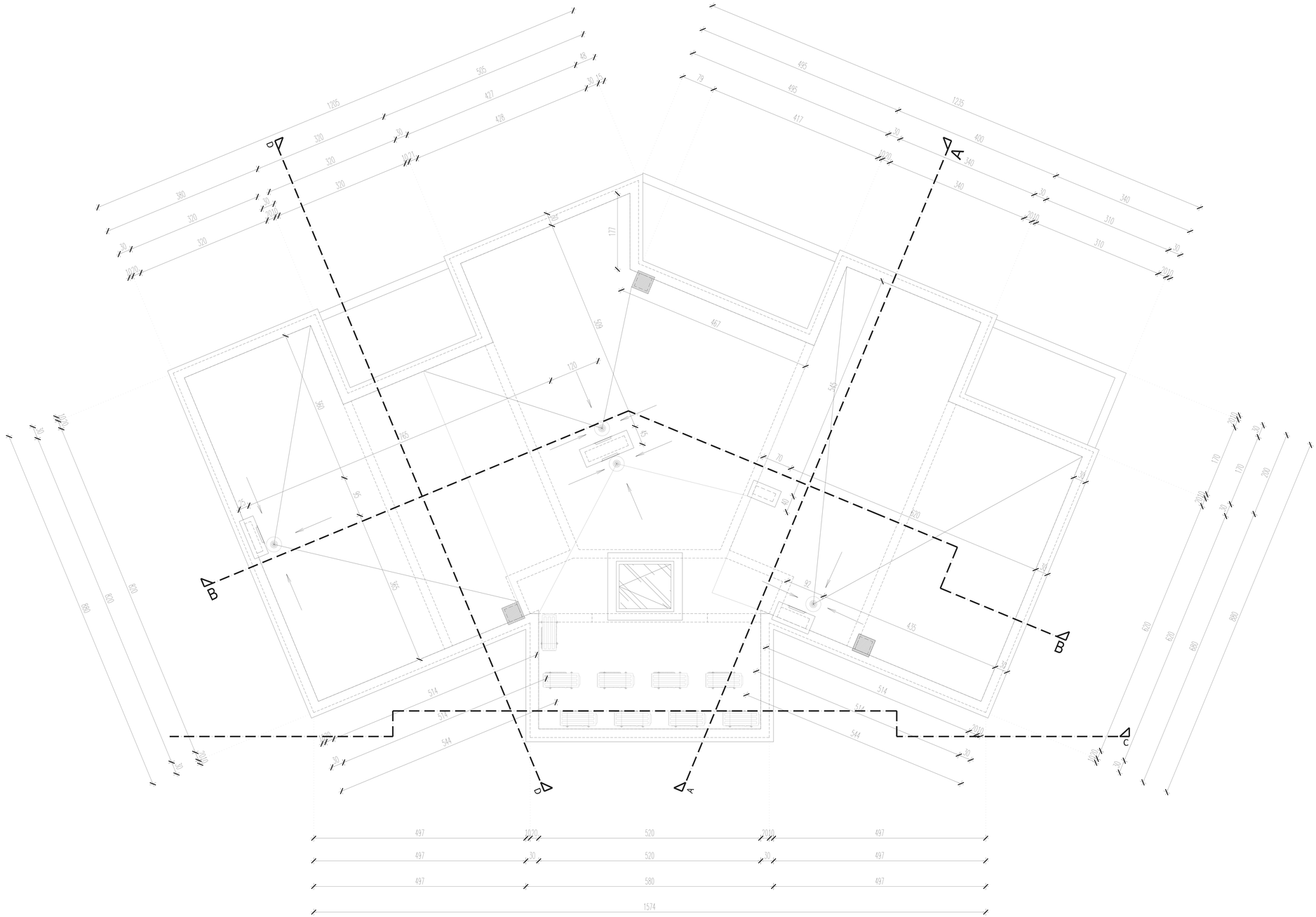

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel.:+385 (0)21 303202, fax.:+385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | TLOCRT PODRUMA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.2 |

TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:50



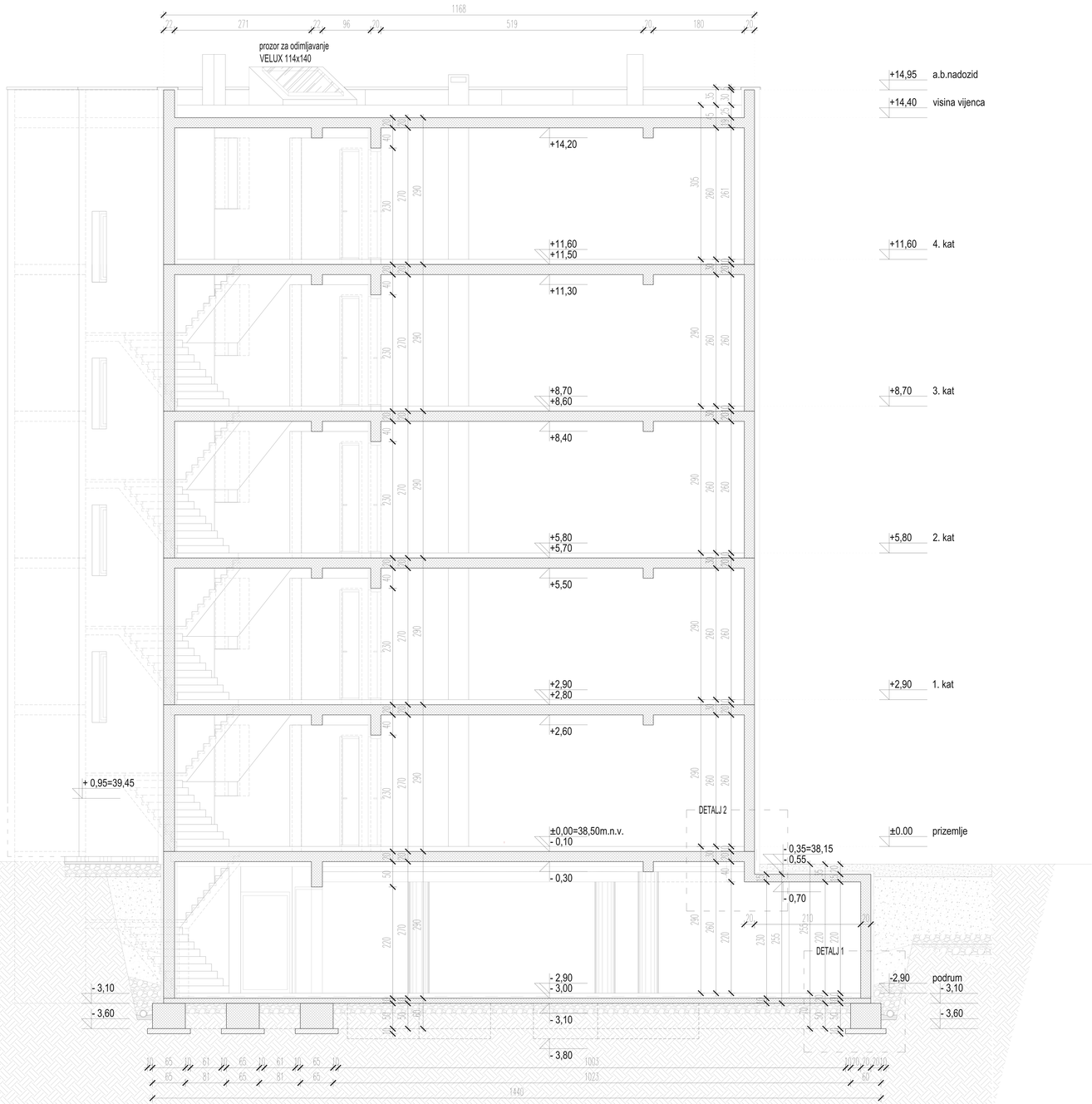

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463, tel. + 385 (021 303333, fax + 385 (021 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | TLOCRT PRIZEMLJA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.3 |

TLOCRT 1., 2., 3., 4. KATA
M 1:50



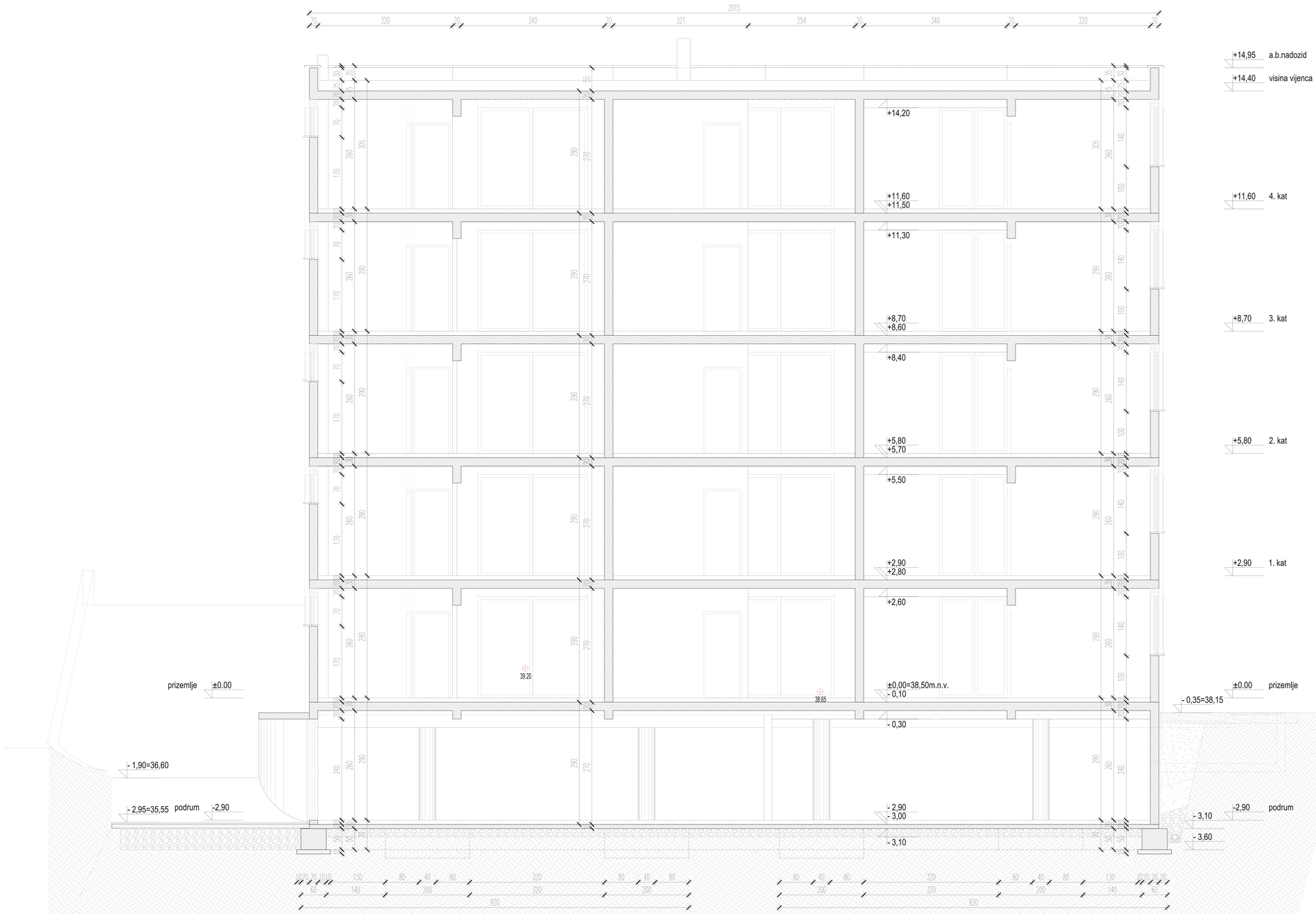

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149403, tel. + 385 (021) 303333, fax + 385 (021) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | TLOCRT 1., 2., 3., 4. KATA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.4 |

# PRESJEK A-A
M 1:50



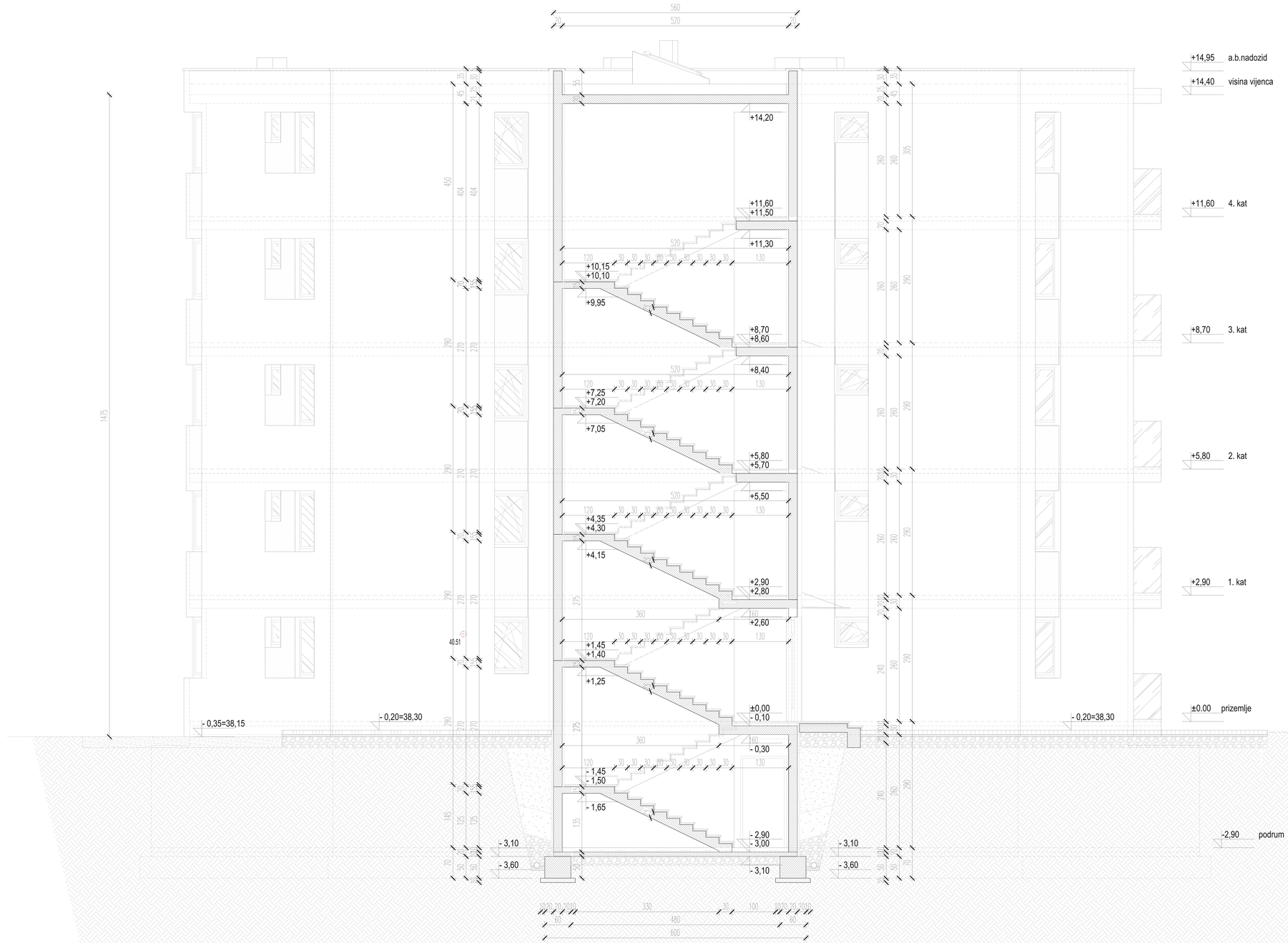

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3146483; tel. + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | PRESJEK A-A | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.5 |

# PRESJEK B-B
M 1:50



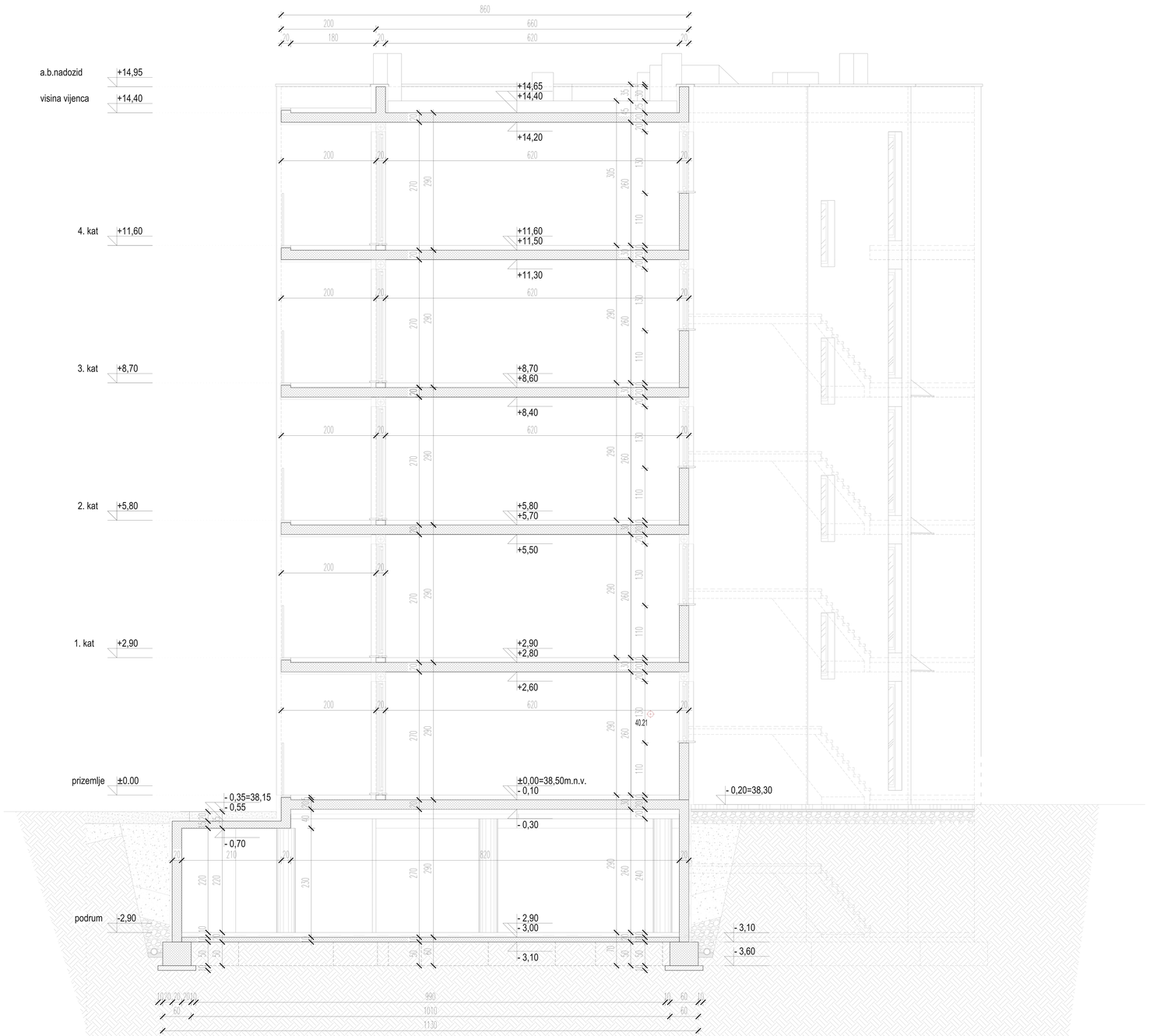

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB:3146483; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | PRESJEK B-B | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.6 |

# PRESJEK C-C
M 1:50



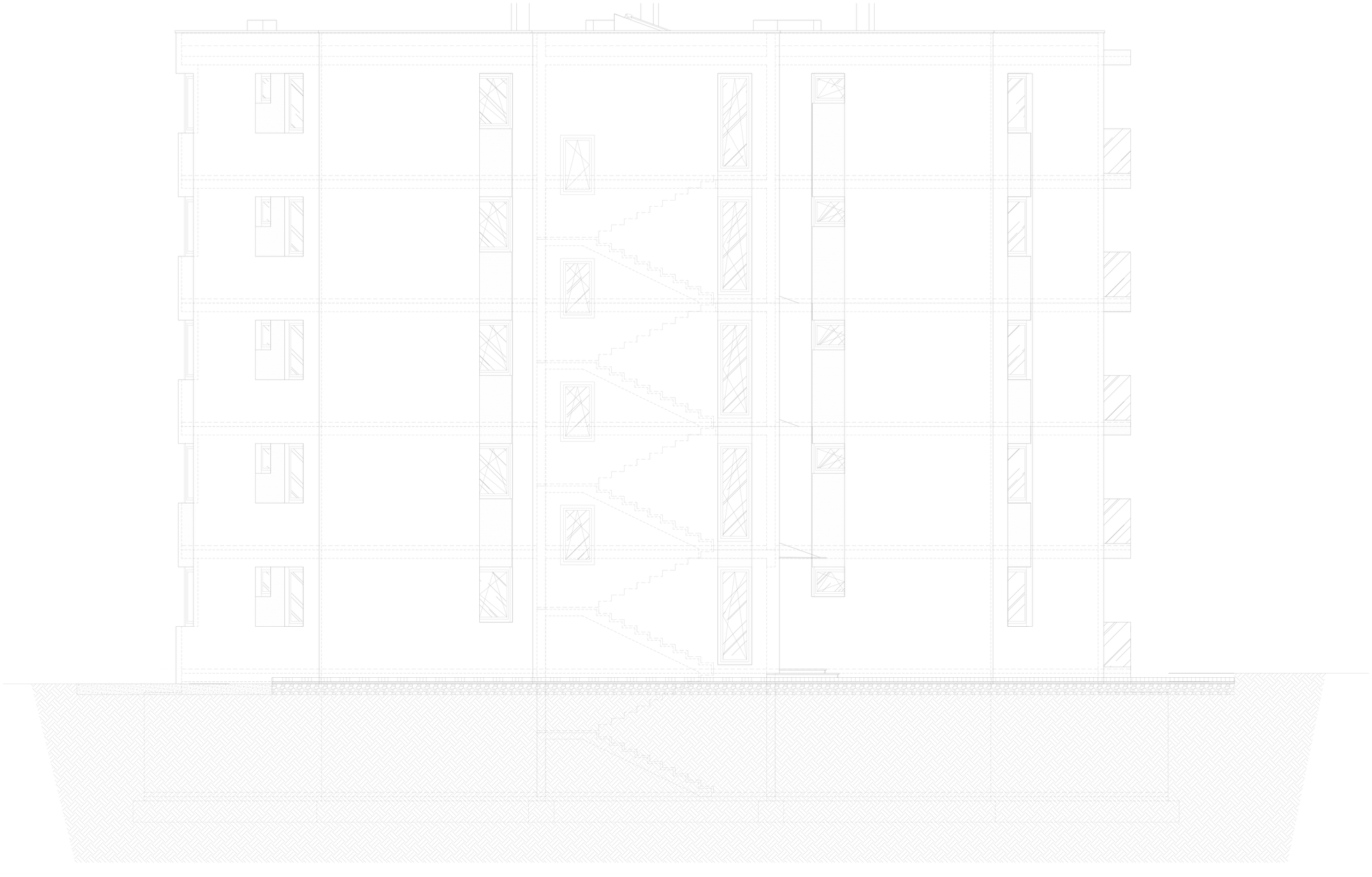

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3140483; tel. + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | PRESJEK C-C | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.7 |

# PRESJEK D-D
M 1:50



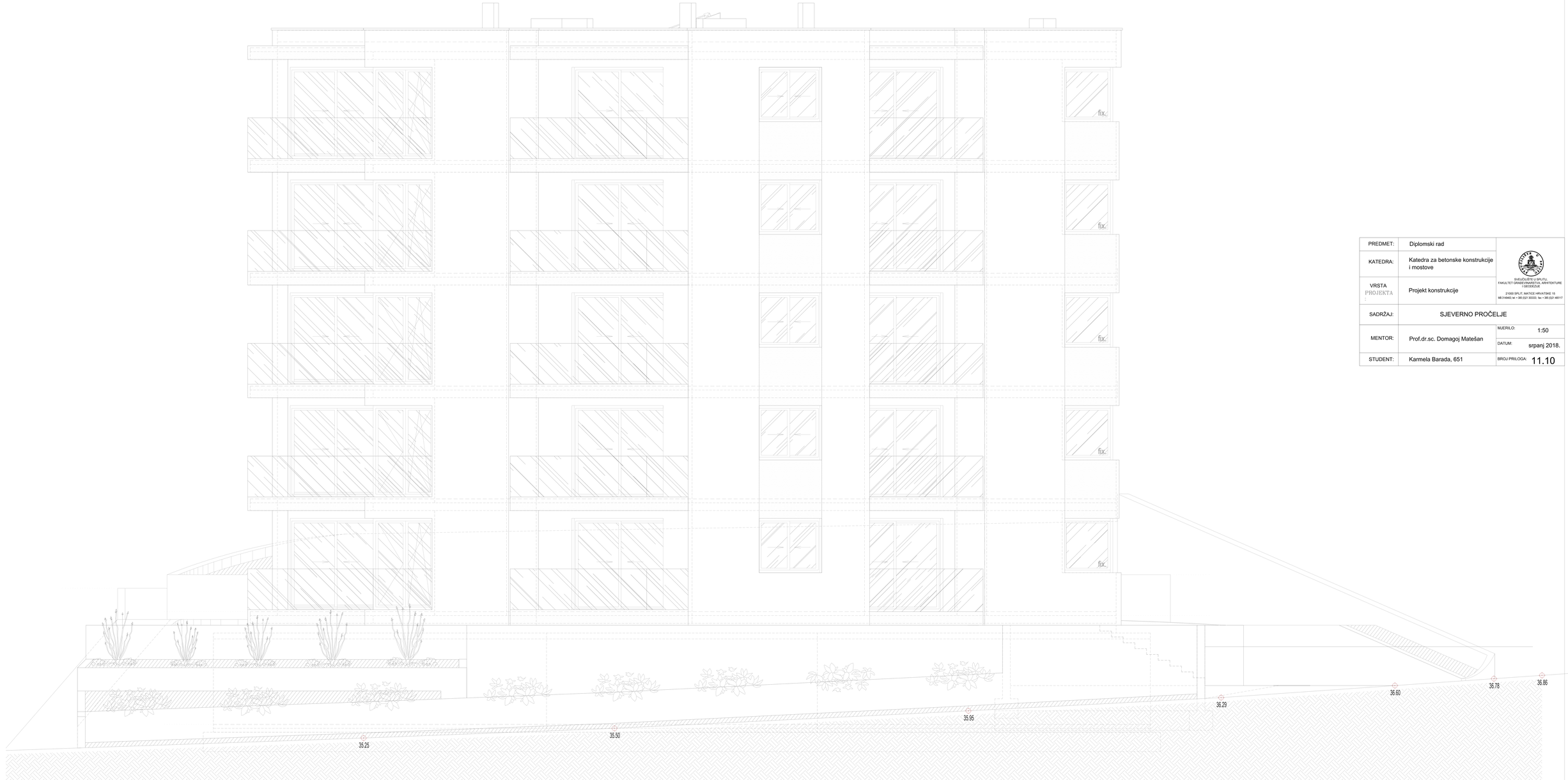

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel.:(+385 21) 303333, fax.:(+385 21) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | PRESJEK D-D | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.8 |

JUŽNO PROČELJE
M 1:50



| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463, tel. + 385 (0)21 303333, fax + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | JUŽNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.9 |

# SJEVERNO PROČELJE
M 1:50

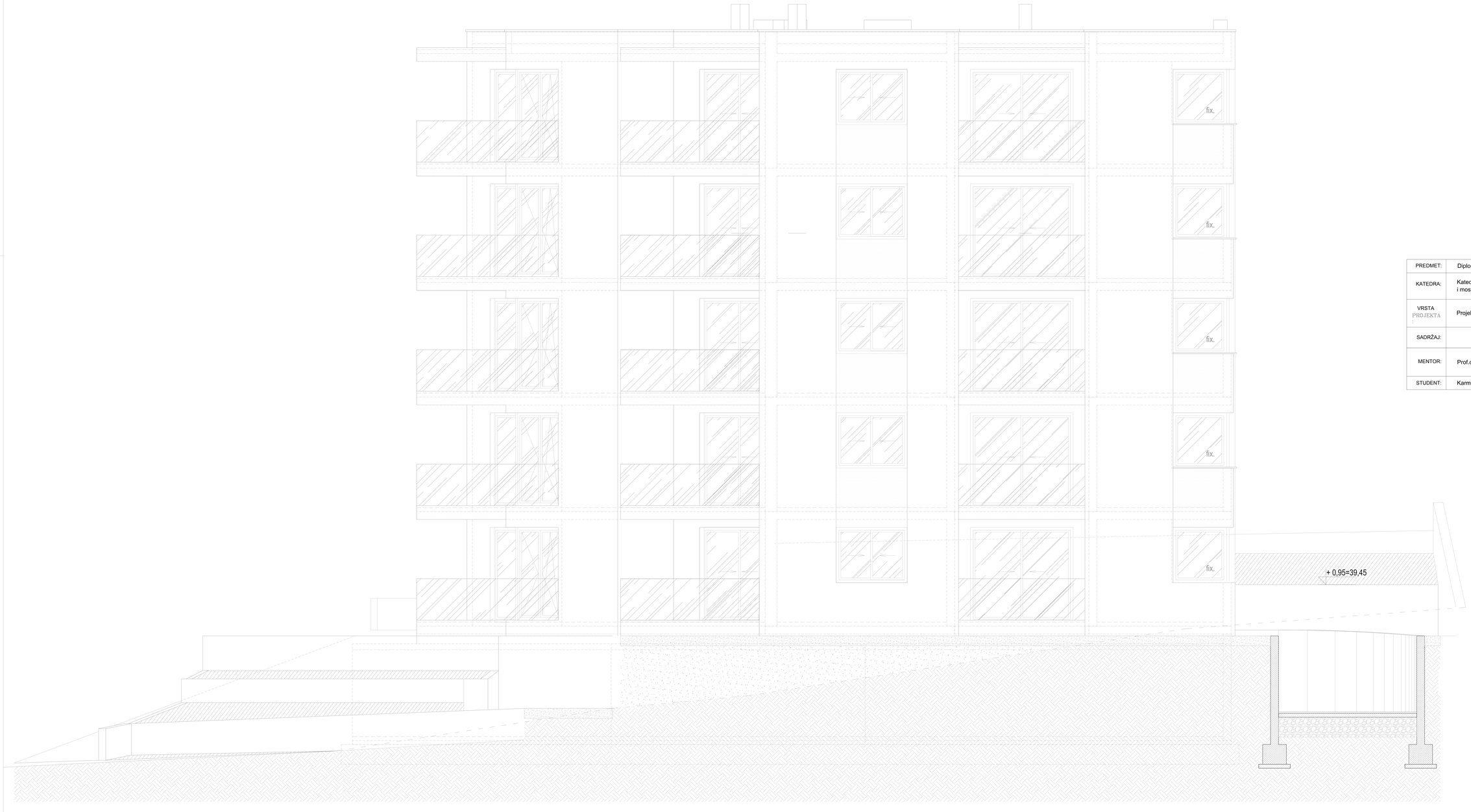



| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB:3146463 tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | SJEVERNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.10 |

# SJEVEROISTOČNO PROČELJE
# M 1:50

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel.:(+385) 21 303333, fax: (+385) 21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | SJEVEROISTOČNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.11 |

# SJEVEROZAPADNO PROČELJE
# M 1:50

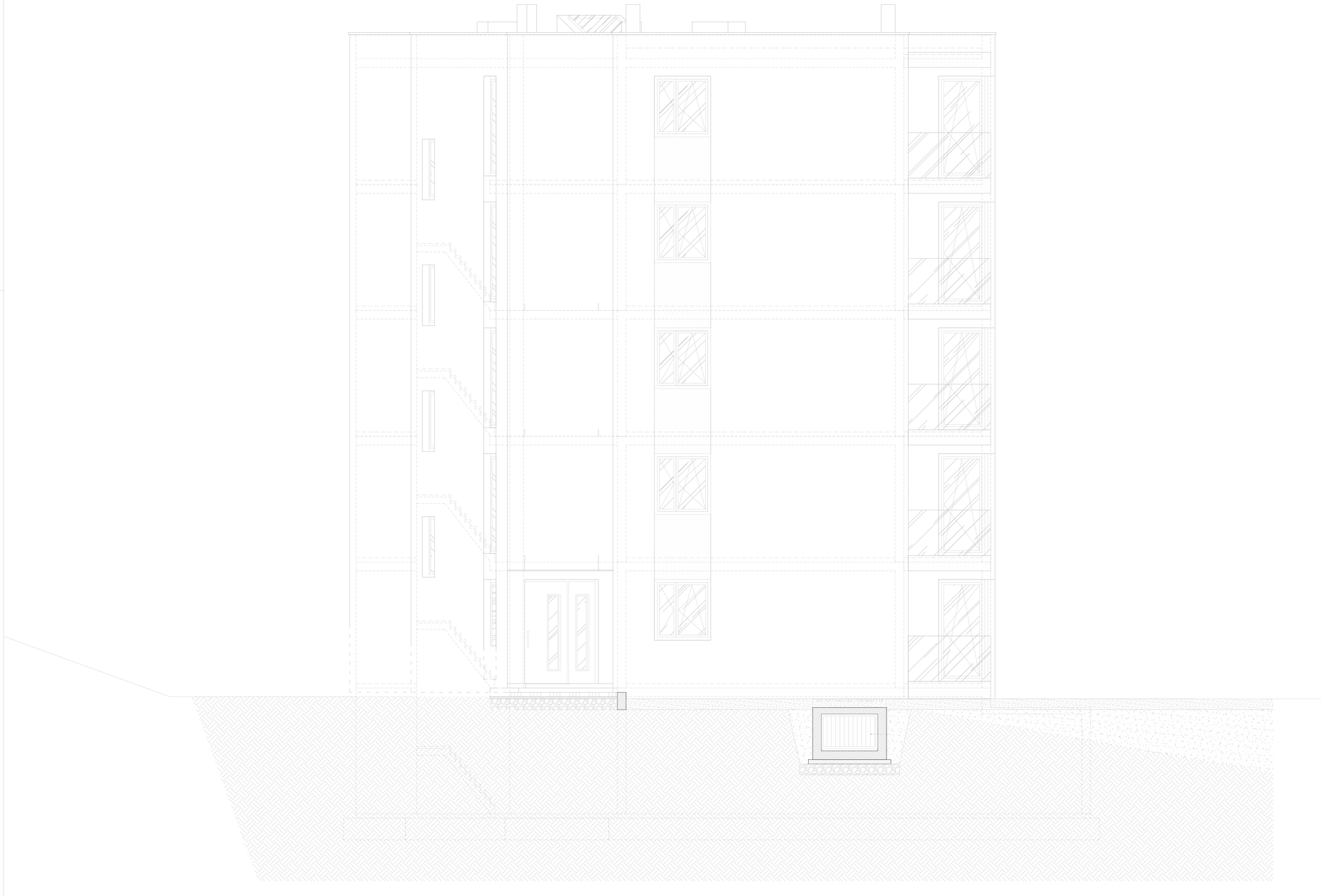



| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, MB 3146463, tel. + 385 (0)21 303333, fax. + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | SJEVEROZAPADNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.12 |

# JUGOZAPADNO PROČELJE
# M 1:50

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, MB:3146463, tel: + 385 (0)21 303333, fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | JUGOZAPADNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.13 |

JUGOISTOČNO
PROČELJE
M 1:50



| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463, tel. + 385 (0)21 303333, fax + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA: | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | JUGOISTOČNO PROČELJE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 11.14 |

# 12 ARMATURNI NACRTI

**12.1. Armaturni nacrt ploče pozicije 100, donja zona**

**12.2. Armaturni nacrt ploče pozicije 100, gornja zona**

**12.3. Armaturni nacrt međukatne ploče , donja zona**

**12.4. Armaturni nacrt međukatne ploče, gornja zona**

**12.5. Armaturni nacrt krovne ploče, gornja zona**

**12.6. Armaturni nacrt krovne ploče, gornja zona**

**12.7. Izvještaj količine armaturne mreže**

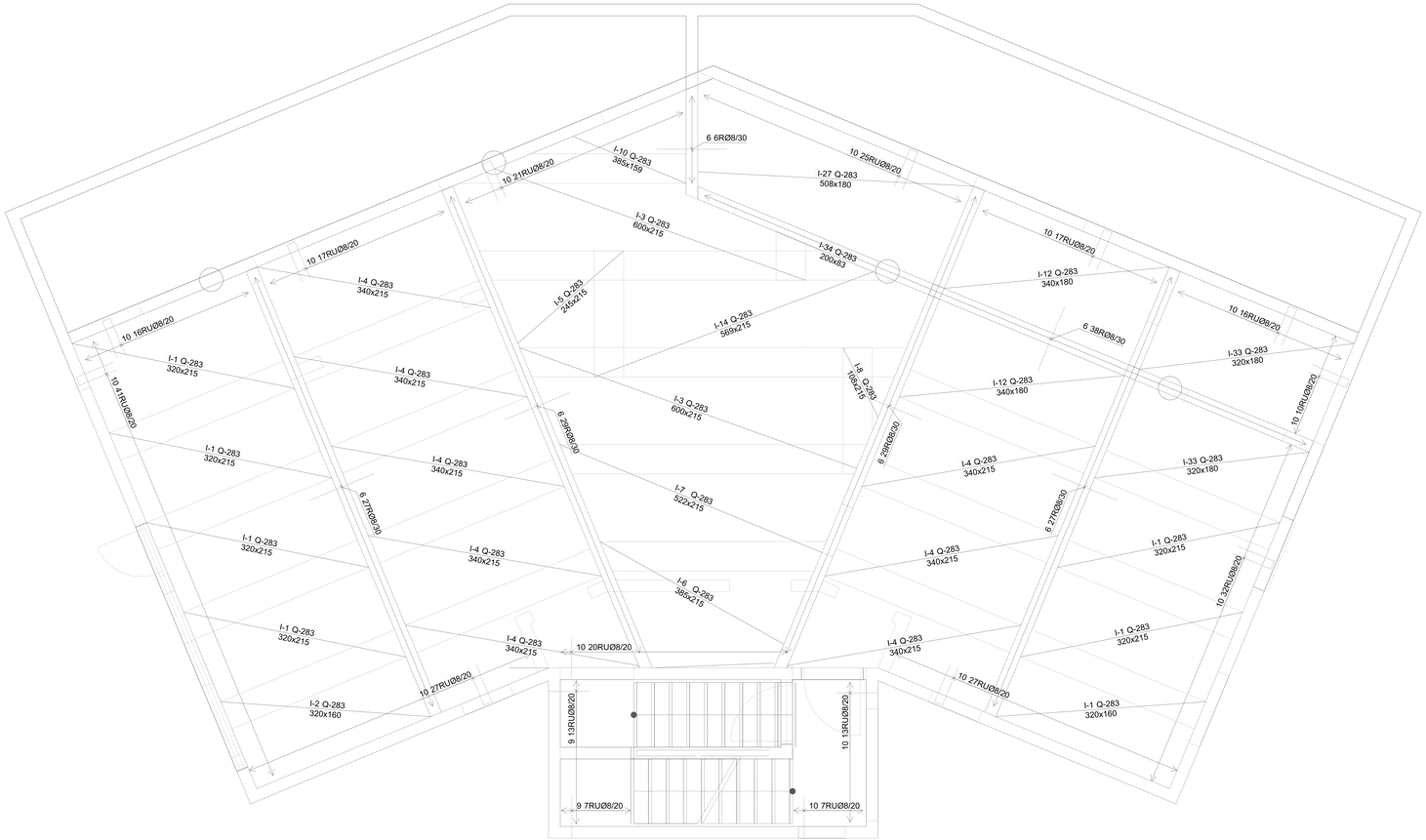
**12.8. Armaturni nacrt karakterističnog zida 12**

**12.9. Armaturni nacrt okvira s karakterističnom gredom G1 i stupovima**

**12.10. Armaturni nacrt stubišta**

**12.11. Armaturni nacrt temelja**

# ARMATURA PLOČE
# POZICIJA 100,
# DONJA ZONA
# M 1:50




Šipke - specifikacija

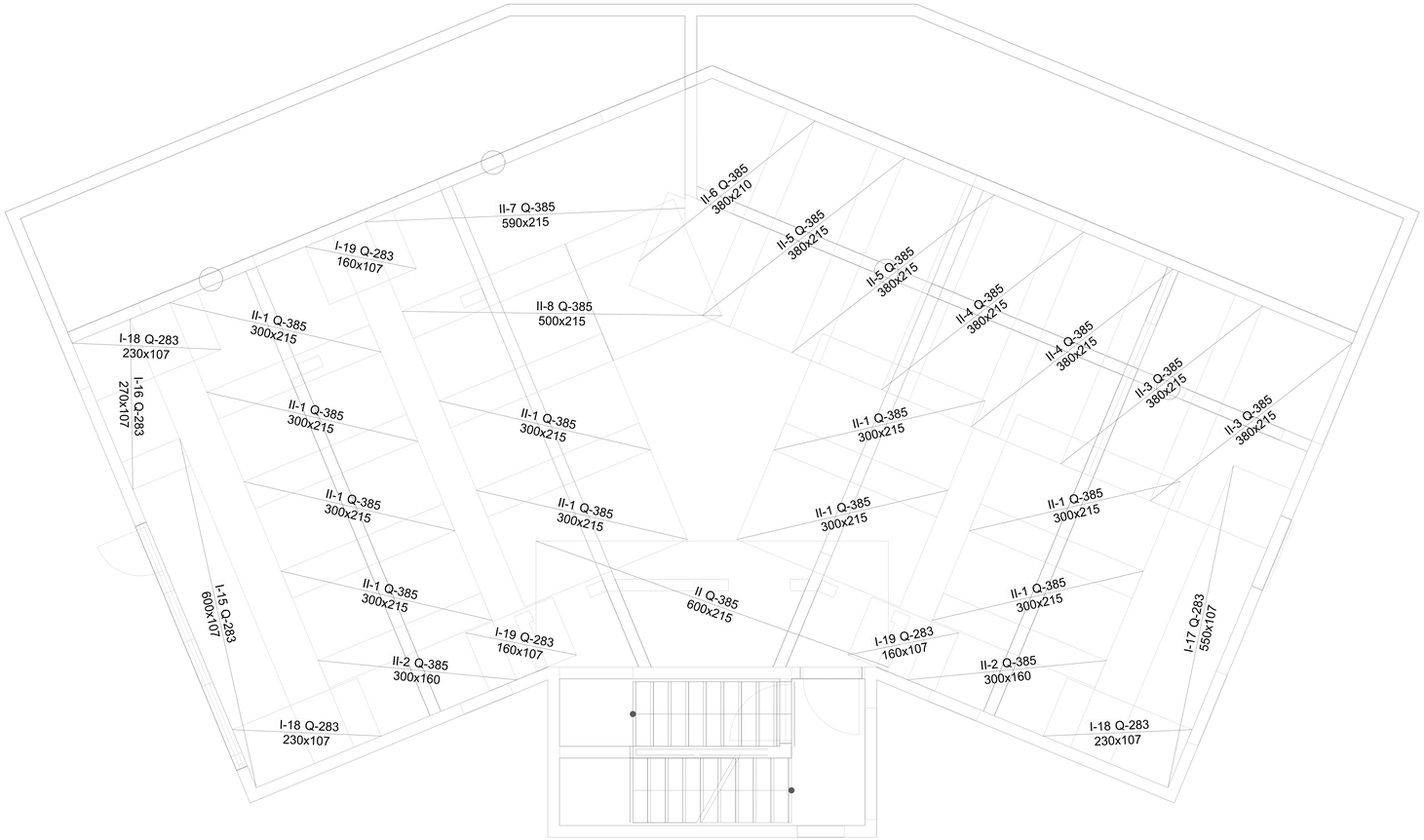
| ozn. | oblik i mjere [cm] | Ø | la [m] | n [kom] | lgn [m] | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 68 / 68 | 8 | 1.50 | 289 | 433,5 | |
| 6 | 120 | 8 | 1.2 | 156 | 187,2 | |
| 9 | 70 / 70 | 8 | 1.49 | 20 | 30,0 | |

Šipke - rekapitulacija

| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m'] | Težina [kg] |
|---|---|---|---|
| 10 | 650,5 | 0,41 | 266,71 |
| Ukupno | | | 266,71 |

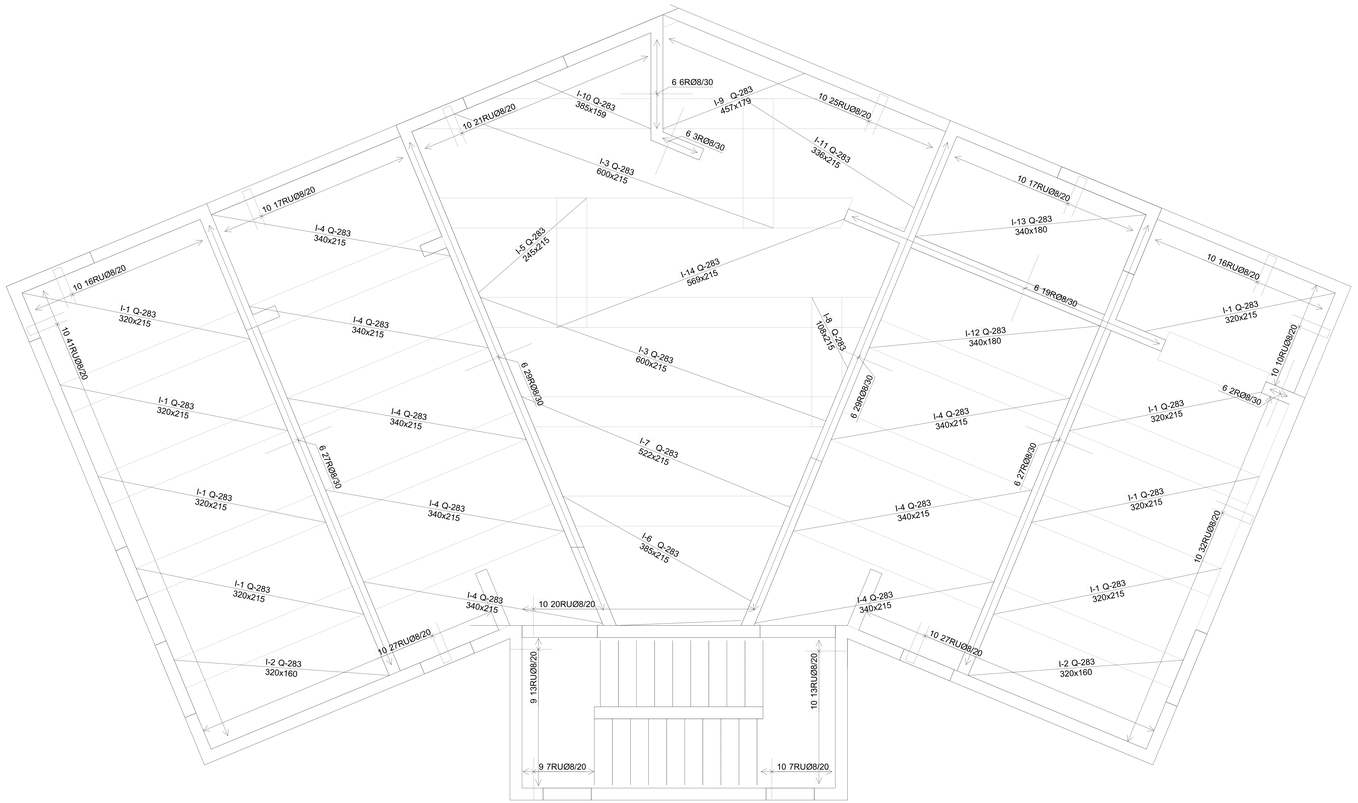
| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303033; fax: + 385 (0)21 465117 |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 100-donja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.1 |

# ARMATURA PLOČE
# POZICIJA 100,
# GORNJA ZONA
# M 1:50




| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 2149463, tel. + 385 (021) 303333, fax. + 385 (021) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 100-gornja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.2 |

# ARMATURA PLOČE POZICIJA 200,300,400,500 DONJA ZONA M 1:50




Šipke - specifikacija

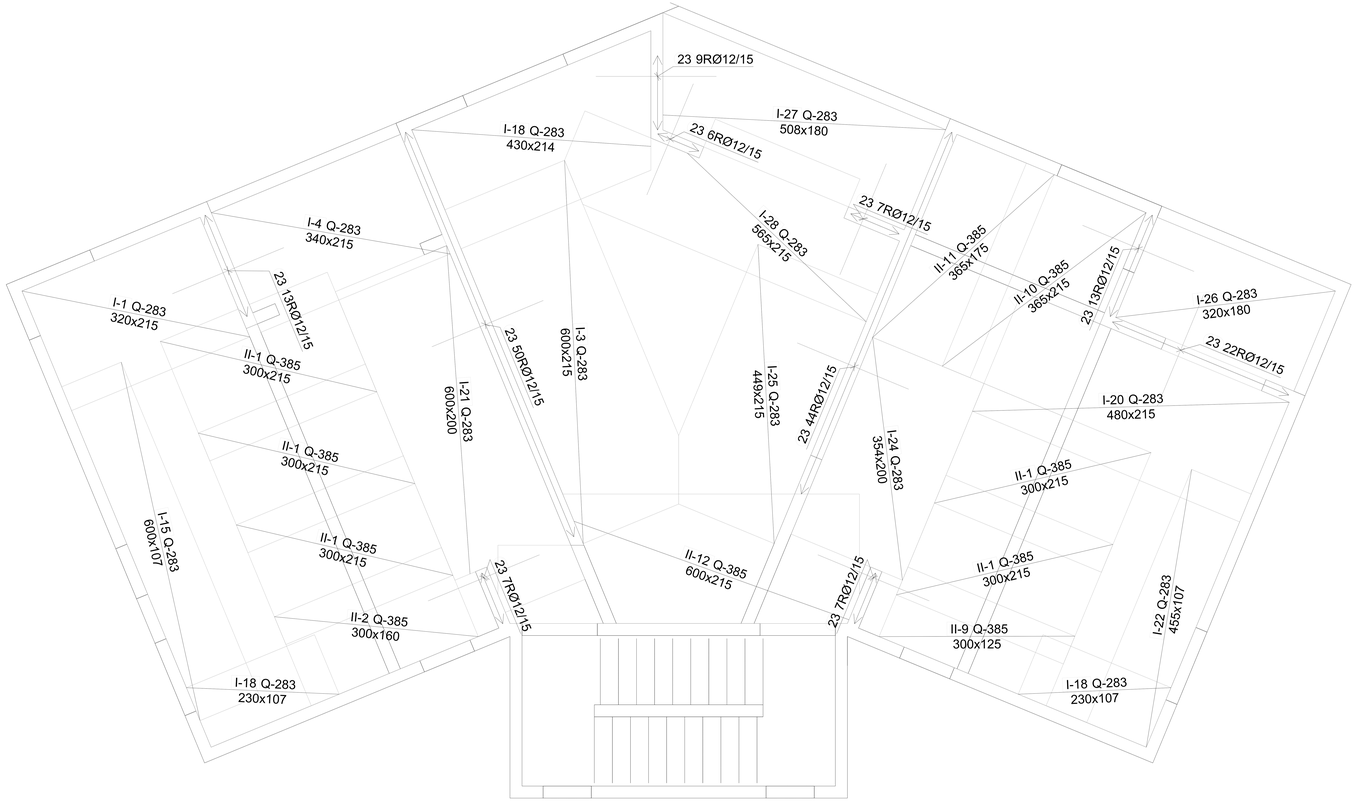
| ozn. | oblik i mere [cm] | Ø | lg [m] | n [kom] | lgn [m] | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 68 / 68 | 8 | 1.50 | 289 | 433,5 | |
| 6 | 120 | 8 | 1.2 | 142 | 170,4 | |
| 9 | 70 / 70 | 8 | 1.49 | 20 | 29,8 | |

Šipke - rekapitulacija

| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m'] | Težina [kg] |
|---|---|---|---|
| 10 | 633,7 | 0,41 | 259,82 |
| Ukupno | | | 259,82 |

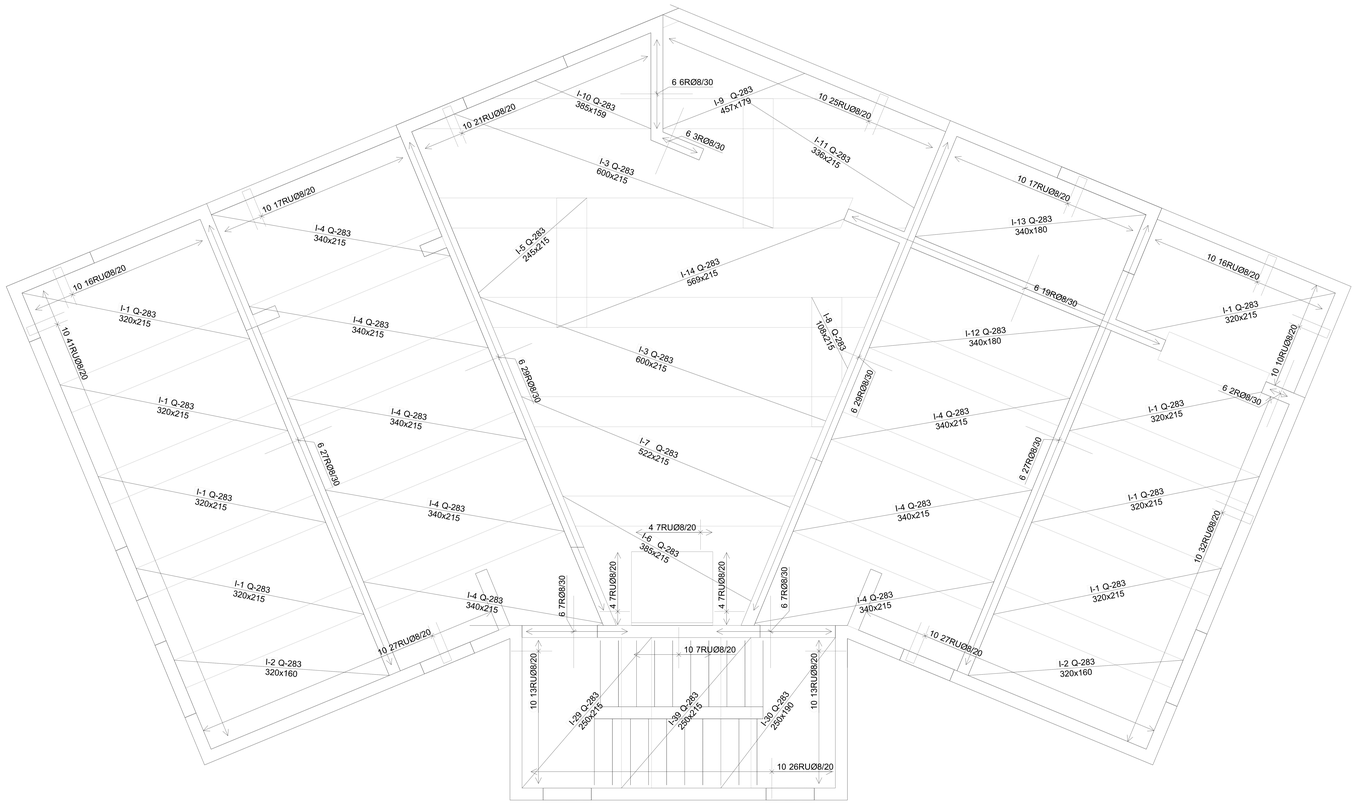
| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 2149463, tel. + 385 (021) 303333, fax. + 385 (021) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 200-donja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.3 |

# ARMATURA PLOČE
# POZICIJA
# 200,300,400,500
# GORNJA ZONA
# M 1:50




| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 2149463, tel. + 385 (021) 303333, fax. + 385 (021) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 200-gornja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.4 |

# ARMATURA PLOČE
# POZICIJA 600
# DONJA ZONA
# M 1:50




Šipke - specifikacija

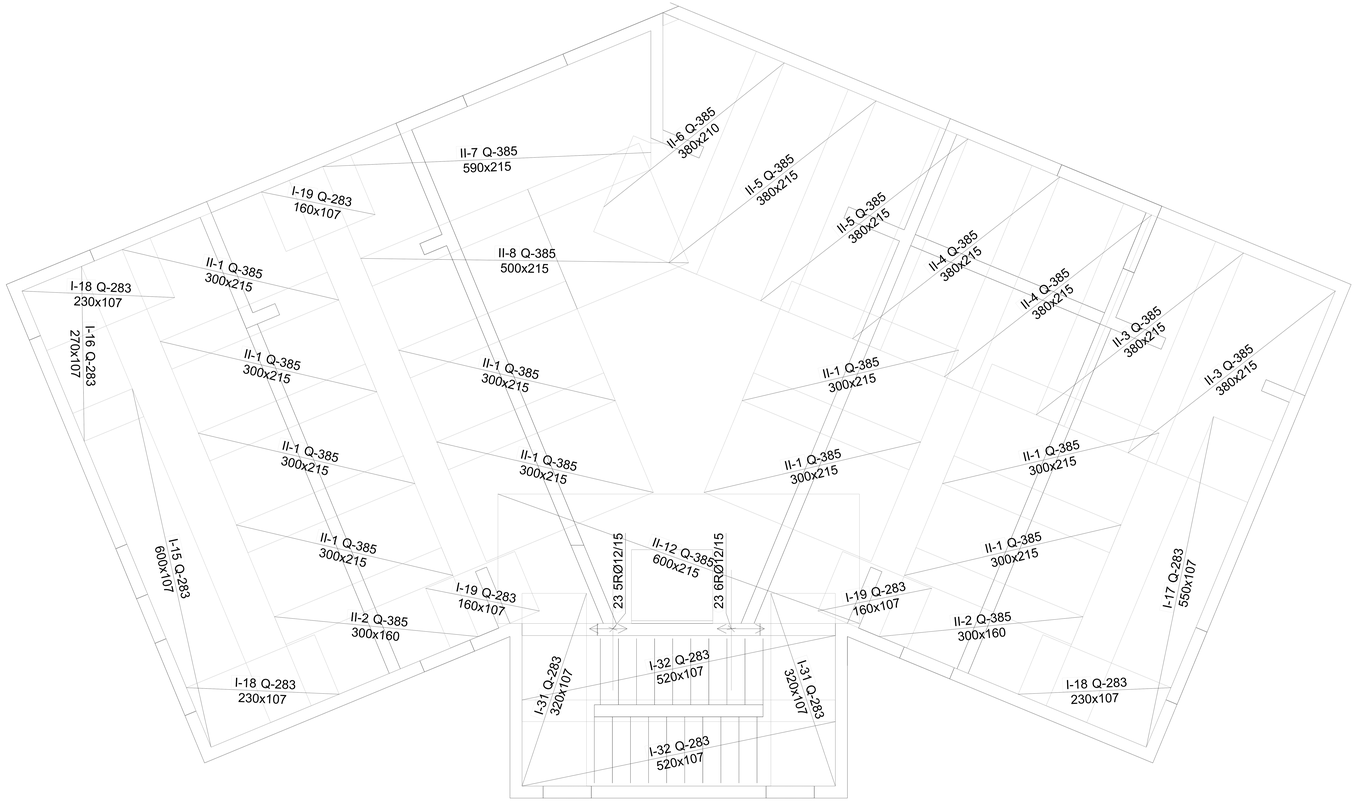
| ozn. | oblik i mere [cm] | Ø | lg [m] | n [kom] | lgn [m] | Napomena |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 68 / 68 | 8 | 1.50 | 308 | 462 | |
| 6 | 120 | 8 | 1.2 | 156 | 187,2 | |
| 4 | 70 / 70 | 8 | 1.49 | 21 | 31,29 | |

Šipke - rekapitulacija

| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m'] | Težina [kg] |
|---|---|---|---|
| 10 | 680,49 | 0,41 | 279,0 |
| Ukupno | | | 279,0 |

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 2149463, tel. + 385 (021) 303333, fax. + 385 (021) 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 600-donja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.5 |

# ARMATURA PLOČE
# POZICIJA 600
# GORNJA ZONA
# M 1:50



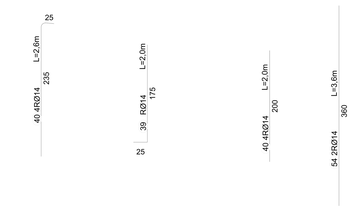

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB:3149463; tel: + 385 (0)21 303033; fax: + 385 (0)21 465117 |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURA PLOČE POZICIJA 600-gornja zona | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.6 |

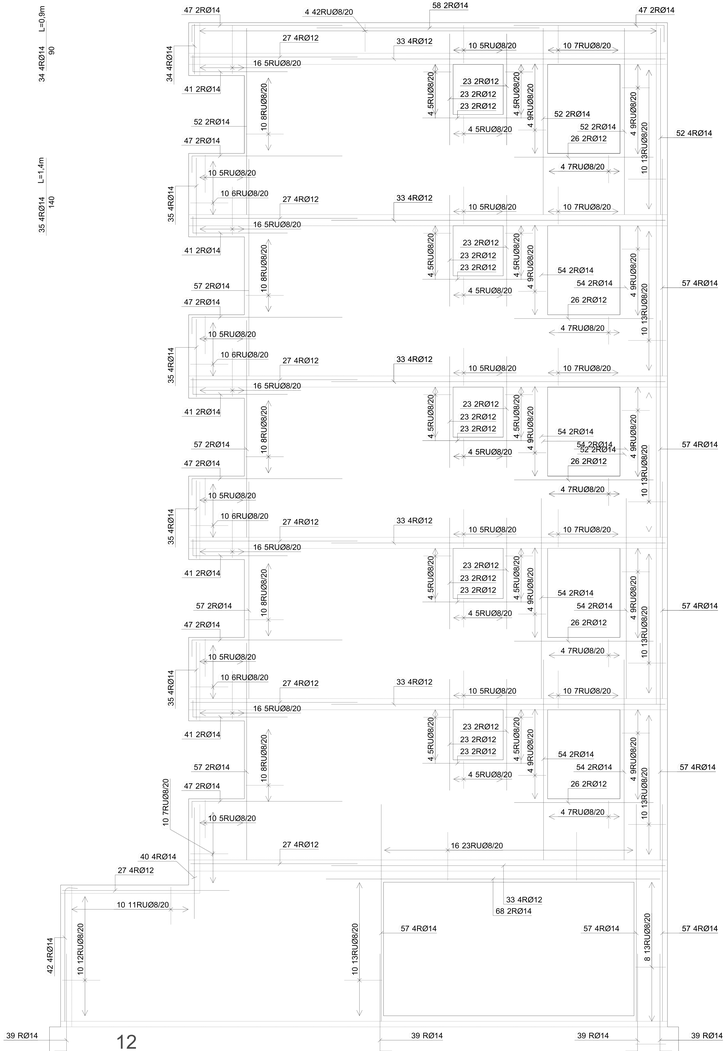
# ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČE-POZICIJA 100-600 I KARAKTERISTIČNI ZID

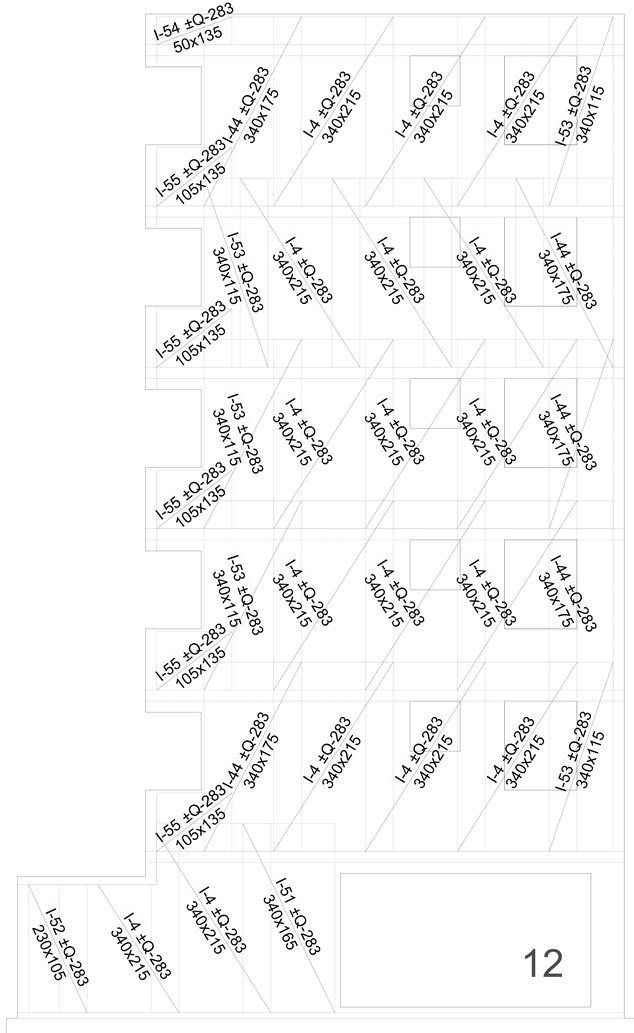
| Mreže - specifikacija | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pozicija | Oznaka mreže | B [cm] | L [cm] | n | Jedinična težina [kg/m2] | Ukupna težina [kg] | Napomena |
| noname (1 kom) | | | | | | | |
| I-1 | Q-283 | 215 | 320 | 50 | 4.44 | 1527.36 | |
| I-2 | Q-283 | 160 | 320 | 14 | 4.44 | 318.26 | |
| I-3 | Q-283 | 215 | 600 | 16 | 4.44 | 916.42 | |
| I-4 | Q-283 | 215 | 340 | 80 | 4.44 | 2596,51 | |
| I-5 | Q-283 | 215 | 245 | 6 | 4.44 | 140.33 | |
| I-6 | Q-283 | 215 | 385 | 6 | 4.44 | 220.51 | |
| I-7 | Q-283 | 215 | 522 | 6 | 4.44 | 298.98 | |
| I-8 | Q-283 | 215 | 108 | 6 | 4.44 | 61.86 | |
| I-9 | Q-283 | 179 | 457 | 5 | 4.44 | 181.60 | |
| I-10 | Q-283 | 159 | 385 | 6 | 4.44 | 163.08 | |
| I-11 | Q-283 | 215 | 336 | 5 | 4.44 | 160.37 | |
| I-12 | Q-283 | 180 | 340 | 7 | 4.44 | 190.21 | |
| I-13 | Q-283 | 180 | 340 | 5 | 4.44 | 135.86 | |
| I-14 | Q-283 | 215 | 569 | 6 | 4.44 | 325.9 | |
| I-15 | Q-283 | 107 | 600 | 6 | 4.44 | 171.03 | |
| I-16 | Q-283 | 107 | 270 | 2 | 4.44 | 25.65 | |
| I-17 | Q-283 | 107 | 550 | 2 | 4.44 | 52.26 | |
| I-18 | Q-283 | 107 | 230 | 14 | 4.44 | 152.98 | |
| I-19 | Q-283 | 107 | 160 | 6 | 4.44 | 45.61 | |
| I-20 | Q-283 | 215 | 480 | 4 | 4.44 | 183.26 | |
| I-21 | Q-283 | 200 | 600 | 4 | 4.44 | 213.12 | |
| I-22 | Q-283 | 107 | 455 | 4 | 4.44 | 86.46 | |
| I-23 | Q-283 | 214 | 430 | 4 | 4.44 | 163.43 | |
| I-24 | Q-283 | 200 | 354 | 4 | 4.44 | 125.74 | |
| I-25 | Q-283 | 215 | 449 | 4 | 4.44 | 171.45 | |
| I-26 | Q-283 | 180 | 320 | 4 | 4.44 | 102.3 | |
| I-27 | Q-283 | 180 | 508 | 5 | 4.44 | 203.00 | |
| I-28 | Q-283 | 215 | 565 | 4 | 4.44 | 215.74 | |
| I-29 | Q-283 | 215 | 250 | 2 | 4.44 | 47.73 | |
| I-30 | Q-283 | 190 | 250 | 1 | 4.44 | 21.09 | |
| I-31 | Q-283 | 107 | 320 | 2 | 4.44 | 30.41 | |
| I-32 | Q-283 | 107 | 520 | 2 | 4.44 | 49.41 | |
| I-33 | Q-283 | 180 | 320 | 2 | 4.44 | 51.15 | |
| I-34 | Q-283 | 83 | 200 | 1 | 4.44 | 7.35 | |
| I-44 | Q-283 | 175 | 340 | 4 | 4.44 | 105.67 | |
| I-51 | Q-283 | 165 | 340 | 2 | 4.44 | 49.82 | |
| I-52 | Q-283 | 105 | 230 | 2 | 4.44 | 21.45 | |
| I-53 | Q-283 | 115 | 340 | 8 | 4.44 | 138.88 | |
| I-54 | Q-283 | 135 | 50 | 2 | 4.44 | 5.99 | |
| I-55 | Q-283 | 135 | 105 | 8 | 4.44 | 50,35 | |
| II | Q-385 | 215 | 600 | 1 | 5.94 | 76.63 | |
| II-1 | Q-385 | 215 | 300 | 40 | 5.94 | 1532.52 | |
| II-2 | Q-385 | 160 | 300 | 8 | 5.94 | 228.10 | |
| II-3 | Q-385 | 215 | 380 | 4 | 5.94 | 194.12 | |
| II-4 | Q-385 | 215 | 380 | 4 | 5.94 | 194.12 | |
| II-5 | Q-385 | 215 | 380 | 4 | 5.94 | 194.12 | |
| II-6 | Q-385 | 210 | 380 | 2 | 5.94 | 94.80 | |
| II-7 | Q-385 | 215 | 590 | 2 | 5.94 | 150.70 | |
| II-8 | Q-385 | 215 | 500 | 2 | 5.94 | 127.71 | |
| II-9 | Q-385 | 125 | 300 | 4 | 5.94 | 89.10 | |
| II-10 | Q-385 | 215 | 365 | 4 | 5.94 | 186.46 | |
| II-11 | Q-385 | 175 | 365 | 4 | 5.94 | 151.77 | |
| II-12 | Q-385 | 215 | 600 | 5 | 5.94 | 383.82 | |
| Ukupno | | | | | | 13331.87 | |

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021 303333, fax: 021 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | IZVJEŠTAJ KOLIČINE ARM. MREŽE | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:100 |
| | | DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.7 |

# ARMATURNI NACRT KARAKTERISTIČNOG ZIDA 12
M 1:50

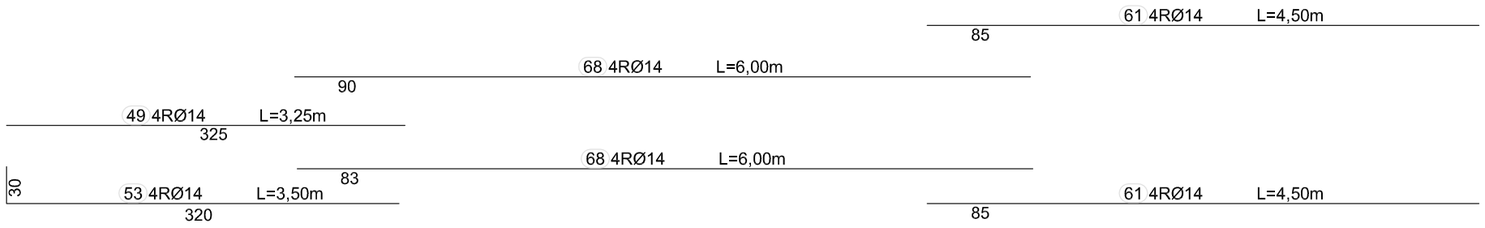


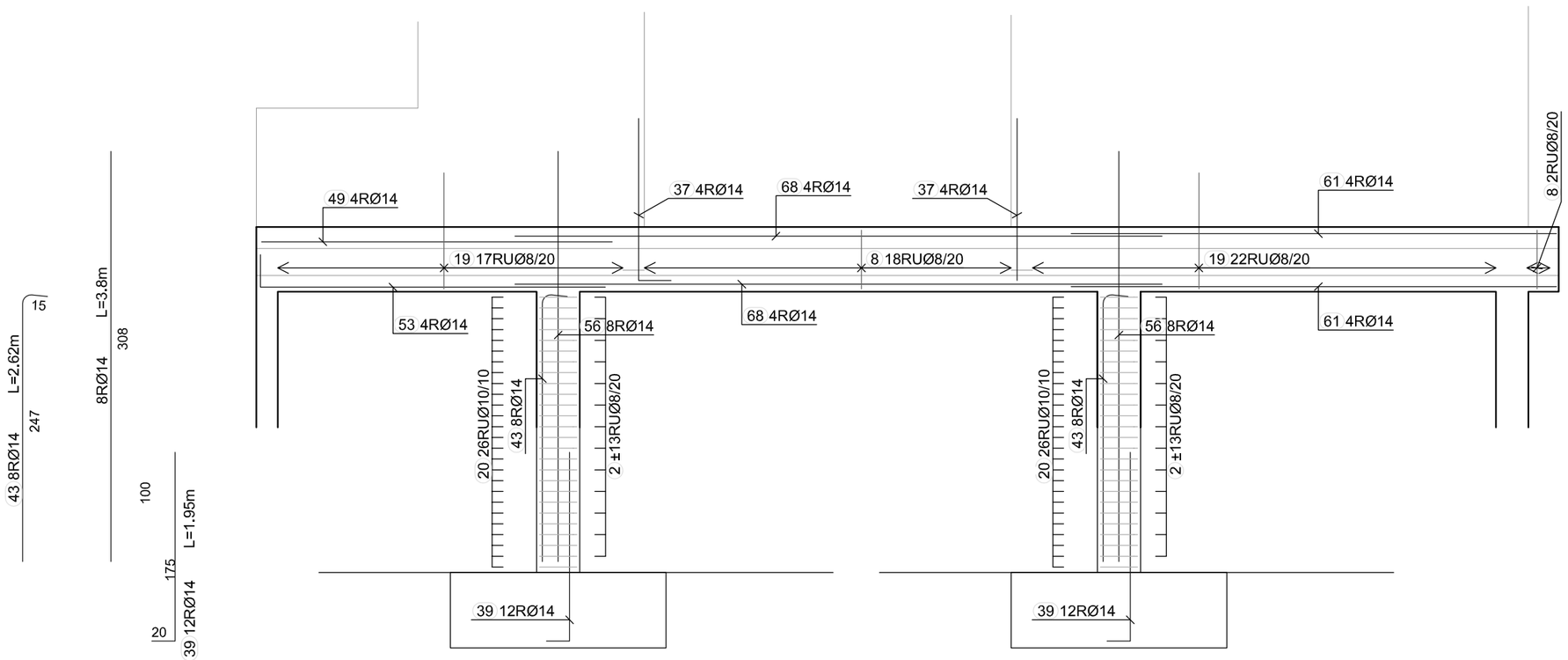


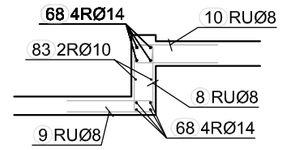



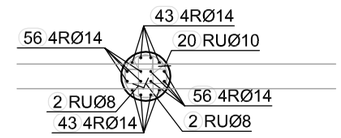

| | | | |
|---|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | | |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVE ARHITEKTURE I GEODEZIJE | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 tel.(+4640) ax: + 385 (0)21 303033. fax: + 385 (0)21 465117 | |
| SADRŽAJ: | ARMATURNI NACRT KARAKTERISTIČNOG ZIDA 12 | | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: | 1:50 |
| | | DATUM: | srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: | 12.8 |

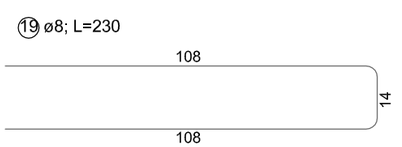
# ARMATURNI NACRT OKVIRA S KARAKTERISTIČNOM GREDOM I STUPOVIMA
M 1:50

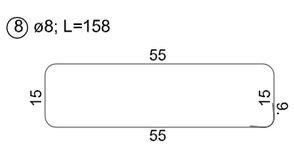


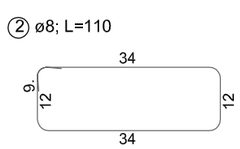



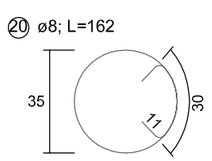



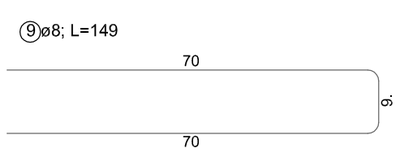



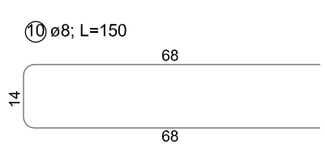



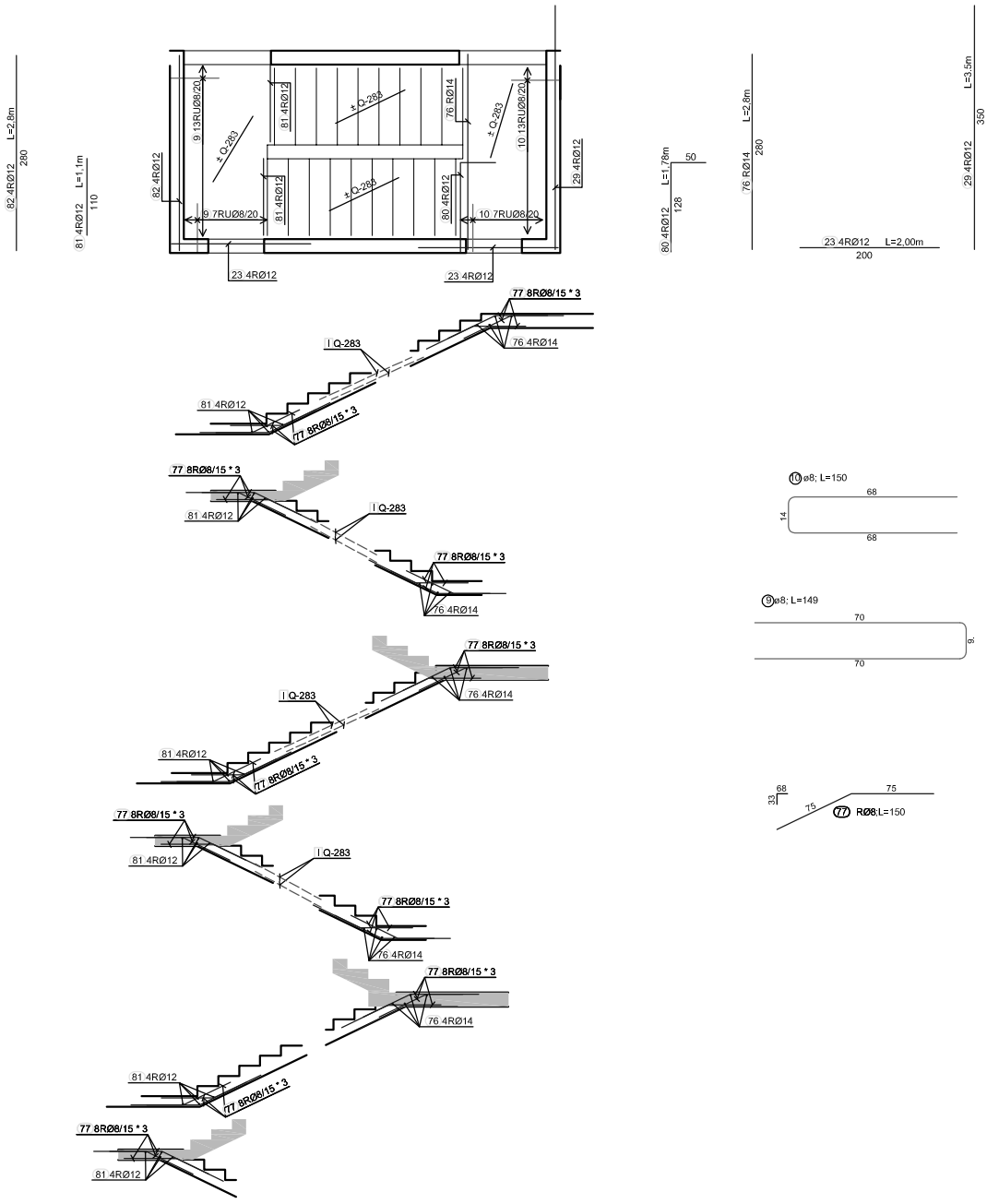




| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURNI NACRT KAR. OKVIRA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.9 |

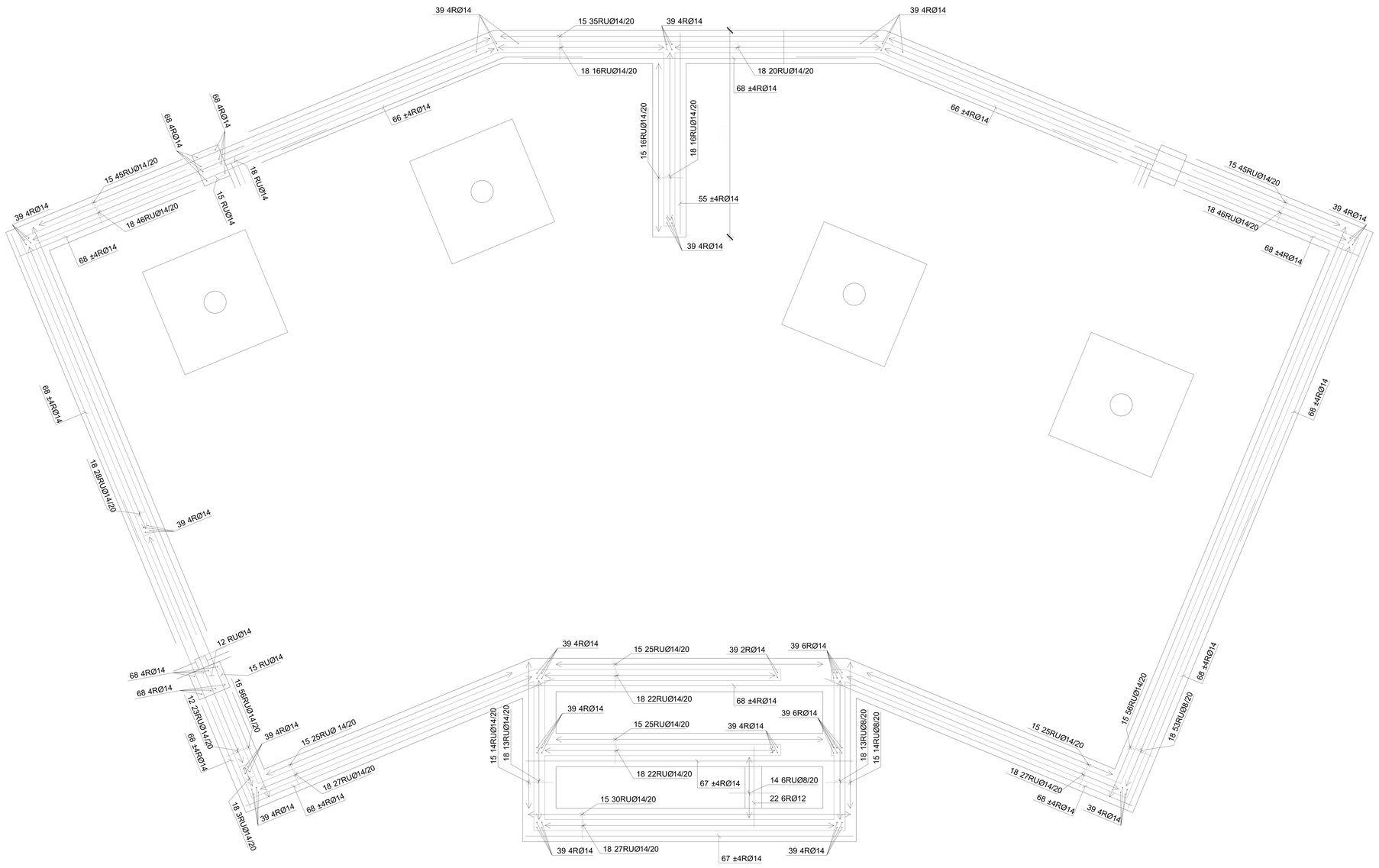
# ARMATURA STUBIŠTA

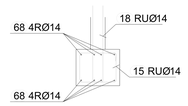
## M 1:100

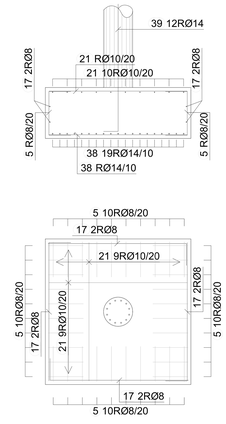


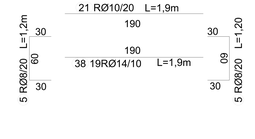

| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURNI NACRT STUBIŠTA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:100<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.10 |

# ARMATURNI NACRT
# TEMALJA
# M 1:50



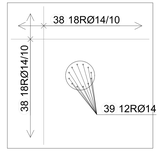










| | | |
|---|---|---|
| PREDMET: | Diplomski rad | SVEUČILIŠTE U SPLITU.<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15<br>MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117 |
| KATEDRA: | Katedra za betonske konstrukcije i mostove | |
| VRSTA PROJEKTA : | Projekt konstrukcije | |
| SADRŽAJ: | ARMATURNI NACRT TEMELJA | |
| MENTOR: | Prof.dr.sc. Domagoj Matešan | MJERILO: 1:50<br>DATUM: srpanj 2018. |
| STUDENT: | Karmela Barada, 651 | BROJ PRILOGA: 12.11 |

# 13 LITERATURA

[1] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.

[2] Radnić J., Harapin A. OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA-Interna skripta, Split, 2007.

[3] Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.

[4] Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)

[5] EN 1992 Eurokod 2, Proračun betonskih konstrukcija, CEN-Belgija 2004.

[6] EN 1998 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje, CEN-Belgija, 2004.