

# Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta

---

**Marelić, Alberto**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:939083>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



Diplomski rad

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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Alberto Marelić**

**Split, 2019.**

Diplomski rad

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

**Alberto Marelić**

**Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog AB objekta**

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

## **Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta**

### ***Sažetak:***

Armirano betonska konstrukcija smještena u Splitu proračunata je na potresno djelovanje prema HRN EN 1998-1:2011 modalnim proračunom primjenom spektra odaziva. Konstrukcija zidnog sustava proračunata je za razred umjerene duktilnosti (DCM). Provedeni proračun i dimenzioniranje prikazano je za karakteristični zid. Naglasak je stavljen na detaljiranje lokalne duktilnosti zida i odabir armature kritičnog područja zida. Dodatno je proveden proračun i dimenzioniranje karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja. Također je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

### ***Ključne riječi:***

AB konstrukcija; zidni konstrukcijski sustav; modalni proračun primjenom spektra odziva; razred umjerene duktilnosti; detaljiranje lokalne duktilnosti, fizika zgrade.

## **Calculation of the bearing structure and physics of reinforced concrete building**

### ***Abstract:***

Reinforced concrete building located in Split was designed to a earthquake action. Calculation was performed by modal response spectrum analyses all align towards rules of HRN EN 1998-1:2011. The building is wall system and calculation was done for the medium ductility class (DCM). The calculation, design and reinforcement selection was estimated for a characteristic wall. The budget and the assessment of the physical properties of the building were compared to the rational use of energy and thermal protection.

### ***Keywords:***

Modal response spectrum analysis; Wall system buliding; Medium ductility class ; Detailing of local ductility, physics of building.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15.

STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI  
KANDIDAT: Alberto Marelić  
BROJ INDEKSA: 700  
KATEDRA: Katedra za teoriju konstrukcija  
PREDMET: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog AB objekta

Opis zadatka: Potrebno je izvršiti proračun na potres armirano-betonske zgrade zidnog konstrukcijskog sustava prema HRN EN 1998-1:2011 modalnim proračunom primjenom spektra odaziva. Zgrada je smještena u Splitu na tlu klase B s proračunskim ubrzanjem 0.22g. Proračun će se provesti za razrede umjerene duktilnosti te će se dimenzionirati karakteristični zid i odabrati armatura kritičnog područja zida. Provesti će se i proračun i dimenzioniranje karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja. Također je potrebno izvršiti proračun i ocjenu fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

U Splitu, 5.ožujka 2019.

Voditelj diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Hrvoje Smoljanović

Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## Sadržaj:

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. TEHNIČKI OPIS .....  | 2  |
| 2.1 Općenito .....  | 2  |
| 3. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI .....  | 4  |
| 3.1 Općenito .....  | 4  |
| 3.2 Lokacija konstrukcije .....   | 4  |
| 3.3. Norme za proračun AB konstrukcija.....   | 5  |
| 3.3.1. Pregled oznaka prema EC8 .....   | 5  |
| 3.4. Materijali .....   | 8  |
| 3.4.1. Beton .....  | 8  |
| 4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....   | 11 |
| 4.1. Podaci o djelovanjima na konstrukciju .....  | 11 |
| 4.1.1. Stalno djelovanje (G) .....  | 11 |
| 4.1.2 Promjenjivo djelovanje (Q).....   | 13 |
| 4.1.3. Opterećenje vjetrom .....  | 14 |
| 4.1.4. Opterećenje uslijed djelovanja potresa.....  | 17 |
| 4.2. Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998- 1:2011 pomoću računalnog programa Scia Engineer 18.1. .... | 23 |
| 4.3. Prikaz rezultata modalne analize .....   | 24 |
| 4.3.1. Vlastiti oblici uslijed potresnog djelovanja.....  | 25 |
| 4.4. Kombinacije djelovanja.....  | 28 |
| 4.4.1. Granično stanje uporabljivosti .....   | 28 |
| 4.4.2. Granično stanje nosivosti .....  | 28 |
| 4.4.3. Anvelopa kombinacija.....  | 28 |
| 4.5. Granični kriteriji progiba ploča .....   | 29 |
| 4.6. Horizontalni pomaci uslijed seizmičke kombinacije u smjeru y.....  | 30 |
| 5. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE .....   | 31 |
| 5.1. Analiza opterećenja .....  | 31 |
| 5.2. Proračun progiba ploče.....  | 32 |
| 5.3. Prikaz rezultata.....  | 33 |

## Diplomski rad

|  |    |
|--|----|
| 5.4. Dimenzioniranje karakteristične ploče.....                                      | 35 |
| 6. PRORAČUN STUPOVA.....   | 38 |
| 7. PRORAČUN GREDA .....  | 39 |
| 7.1. Dimenzioniranje na moment savijanja.....  | 40 |
| 7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu.....   | 41 |
| 8. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM) U Y SMJERU.....         | 42 |
| 8.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida .....                                       | 42 |
| 8.2. Rezultati proračuna .....   | 44 |
| 8.3. Proračunska ovojnica savijanja .....  | 47 |
| 8.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje.....                         | 48 |
| 8.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile.....                                     | 48 |
| 8.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije ..... | 49 |
| 8.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature .....      | 50 |
| 8.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila.....  | 52 |
| 8.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha.....                               | 53 |
| 8.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha.....                               | 53 |
| 8.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....                                  | 54 |
| 8.8.1. Izračun $\omega_{wd}$ za usvojeni detalj ovojne armature.....                 | 54 |
| 8.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja .....                             | 55 |
| 9. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED SREDNJE DUKTILNOSTI (DCM) U X SMJERU.....          | 57 |
| 9.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida .....                                       | 57 |
| 9.2. Rezultati proračuna .....   | 59 |
| 9.3. Proračunska ovojnica momenta savijanja .....                                    | 62 |
| 9.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje.....                         | 63 |
| 9.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile.....                                     | 63 |
| 9.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije ..... | 64 |
| 9.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature .....      | 65 |
| 9.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila.....  | 67 |
| 9.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha.....                               | 68 |
| 9.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha.....                               | 68 |
| 9.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu.....                                  | 69 |

## Diplomski rad

|  |     |
|--|-----|
| 9.8.1. Izračun $\omega_{wd}$ za usvojeni detalj ovojne armature.....   | 69  |
| 9.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja .....   | 70  |
| 10. DIMENZIONIRANJE TRAKASTOG TEMELJA .....  | 73  |
| 10.1. Rezultati proračuna .....  | 73  |
| 11. FIZIKALNA SVOJSTVA ZGRADE .....  | 75  |
| 12. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA<br>RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU ..... | 82  |
| 13. ZAKLJUČAK .....  | 101 |
| 14. GRAFIČKI PRILOZI.....  | 102 |
| 15. LITERATURA.....  | 103 |



## 1. UVOD

Konstrukcija mora biti planirana, projektirana i izvedena na način da tijekom predviđenog vijeka trajanja uz zadovoljavajući stupanj pouzdanosti i na ekonomičan način ostane uporabiva za predviđenu namjenu i bude u stanju podnijeti sva predvidiva djelovanja i učinke tijekom izvedbe i uporabe. Eurocod kao centralna europska norma za projektiranje konstrukcija na području Europe propisuje 9 kodova za projektiranje konstrukcija. U konkretnom primjeru korišten je Eurocod EN 1990, EN 1991, EN 1992 i EN 1998.

Za projektiranje konstrukcija u potresnim područjima potrebno je u fazi projektiranja uzeti u obzir potresno djelovanje. Projektiranje konstrukcija otpornih na potres svodi se na dva temeljna zahtjeva koja moraju biti ispunjena u fazi gradnje kao i u uporabnom vijeku konstrukcije. Temeljni zahtjevi jesu temeljni zahtjev ograničenja oštećenja i temeljni zahtjev neprekoračenja nosivosti konstrukcije. Da bi se postigao balans između očekivanog potresnog djelovanja i potresne otpornosti konstrukcije potrebno je provesti proračun prema propisima za potresno opterećene konstrukcije.

Eurocod EN 1998 propisuje niz normi kojima se osigurava uporabljivost i nosivost konstrukcije u svim fazama životnog vijeka konstrukcije. U propisima postoje 4 osnovne metode proračuna konstrukcija na potresno djelovanje. Dvije metode su linearne, a dvije nelinearne. U većini slučajeva se proračun provodi prema linearnim metodama dok se nelinearno ponašanje konstrukcije uzima u obzir preko faktora ponašanja koji ovisi o nekoliko karakteristika konstrukcije. Linearne metode proračuna jesu metoda proračuna bočnih sila i metoda proračuna primjenom spektra odziva. Nelinearne metode su: nelinearni statički proračun postupnim naguravanjem i nelinearni dinamički proračun primjenom vremenskog zapisa. Osnovna značajka obiju metoda jesu projektiranje konstrukcija koje imaju sposobnost primanja i trošenja energije te duktilno ponašanje konstrukcije.

Ovim radom obuhvaćen je proračun konstrukcije na potresno djelovanje linearnom metodom proračuna primjenom reduciranog spektra odziva. Za klase umjerene duktilnosti proveden je proračun karakterističnog zida na potresno opterećenje prema normi HRN EN 1998-1:2011. Dodatno je proveden proračun karakteristične međukatne ploče, stupa, grede i trakastog temelja prema EN 1992-1-1:2004. Kao zaključak prikazan je detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti za koju je proveden proračun. Također je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.

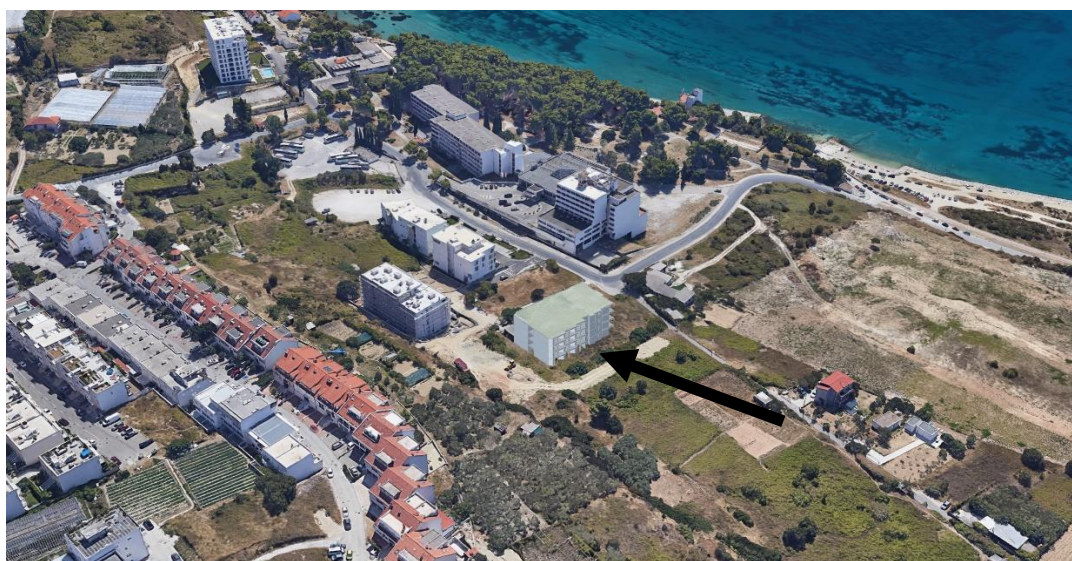
## 2. TEHNIČKI OPIS

### 2.1 Općenito

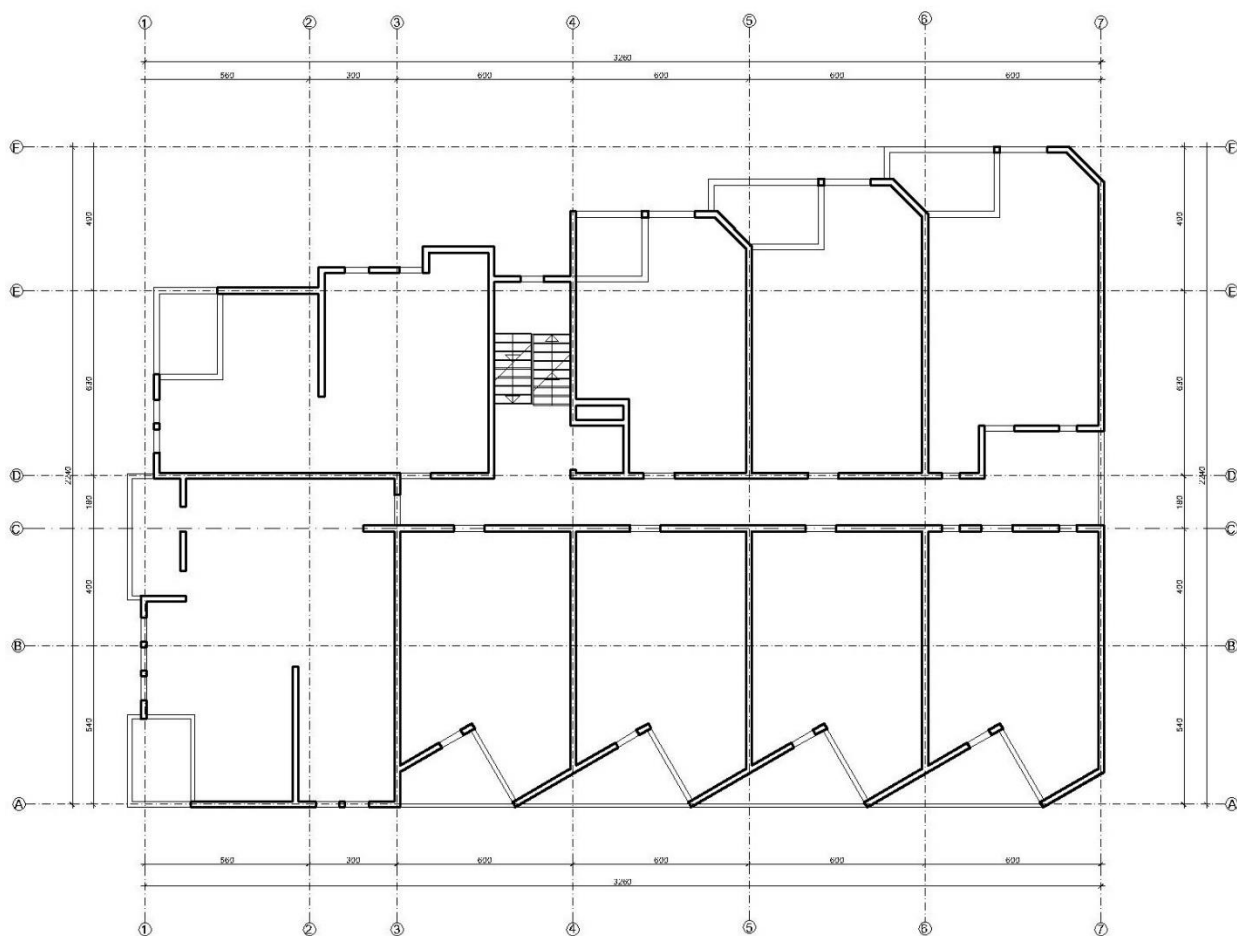
Zgrada tlocrtnih gabarita 33,3 x 22,5 m je dio stambenog kompleksa koji se nalazi na području Žnjan u Splitu. Bruto površina zgrade iznosi 3746 m<sup>2</sup>. Nosivu konstrukciju zgrade čine armiranobetonski zidovi, stupovi, grede i ploče. Zgrada se temelji na trakastim temeljima. Raspored nosivih elemenata vidljiv je u priloženim nacrtima.



*Slika 2.1. Situacija- položaj građevinske čestice u odnosu na okolni teren*

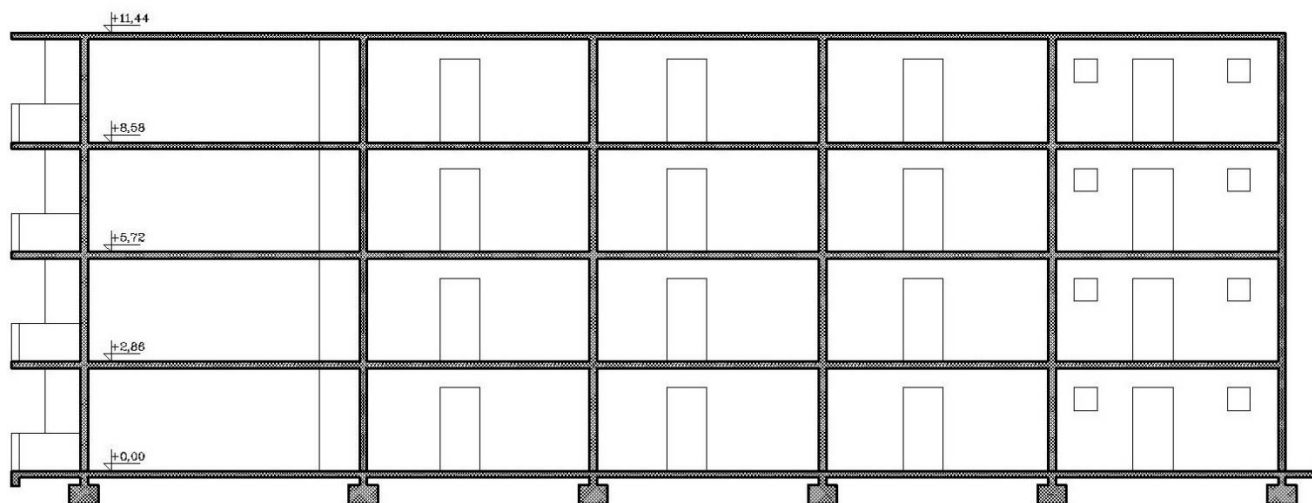


*Slika 2.2. Situacija- položaj zgrade u odnosu na okolni teren*



Slika 2.3. Sustav nosivih zidova etaže prvog kata

Ostale etaže konstrukcije tlocrtno su jednake etaži prvog kata i kao takve nisu prikazane.



Slika 2.4. Presjek zgrade

### 3. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI

#### 3.1 Općenito

Nosivi skelet konstrukcije sačinjen je od armirano-betonskih zidova, stupova i ploča. Horizontalna i vertikalna opterećenja se preko zidova, stupova i ploča prenose do temeljne ploče i tla. Armirano-betonski zidovi su osnovni elementi za preuzimanje potresnih djelovanja na konstrukciju. Dimenzionirani su prema normi HRN EN 1998-1:2011. Konstrukcija se temelji u tlu razreda B na trakastim temeljima debljine 50 cm. Debljina nosivih armirano-betonskih zidova je 20 cm. Debljina međukatne konstrukcije je 17 cm. Debljina stupova je 25 cm. Dimenzije greda su 46 x 20 cm. Stubište je dvokrako te debljina kraka iznosi 17 cm dok je debljina podesta također 17 cm. Pregradni zidovi nisu uzeti u proračunsku otpornost konstrukcije. Uključeni su kao dodatno opterećenje na pločama.

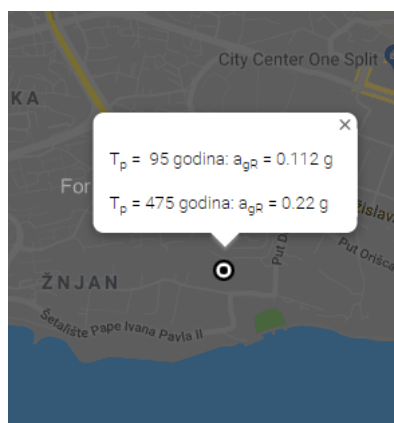
#### 3.2 Lokacija konstrukcije

Zgrada se nalazi na području Splita te prema propisima spada u područje II opterećenja vjetrom gdje je osnovna brzina vjetra od 30 m/s. Računsko ubrzanje tla prema karti iz HRN EN 1998-1:2012/NA za granično stanje nosivosti s povratnim periodom od 457 godina, iznosi 0,22 g. Lokaciju na kojoj se nalazi zgrada spada u razred temeljnog tla B. Faktor važnosti konstrukcije ovisi o ponašanju konstrukcije neposredno nakon potresa, u ovom slučaju je objekt II kategorije te je usvojena vrijednost  $\gamma_1 = 1,0$ . Projektno ubrzanje u tlu razreda B ima vrijednost:

$$a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$$

$$a_g = 1,0 \cdot 0,22g$$

$$a_g = 0,22g$$



Slika 3.1. Horizontalno vršno ubrzanje tla prema karti iz HRN EN 1998-1:2012/NA

### 3.3. Norme za proračun AB konstrukcija

Cjelokupni rad uključujući oznake, proračun i dimenzioniranje je usklađen s važećim normama.

Osnovne norme korištene za proračun konstrukcije prikazane su u nastavku.

| EC  | Europske norme | Opis                     |
|-----|----------------|--------------------------|
| EC0 | EN 1990        | Osnove proračuna         |
| EC1 | EN 1991        | Opterećenja (djelovanja) |
| EC2 | EN 1992        | Betonske konstrukcije    |
| EC7 | EN 1997        | Geomehanika              |
| EC8 | EN 1998        | Seizmika                 |

*Tablica 3.1. Europske norme*

#### 3.3.1. Pregled oznaka prema EC8

Napomena: Prikazane su samo oznake koje se koriste u ovom radu. Za listu svih oznaka pogledati originalni EC2.

- A Izvanredno djelovanje; Ploština presjeka
- $A_c$  Ploština presjeka betona
- $E_s$  Ploština presjeka armature
- $A_{s,min}$  Najmanja ploština presjeka armature
- $A_{sl}$  Ploština svih uzdužnih šipki
- $A_{sw}$  Ploština poprečne armature (vilica; spona)
- b Ukupna širina presjeka ili stvarne pojasnice greda oblika T ili L
- $b_w$  Širina hrpta I, T i  $\Gamma$  presjeka
- c Zaštitni sloj betona
- d Statička visina presjeka
- $d_1$  Udaljenost težišta vlačne armature od vlačnog ruba betona (ruba 1)
- $d_2$  Udaljenost težišta tlačne armature od tlačnog ruba betona (ruba 2)

## Diplomski rad

|            |   |
|------------|---|
| $E_{cd}$   | Proračunska vrijednost modula elastičnosti betona                         |
| $E_s$      | Proračunska vrijednost modula elastičnosti čelika za armiranje            |
| F          | Djelovanje  |
| $f_{cd}$   | Računska čvrstoća betona  |
| $f_{ck}$   | Karakteristična čvrstoća betona (valjak)                                  |
| $f_{ct}$   | Vlačna čvrstoća betona  |
| $f_y$      | Granica popuštanja čelika   |
| $f_{yd}$   | Proračunska granica popuštanja armature                                   |
| $f_{ywd}$  | Proračunska granica popuštanja poprečne armature                          |
| G          | Stalno djelovanje   |
| $M_{Ed}$   | Proračunska vrijednost djelujućeg momenta savijanja                       |
| $M_{Rd}$   | Računski moment nosivosti   |
| $N_{sd}$   | Računska uzdužna sila   |
| $N_{Ed}$   | Proračunska vrijednost djelujuće uzdužne sile                             |
| Q          | Promjenljivo djelovanje   |
| $V_{sd}$   | Računska poprečna sila  |
| $V_{Rd}$   | Računska nosivost na poprečne sile  |
| $V_{Rdc}$  | Računska nosivost na pop. sile koja se ostvaruje betonom i uzd. armaturom |
| $V_{Rds}$  | Računska nosivost na poprečne sile tlačnih betonskih dijagonala           |
| x          | Položaj neutralne osi - udaljenost neutralne osi od tlačnog ruba presjeka |
| z          | Krak unutrašnjih sila u presjeku  |
| $\sigma_s$ | Deformacija čelika  |
| $\xi$      | Koeficijent položaja neutralne osi  |
| $\rho$     | Koeficijent armiranja   |
| $\rho_w$   | Koeficijent armiranja poprečnom armaturom                                 |
| $\mu_{sd}$ | Bezdimenzijska veličina za moment   |
| $\nu_{sd}$ | Bezdimenzijska veličina za uzdužnu silu                                   |
| $\sigma_c$ | Naprezanje u betonu   |
| $\sigma_s$ | Naprezanje u armaturi   |
| $\delta$   | Koeficijent kraka unutrašnjih sila  |
| $\omega$   | Mehanički koeficijent armiranja   |

## Diplomski rad

|                       |   |
|-----------------------|---|
| $S$                   | Faktor tla  |
| $a_g$                 | Proračunsko ubrzanje temeljnog tla tipa A   |
| $g$                   | Gravitacijsko ubrzanje  |
| $q$                   | Faktor ponašanja  |
| $\gamma_I$            | Faktor važnosti   |
| $\Psi_{2,i}$          | Faktor kombinacije za nazovistalnu vrijednost promjenjivog djelovanja i   |
| $T_1$                 | Osnovni (prvi) period vibracije zgrade  |
| $d$                   | Pomak   |
| $d_r$                 | Proračunski međukatni pomak   |
| $h$                   | Međukatni pomak   |
| $\alpha$              | Omjer proračunskog ubrzanja temeljnog tla i gravitacijskog ubrzanja   |
| $\zeta$               | Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka   |
| $\Sigma A_{sj}$       | Zbroj ploština vertikalnih šipki u hrptu zida ili dodatnih šipki posebno raspoređenih u rubnim elementima zida za preuzimanje posmika klizanjem |
| $b_i$                 | Razmak između uzastopnih šipki u stupu obuhvaćenih u uglu sponom ili poprečnom sponom   |
| $b_0$                 | Širina ovijene jezgre stupa ili rubnog elementa (do osi spona)  |
| $b_w$                 | Širina ovijenih dijelova presjeka zida ili širina hrpta grede   |
| $b_{w0}$              | Širina hrpta zida   |
| $d$                   | Proračunska visina presjeka   |
| $d_{bl}$              | Promjer uzdužne šipke   |
| $d_{bw}$              | Promjer spona   |
| $h_s$                 | Svijetla visina kata  |
| $l_{cr}$              | Duljina kritičnog područja  |
| $q_0$                 | Osnovna vrijednost faktora ponašanja  |
| $s$                   | Razmak poprečne armature  |
| $\varepsilon_{cu2}$   | Granična deformacija neovijenog betona  |
| $\varepsilon_{cu2,c}$ | Granična deformacija ovijenog betona  |
| $\omega_{wd}$         | Mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom  |

### 3.4. Materijali

Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011.

#### 3.4.1. Beton

Za izvedbu nosive AB konstrukcije koristit će se slijedeće klase betona:

- \* **trakasti temelji: C 30/37**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 50$  mm; (razred izloženosti: XC2)
  
- \* **zidovi u dodiru s tlom** (zidovi garaža, kanali za odimljavanje): **C 20/25**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 30$  mm; (razred izloženosti: XC1)  
Napomena: Obvezna je hidroizolacija ploha zidova u dodiru s tlom.
  
- \* **unutarnji zidovi, zidna platna: C 20/25**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 20$  mm; (razred izloženosti: XC1)
  
- \* **stupovi: C 30/37**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 20$  mm; (razred izloženosti: XC1)
  
- \* **grede: C 30/37**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 20$  mm; (razred izloženosti: XC1)
  
- \* **ostale međukatne ploče (između stanova): C 30/37**  
zaštitni sloj  $c_{nom} = 20$  mm; (razred izloženosti: XC0, XC1)



## Diplomski rad

Razred tlačne čvrstoće betona za zidove je C20/25 za slučaj DCM (Ductility Class Medium)

|  |  |
|--|--|
| <b>Code independent</b>                                    |  |
| Material type  | Concrete   |
| Thermal expansion [m/mK]                                   | 0,00   |
| Unit mass [kg/m <sup>3</sup> ]                             | 2500,0   |
| E modulus [MPa]  | 1,5750e+04   |
| Poisson coeff.   | 0,2  |
| Independent G modulus                                      | <input type="checkbox"/>   |
| G modulus [MPa]  | 6,5625e+03   |
| Log. decrement (non-uniform damping only)                  | 0,2  |
| Colour   | <input style="background-color: yellow;" type="text"/>                             |
| Specific heat [J/gK]                                       | 6,0000e-01   |
| Thermal conductivity [W/mK]                                | 4,5000e+01   |
| Order in code  | 4  |
| <b>Material behaviour for nonlinear analysis</b>           |  |
| Material behaviour   | Elastic <span style="float: right;">▼</span>                                       |
| <b>EN 1992-1-1</b>   |  |
| Characteristic compressive cylinder strength fck(28) [...] | 25,00  |
| Calculated depended values                                 | <input type="checkbox"/>   |
| Mean compressive strength fcm(28) [MPa]                    | 33,00  |
| fcm(28) - fck(28) [MPa]                                    | 8,00   |
| Mean tensile strength fctm(28) [MPa]                       | 2,60   |
| fctk 0,05(28) [MPa]  | 1,80   |
| fctk 0,95(28) [MPa]  | 3,40   |
| Design compressive strength - persistent (fcd = fck / ...) | 16,67  |
| Design compressive strength - accidental (fcd = fck / ...) | 20,83  |
| Strain at reaching maximum strength eps c2 [1e-4]          | 20,0   |
| Ultimate strain eps cu2 [1e-4]                             | 35,0   |
| Strain at reaching maximum strength eps c3 [1e-4]          | 17,5   |
| Ultimate strain eps cu3 [1e-4]                             | 35,0   |
| Stone diameter (dg) [mm]                                   | 32   |
| Cement class   | N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N) <span style="float: right;">▼</span> |
| <b>Measured values</b>                                     |  |
| Measured values of mean compressive strength (inf...)      | <input type="checkbox"/>   |
| <b>Stress-strain diagram</b>                               |  |
| Type of diagram  | Bi-linear stress-strain diagram <span style="float: right;">▼</span>               |

*Slika 3.2. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C20/25*

## Diplomski rad

Razred tlačne čvrstoće betona za ploče, stupove i grede je C30/37

|  |  |
|--|--|
| <b>Name</b>  | C30/37   |
| <b>Code independent</b>  |  |
| Material type  | Concrete   |
| Thermal expansion [m/mK]                                       | 0,00   |
| Unit mass [kg/m <sup>3</sup> ]                                 | 2500,0   |
| Density in fresh state [kg/m <sup>3</sup> ]                    | 2600,0   |
| E modulus [MPa]  | 3,2800e+04   |
| Poisson coeff.   | 0,2  |
| Independent G modulus  | <input type="checkbox"/>   |
| G modulus [MPa]  | 1,3667e+04   |
| Log. decrement (non-uniform damping only)                      | 0,2  |
| Colour   |  |
| Specific heat [J/gK]   | 6,0000e-01   |
| Thermal conductivity [W/mK]                                    | 4,5000e+01   |
| Order in code  | 5  |
| <b>Material behaviour for nonlinear analysis</b>               |  |
| Material behaviour   | Elastic <span style="float: right;">▼</span>                                       |
| <b>EN 1992-1-1</b>   |  |
| Characteristic compressive cylinder strength fck(28) [MPa]     | 30,00  |
| Calculated depended values                                     | <input type="checkbox"/>   |
| Mean compressive strength fcm(28) [MPa]                        | 38,00  |
| fcm(28) - fck(28) [MPa]  | 8,00   |
| Mean tensile strength fctm(28) [MPa]                           | 2,90   |
| fctk 0,05(28) [MPa]  | 2,00   |
| fctk 0,95(28) [MPa]  | 3,80   |
| Design compressive strength - persistent (fcd = fck / gamma... | 20,00  |
| Design compressive strength - accidental (fcd = fck / gamm...  | 25,00  |
| Strain at reaching maximum strength eps c2 [1e-4]              | 20,0   |
| Ultimate strain eps cu2 [1e-4]                                 | 35,0   |
| Strain at reaching maximum strength eps c3 [1e-4]              | 17,5   |
| Ultimate strain eps cu3 [1e-4]                                 | 35,0   |
| Stone diameter (dg) [mm]                                       | 32   |
| Cement class   | N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N) <span style="float: right;">▼</span> |
| <b>Measured values</b>   |  |
| Measured values of mean compressive strength (influence ...    | <input type="checkbox"/>   |
| <b>Stress-strain diagram</b>                                   |  |
| Type of diagram  | Bi-linear stress-strain diagram <span style="float: right;">▼</span>               |

Slika 3.3. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C30/37

## 4. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 4.1. Podaci o djelovanjima na konstrukciju

| Oznaka osnovnog djelovanja | Opis djelovanja  |
|----------------------------|--|
| <b>G</b>                   | <b>Stalno djelovanje.</b> Djelovanje je podijeljeno na:<br><b>G0</b> = Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije (zidovi, ploče, grede, stupovi, stubišta)<br><b>G1</b> = Ostalo stalno djelovanje: obloga (podovi), stalna oprema, itd. nanosi se kao dodatno opterećenje (plošno, linijsko ili koncentrirano) na proračunske modele. |
| <b>Q</b>                   | <b>Promjenjiva djelovanja:</b> uporabno opterećenje, pokretna oprema i sl.   |
| <b>W</b>                   | <b>Vjetar.</b> Djelovanje u smjeru globalne osi <b>W<sub>x</sub></b> i <b>W<sub>y</sub></b>  |
| <b>S</b>                   | <b>Potres:</b><br><b>S<sub>x</sub></b> - djelovanje u smjeru globalne osi X<br><b>S<sub>y</sub></b> - djelovanje u smjeru globalne osi Y<br><b>T<sub>x</sub>,T<sub>y</sub></b> - uvrtnje (slučajni ekscentricitet)   |

Tablica 4.1. Osnovna opterećenja uzeta u proračunskom modelu

#### 4.1.1. Stalno djelovanje (G)

##### Vlastita težina konstrukcije (G0)

Stalno opterećenje vlastitom težinom elemenata konstrukcije generirano je u proračunskom modelu u računalnom programu Scia engineer 2018 preko specifične težine betona koja iznosi 25 kN/m<sup>3</sup> i dimenzija poprečnog presjeka pojedinog elementa.

**Ostala stalna djelovanja (G1)****međukatne konstrukcije**

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| pregradni zidovi  | 1.00 kN/m <sup>2</sup>           |
| završni sloj poda (keramičke pločice d=1.0 cm), 0.01 m * 20 kN/m <sup>3</sup> = | 0.20 kN/m <sup>2</sup>           |
| suhi estrih (OSB ploče ili Knauf suhi estrih sustav F145 ili F126), d ≤ 2.5 cm; | 0.30 kN/m <sup>2</sup>           |
| <u>izolacije, instalacije, glet/žbuka</u>                                       | <u>0.20 kN/m<sup>2</sup></u>     |
|   | <b>g = 1.70 kN/m<sup>2</sup></b> |

**stubište - podesti**

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| završni sloj poda               | 0.60 kN/m <sup>2</sup>           |
| cem. mort, d ≤ 4 cm; 0.04×22.0= | 0.90 kN/m <sup>2</sup>           |
| <u>glet/žbuka</u>               | <u>0.20 kN/m<sup>2</sup></u>     |
|                                 | <b>g = 1.70 kN/m<sup>2</sup></b> |

**stubište - krakovi**

|                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| gazišta (d ≅ 6.5 cm; 0.065×26.0) | 1.70 kN/m <sup>2</sup>           |
| završni sloj poda                | 0.60 kN/m <sup>2</sup>           |
| cem. mort, d ≤ 4 cm; 0.04×22.0=  | 0.90 kN/m <sup>2</sup>           |
| <u>glet/žbuka</u>                | <u>0.20 kN/m<sup>2</sup></u>     |
|                                  | <b>g = 3.40 kN/m<sup>2</sup></b> |

**krovovi - terase**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| završna obloga – betonske ploče na podmetačima; d <sub>max</sub> =5 cm; 0.05×24.0= | 1.20 kN/m <sup>2</sup>           |
| izolacije  | 0.20 kN/m <sup>2</sup>           |
| laki beton za pad; d <sub>sred</sub> =8 cm; 0.08×12.0 kN/m <sup>3</sup> =          | 1.00 kN/m <sup>2</sup>           |
| <u>instalacije, glet/žbuka, ostali stalni teret</u>                                | <u>0.20 kN/m<sup>2</sup></u>     |
|  | <b>g = 2.60 kN/m<sup>2</sup></b> |

**balkon**

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| završni sloj poda (keramičke pločice d=1.0 cm), 0.01 m * 20 kN/m <sup>3</sup> = | 0.20 kN/m <sup>2</sup>           |
| a-c estrih - armiran, 4 cm; 0.04 m * 24.0 kN/m <sup>3</sup> ;                   | 0.96 kN/m <sup>2</sup>           |
| <u>izolacije, instalacije, glet/žbuka</u>                                       | <u>0.20 kN/m<sup>2</sup></u>     |
|   | <b>g = 1.36 kN/m<sup>2</sup></b> |

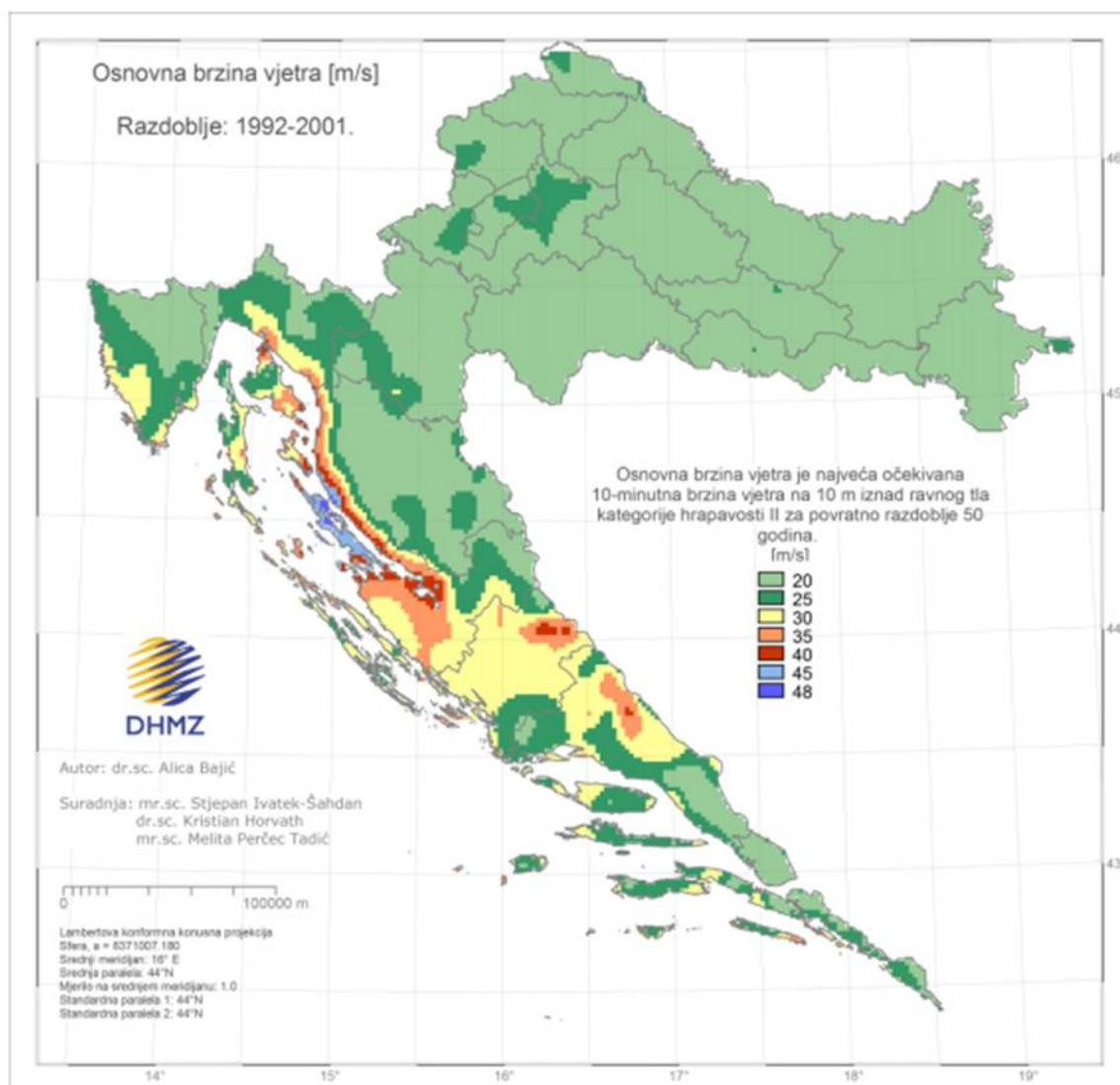
## 4.1.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

|  |                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|
| <b>Q:</b> stanovi - unutarnji prostori:<br>Kategorija A2 ( $q_{\min}=1.5 \text{ kN/m}^2$ )                   | $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ | <b><math>q_k=1.5 \text{ kN/m}^2</math></b> |
| <b>Q:</b> stanovi – balkoni;<br>Kategorija P ( $q_{\min}=4.0 \text{ kN/m}^2$ )                               | $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ | <b><math>q_k=4.0 \text{ kN/m}^2</math></b> |
| <b>Q:</b> stubišta;<br>Kategorija S1 ( $q_{\min}=3.0 \text{ kN/m}^2$ )                                       | $\psi_0=0.7; \psi_1=0.5; \psi_2=0.3$ | <b><math>q_k=3.0 \text{ kN/m}^2</math></b> |
| <b>Q:</b> neprohodni krovovi $<20^\circ$ ;<br>$\psi_2=0.0$<br>Kategorija H ( $q_{\min}=0.6 \text{ kN/m}^2$ ) | $\psi_0=0.0; \psi_1=0.0;$            | <b><math>q_k=1.0 \text{ kN/m}^2</math></b> |

*Tablica 4.2. Promjenjiva opterećenja korištena u proračunskom modelu*

### 4.1.3. Opterećenje vjetrom

Opći podaci:



Slika 4.1. Karta osnovne brzine vjetra za kopno prema DHMZ

Opterećenje vjetrom odabrano je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i Europskoj normi EN 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećenje vjetrom, te Nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj.

## Diplomski rad

$v_{ref,0}$ - osnovna brzina vjetra ovisna o geografskom položaju objekta

$c_e(z)$ - koeficijent položaja

$c_f$ - koeficijent sile – očitava se iz dijagrama za pojedine oblike i odnose dimenzija konstrukcije

$c_d$ - dinamički koeficijent odgovora konstrukcije na udar vjetra – očitava se iz dijagrama za pojedine oblike konstrukcije;

Za krute konstrukcije je  $c_d \leq 1.2$

( $\Psi_0=0.6$ ;  $\Psi_1=0.5$ )

osnovna brzina vjetra:  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$

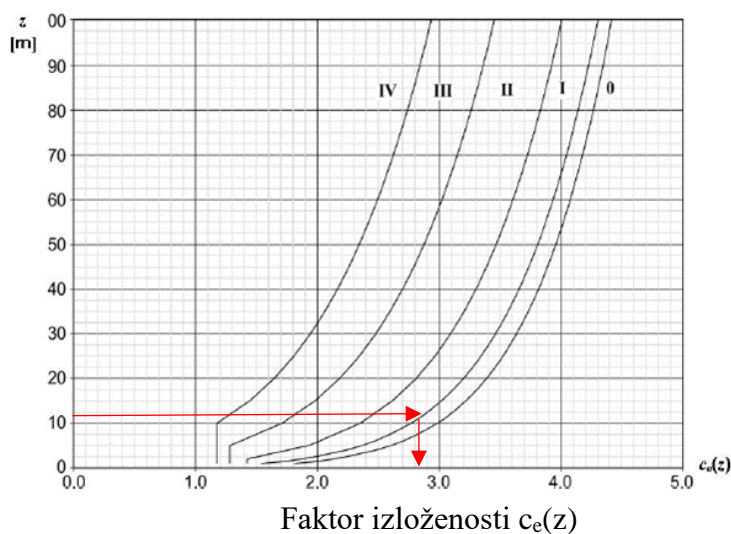
kategorija terena: **I.**

tlak pri osnovnoj brzini:  $q_b = \rho_{zrak} * v^2 / 2 = 1,25 * (30^2) / 2 / 1000 =$   **$q_b = 0.56 \text{ kN/m}^2$**

tlak pri vršnoj brzini:  $q_p(z) = c_e(z) * q_b$

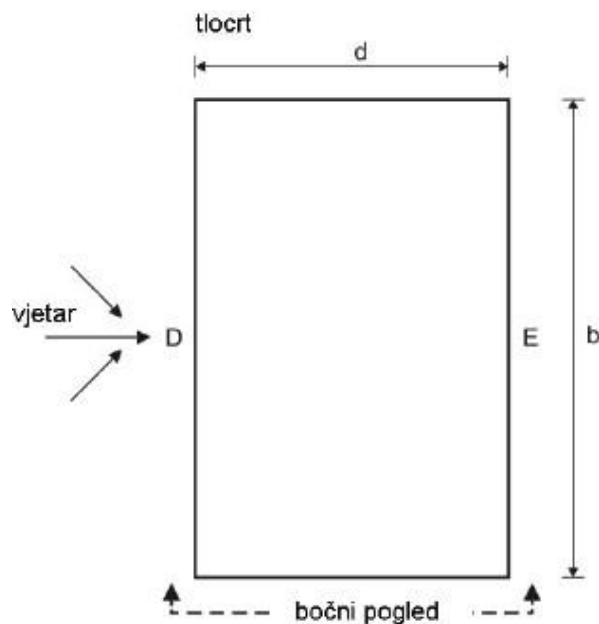
tlak vjetra na vanjske površine:  $w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$

tlak vjetra na unutarnje površine:  $w_i = q_p(z_i) * c_{pi}$



Slika 4.2. Koeficijent položaja  $c_e(z)$  u ovisnosti o visini  $z$  iznad terena i kategorijama terena 0 do IV

$c_{pe}$  = tlak vjetra na vanjske površine – prema skici:



Slika 4.3. Tlocrtna shema konstrukcije

### Opterećenje vjetrom na konstrukciju

Visina zgrade (iznad okolnog terena): 11,44 m

$q_b = 0.56 \text{ kN/m}^2$

$$w_e(z) = c_e(z) \cdot q_b(z)$$

$$w_e(11,44) = 2,8 \cdot 0,56 = 1,568 \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

### Ukupna sila vjetra u x smjeru

$$W_e(11,44) = 1,568 \cdot 11,44 \cdot 20 = 358,76 \text{ (kN)}$$

### Ukupna sila vjetra u y smjeru

$$W_e(11,44) = 1,568 \cdot 11,44 \cdot 31,12 = 556,23 \text{ (kN)}$$



#### 4.1.4. Opterećenje uslijed djelovanja potresa

Računsko ubrzanje tla:

Granično stanje nosivosti:

$$(T_{NCR}=475 \text{ godina; } 50 \text{ godina; } P_{NCR}=10\%): a_{gr,GSN}=0.22 \text{ g} = 2.158 \text{ m/s}^2$$

Granično stanje uporabljivosti:

$$(T_{NCR}=95 \text{ godina; } 10 \text{ godina; } P_{NCR}=10\%): a_{gr,Gsu}=0.12 \text{ g} = 1.18 \text{ m/s}^2$$

Faktor važnosti građevine:  $\gamma_I=1.0$

Razred duktilnosti: DCM

Potresno opterećenje:

$1.27 \cdot S_x$ -potresno opterećenje u smjeru osi x (zadan spektar odgovora za smjer x + 38% spektra odgovora za smjer y)

$1.27 \cdot S_y$ -potresno opterećenje u smjeru osi y (zadan spektar odgovora za smjer y + 38% spektra odgovora za smjer x)

#### Određivanje faktora ponašanja:

Da bi se u proračunu izbjegao nelinearni proračun, uzima se u obzir kapacitet trošenja energije u konstrukciji putem duktilnog ponašanja njezinih elemenata i/ili drugih mehanizama te se provodi linearni proračun utemeljen na spektru odziva umanjenom u odnosu na elastični spektar. Taj se spektar naziva "proračunski spektar". To se umanjnje postiže uvođenjem faktora ponašanja  $q$ . Faktor ponašanja  $q$  približno je omjer potresnih sila kojima bi građevina bila izložena kad bi njezin odziv bio u cijelosti elastičan uz 5%-tno viskozno prigušenje i stvarnih potresnih sila koje bi se pojavile na promatranom sustavu

Faktor ponašanja  $q$  određen je sljedećim izrazom:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$$

gdje je:

$q_0$  osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o vrsti konstrukcije, njezinoj duktilnosti i pravilnosti po visini (tablica 4.4.)

$k_w$  faktor prevladavajućeg oblika sloma konstrukcijskih sustava s zidovima (tablica 4.5.)

Pri određivanju faktora ponašanja  $q_0$  kvocijent  $\alpha_u / \alpha_1$  (tablica 4.4.) predstavlja faktor uvećanja, gdje je:

$\alpha_1$  vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prvom dostizanju nosivosti na savijanje u bilo kojem elementu konstrukcije (pojava plastifikacije zgloba)

## Diplomski rad

$\alpha_u$  vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prelasku konstrukcije u mehanizam (pojava dovoljnog broja plastičnih zglobova)

| Tip konstrukcije                                       | Razred duktilnosti      |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|
|  | DCM                     | DCH                     |
| Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova | 3,0 $\alpha_0/\alpha_1$ | 4,5 $\alpha_0/\alpha_1$ |
| Sustav nepovezanih zidova                              | 3,0                     | 4,0 $\alpha_0/\alpha_1$ |
| Torzijski savitljiv sustav                             | 2,0                     | 3,0                     |
| Sustav obrnutog njihala                                | 1,5                     | 2,0                     |

*Tablica 4.3. Osnovne vrijednosti faktora ponašanja  $q_0$  za konstrukcije koje zadovoljavaju uvjet pravilnosti po visini*

| Vrsta konstrukcije   | $k_w$                                  |
|--|--|
| okvirne konstrukcije i njima istovrijedni dvojni sustavi                               | 1,0                                    |
| zidni sustavi<br>sustavi istovrijedni zidnim sustavima<br>torzijski savitljivi sustavi | $0,5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1,0$ |

*Tablica 4.4. Vrijednost faktora  $k_w$*

Koeficijent  $\alpha_0$  (tablica 4.6.) prevladavajući je koeficijent oblika zidova konstruktivnog sustava i određen je izrazom:

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

gdje je:

$\sum h_{wi}$  Ukupna visina zida „i“ od podnožja (temelja ili krutog podruma) do najvišeg kata

$\sum l_{wi}$  Duljina presjeka zida „i“

### Razred umjerene duktilnosti (DCM)

Prevladavajući koeficijent oblika zidova konstruktivnog sustava:

$$\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$$

smjer X:  $\alpha_0 = (3 \cdot 37.70) / (7.3 + 7.2 + 7.08) = 5.24;$

$$k_w = (1 + 5.24) / 3 = 2.08; \quad k_w = 1.0$$

smjer Y:  $\alpha_0 = (12 \cdot 48.85) / (5.2 + 3.85 + 7.30 + 3.85 + 7.30 + 3.60 + 3.7 + 3.75 + 3.80 + 6.00 + 6.00 + 3.8 + 3.80) = 9.5$

$$k_w = (1 + 9.5) / 3 = 3.5; \quad k_w = 1.0$$

Osnovna vrijednost faktora ponašanja za zidni sustav nepovezanih zidova (tablica 4.4.) iznosi:

$$q_0 = 3.0$$

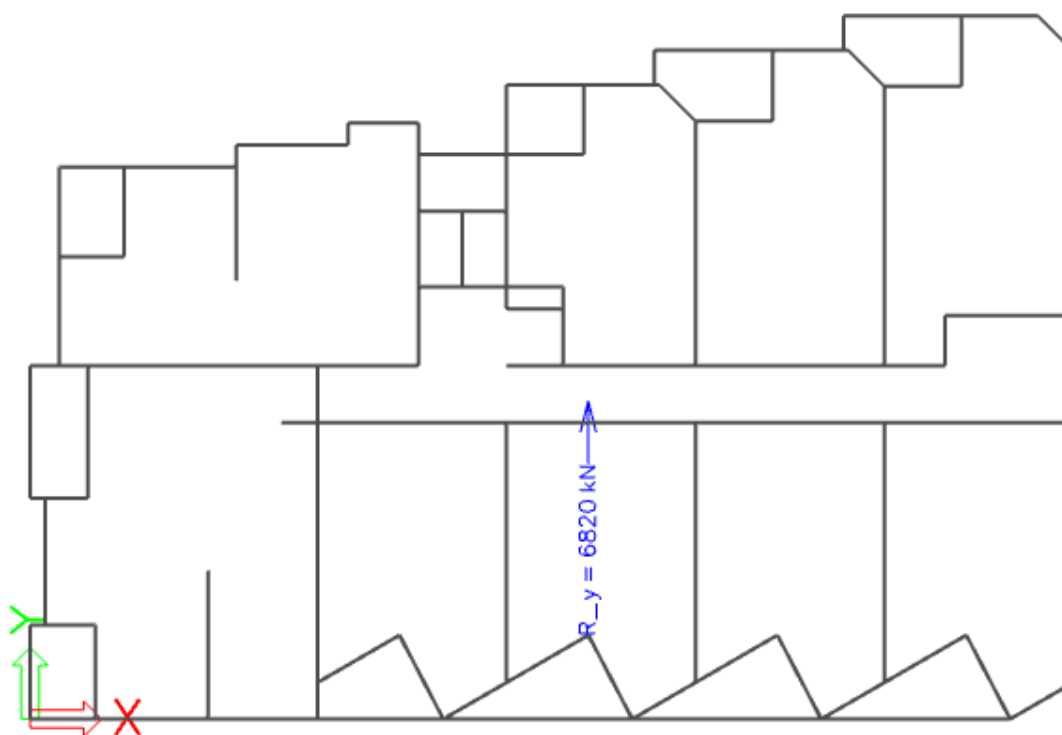
Faktor ponašanja  $q$ :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5$$

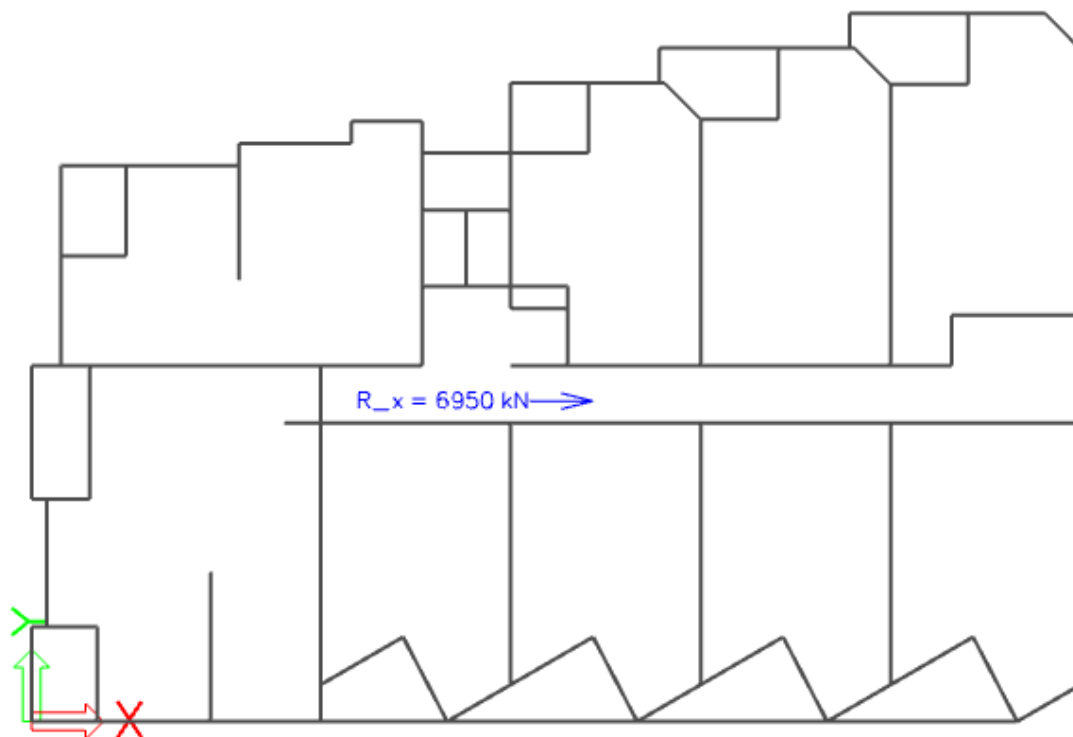
$$q = 3,0 \cdot 1,0 = 3,0 \geq 1,5$$

$$\mathbf{q = 3.0}$$

Za razred umjerene duktilnosti (DCM) i konkretni konstrukcijski sustav faktor ponašanja  $q$  jednak je u smjeru  $x$  i  $y$  i iznosi 3.0.



Slika 4.4. Ukupna reakcija  $R_y$  (kN) za djelovanje potresa  $S_y$



Slika 4.5. Ukupna reakcija  $R_x$  (kN) za djelovanje potresa  $S_x$

**Ukupna sila vjetra i potresa u x smjeru**

$$W_e(\text{vjetar}) = 1,568 * 11,44 * 31,12 = 556,23 \text{ kN}$$

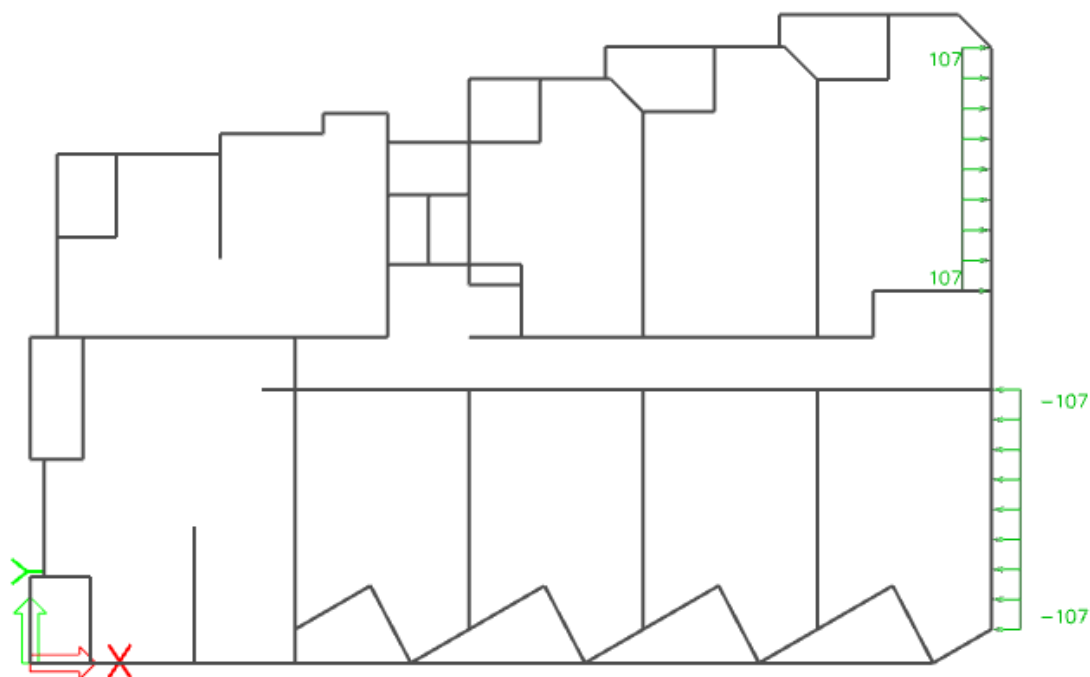
$$R_y(\text{potres})=6820 \text{ kN}$$

**Ukupna sila vjetra i potresa u y smjeru**

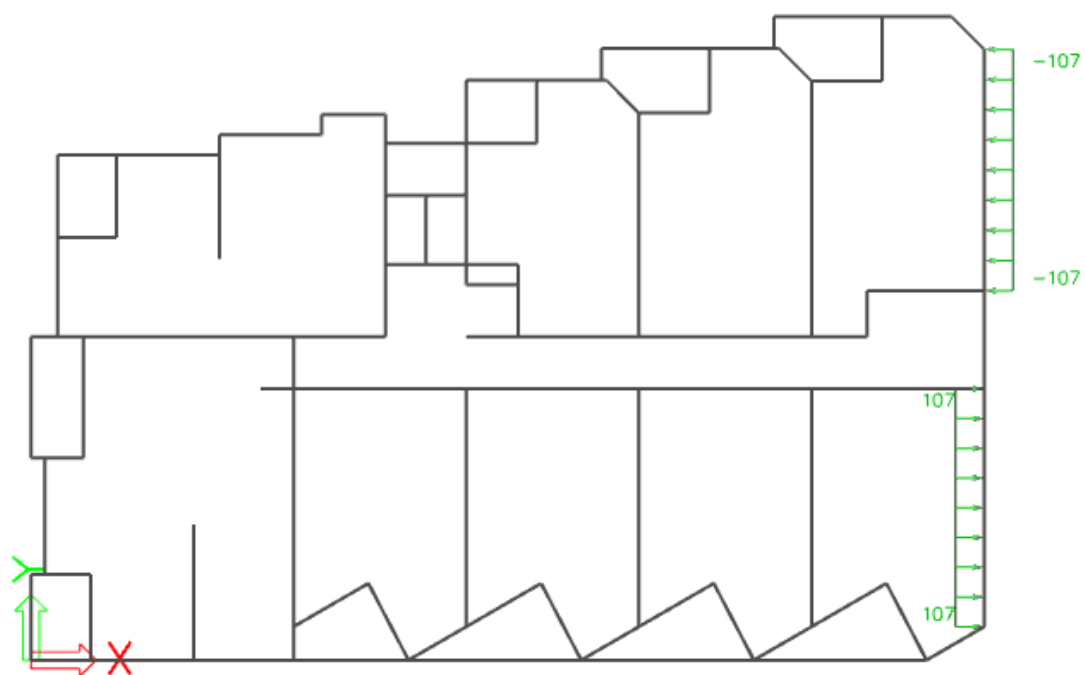
$$W_e(\text{vjetar}) = 1,568 * 11,44 * 20 = 358,76 \text{ kN}$$

$$R_x(\text{potres})=6950 \text{ kN}$$

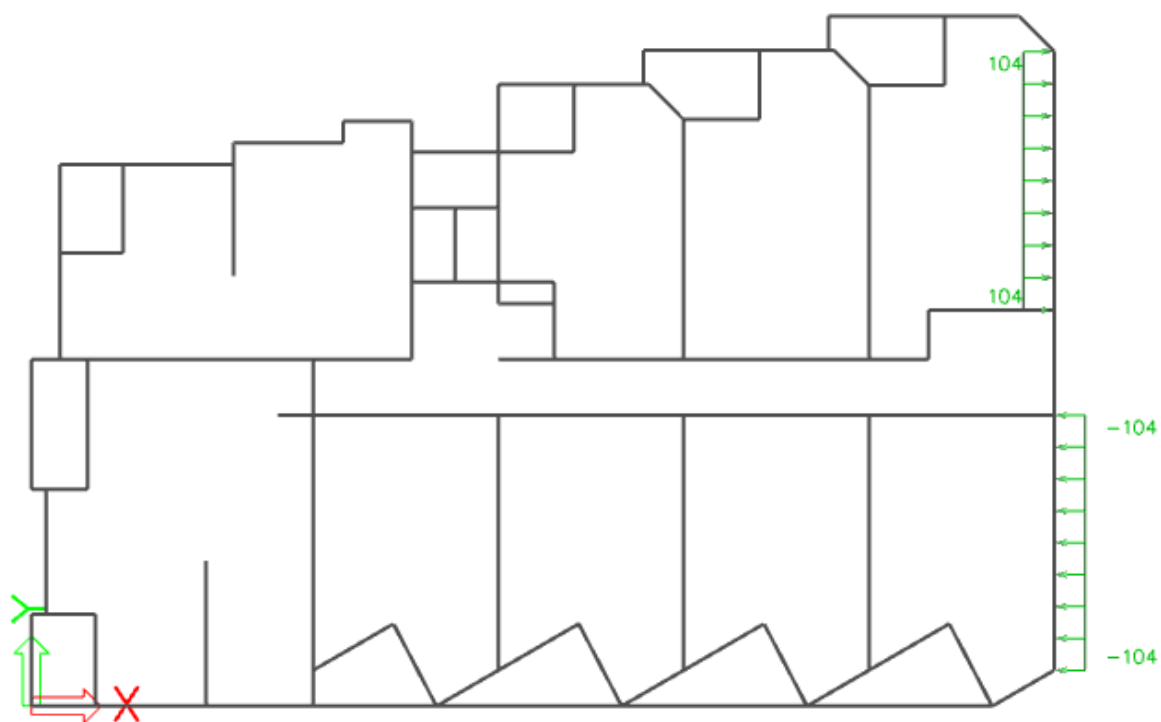
**Pošto je opterećenje vjetrom znatno manje od potresnog,opterećenje vjetrom ćemo zanemariti u daljnjem proračunu.**



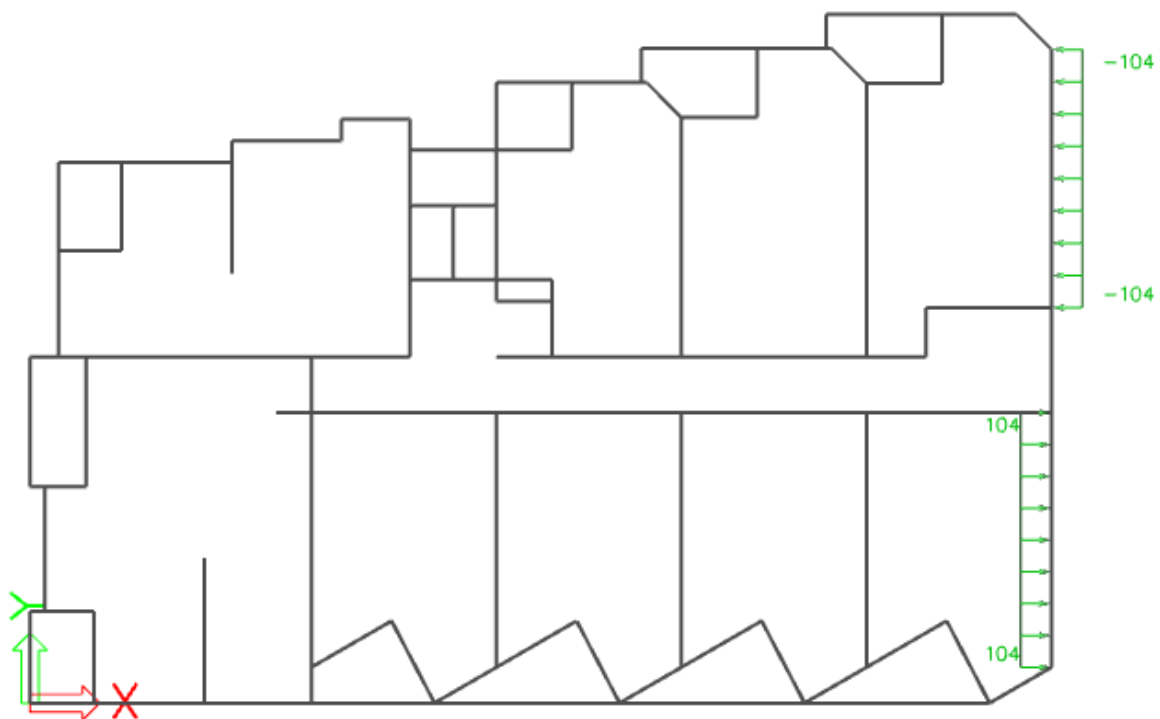
Slika 4.6. Slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je a) pozitivna



Slika 4.7. Slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je b) negativna



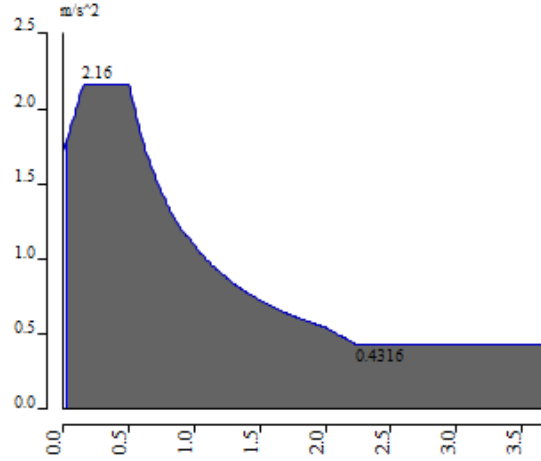
Slika 4.8. slučajni utjecaj torzije u smjeru x za slučaj kada je a) pozitivna



Slika 4.9. slučajni utjecaj torzije u smjeru y za slučaj kada je b) negativna

## 4.2. Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998- 1:2011 pomoću računalnog programa Scia Engineer 18.1.

Spektar tipa 1, Klasa tla B: S = 1,2; TB = 0,15; TC = 0,5; TD = 2,0

| Naziv   | Način crtanja spektra | Informacija o seizmičkom djelovanju   | Grafički prikaz  |
|---|-----------------------|---|--|
| Projektini spektar za proračun seizmičkog djelovanja (za smjer x i y) | Uz pomoć perioda      | Tip propisa – Eurocode 8<br>Tip tla - B<br>Djelovanje - Horizontalno<br>Tip spektra - tip 1<br>Koeficijent akceleracije. $a_g$ - 0,22<br>$a_g$ proračunska akceleracija – 0,981<br>$\beta$ - 0,2<br>$q$ – faktor ponašanja – 3,0 (za smjer x i y) |  |

Tablica 4.5. Prikaz osnovnih informacija o proračunskom spektru (DCM)

### 4.3. Prikaz rezultata modalne analize

| Mode | nega [rad/] | Period [s] | Freq. [Hz] | Damp ratio | $W_{xi}/W_{xtot}$ | $W_{yi}/W_{ytot}$ | $W_{zi}/W_{ztot}$ | $V_{xi\_R}/W_{xtot\_}$ | $V_{yi\_R}/W_{ytot\_}$ | $V_{zi\_R}/W_{ztot\_}$ |
|------|-------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1    | 46.27       | 0,14       | 7,36       | 0          | 0.236921          | 0.184211          | 1.86653e-07       | 0.0165052              | 0.0129508              | 0.345493               |
| 2    | 51.9985     | 0,12       | 8,28       | 0          | 0.554807          | 0.102049          | 1.21494e-05       | 0.00891891             | 0.0254453              | 0.140627               |
| 3    | 66.3281     | 0,09       | 10,56      | 0          | 0.00175935        | 0.485474          | 0.00077378        | 0.0697116              | 0.00395934             | 0.274613               |
| 4    | 68.6389     | 0,09       | 10,92      | 0          | 2.76164e-05       | 0.00054544        | 0.00139846        | 0.00161589             | 0.00117675             | 0.00294307             |
| 5    | 77.0113     | 0,08       | 12,26      | 0          | 5.91107e-07       | 2.09393e-06       | 2.21816e-05       | 1.96418e-07            | 8.6178e-05             | 3.61174e-06            |
| 6    | 78.8109     | 0,08       | 12,54      | 0          | 1.97076e-05       | 0.00107346        | 0.0144825         | 0.0132059              | 0.0162708              | 0.00636015             |
| 7    | 80.718      | 0,08       | 12,85      | 0          | 3.02701e-06       | 1.59771e-05       | 2.26706e-05       | 3.63396e-05            | 0.00349495             | 2.47871e-05            |
| 8    | 82.806      | 0,08       | 13,18      | 0          | 2.34535e-07       | 3.34325e-05       | 5.46605e-05       | 7.36154e-05            | 0.00233109             | 0.00125151             |
| 9    | 83.7183     | 0,08       | 13,32      | 0          | 1.16262e-06       | 0.00311899        | 0.00453226        | 0.0012648              | 0.00948846             | 1.47564e-06            |
| 10   | 84.463      | 0,07       | 13,44      | 0          | 0.00031926        | 7.35444e-05       | 0.0087007         | 0.00329204             | 0.027441               | 0.00065772             |
| 11   | 86.946      | 0,07       | 13,84      | 0          | 1.90441e-06       | 0.00294159        | 0.00927464        | 0.00957488             | 0.00930204             | 0.00176341             |
| 12   | 87.8959     | 0,07       | 13,99      | 0          | 2.27417e-05       | 8.7741e-05        | 0.00587871        | 0.00471108             | 0.00603755             | 0.00195194             |
| 13   | 88.5683     | 0,07       | 14,10      | 0          | 5.55988e-06       | 0.000862905       | 0.0220212         | 0.0189811              | 0.0181025              | 0.00570577             |
| 14   | 90.08       | 0,07       | 14,34      | 0          | 3.1445e-07        | 0.00018973        | 0.0161372         | 0.0160885              | 0.0170588              | 0.00133828             |
| 15   | 91.7968     | 0,07       | 14,61      | 0          | 0.00936235        | 3.36641e-06       | 0.0051911         | 0.0034774              | 0.0279493              | 0.00149898             |
| 16   | 93.3444     | 0,07       | 14,86      | 0          | 3.23208e-05       | 0.00296995        | 5.98757e-05       | 5.1373e-05             | 0.00803585             | 3.53521e-05            |
| 17   | 93.7918     | 0,07       | 14,93      | 0          | 7.41678e-06       | 1.23957e-05       | 0.00020923        | 9.6878e-06             | 3.84824e-05            | 5.29211e-07            |
| 18   | 94.71       | 0,07       | 15,07      | 0          | 7.84796e-05       | 3.09383e-05       | 0.00760656        | 0.00868709             | 0.0209924              | 0.00187926             |
| 19   | 95.3546     | 0,07       | 15,18      | 0          | 1.61802e-05       | 0.00165674        | 0.0131289         | 0.00266582             | 0.00409391             | 5.11354e-05            |
| 20   | 95.9174     | 0,07       | 15,27      | 0          | 0.00015294        | 3.39424e-05       | 0.00561237        | 0.00153105             | 0.00241044             | 0.00220735             |
| 0    | 0           | 0,00       | 0,00       | 0          | 0.795114          | 0.775867          | 0.113871          | 0.17118                | 0.196044               | 0.764197               |

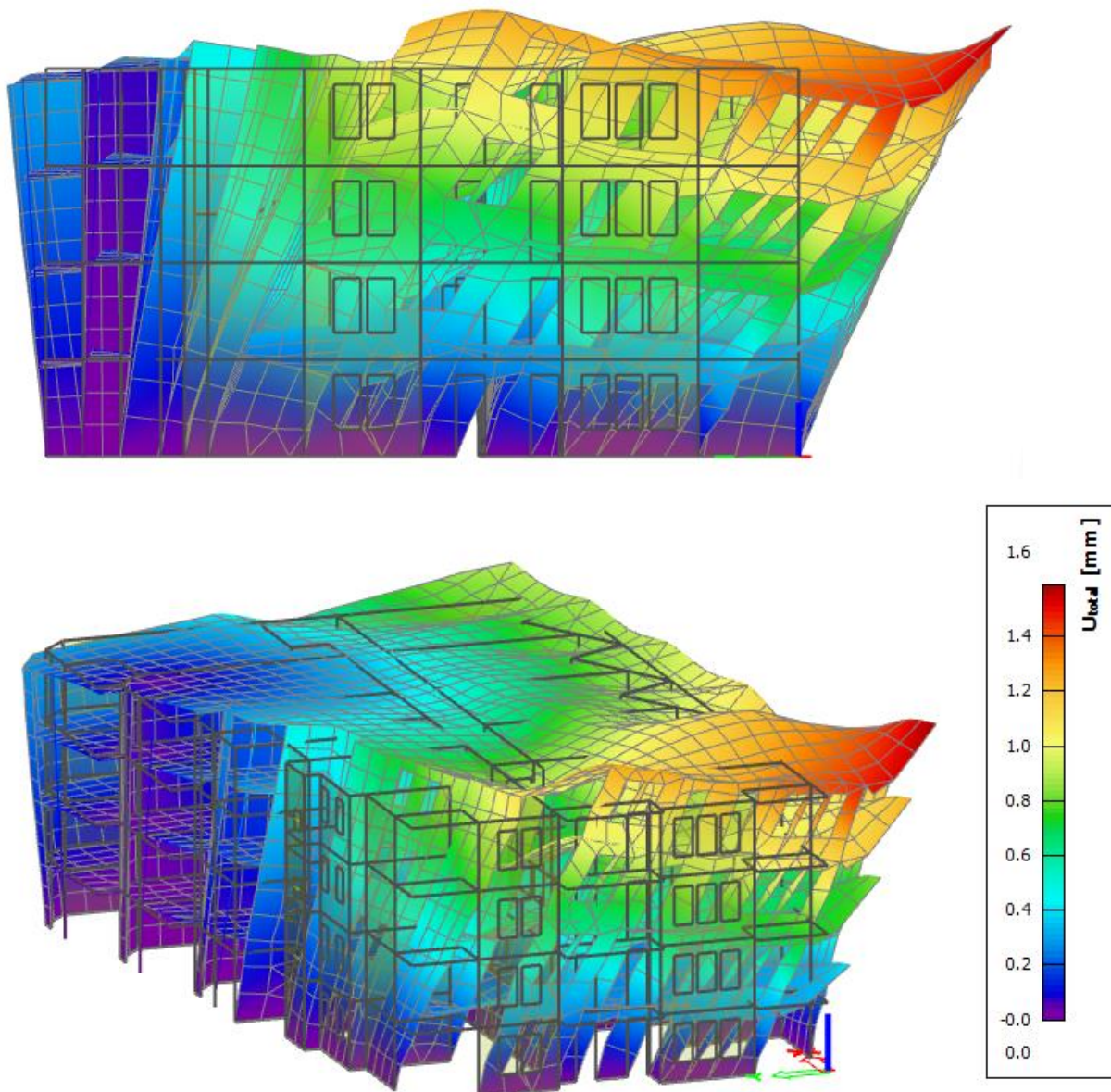
Tablica 4.6. Prikaz sudjelujućih masa

U proračunu na potresno opterećenje korištena je višemodalna spektralna analiza. Uzeto je ukupno 25 modova . Zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi 79.51% za x smjer, te 77.58% za y smjer. Ukupna aktivacija mase u oba smjera treba biti najmanje 90% ukupne mase konstrukcije te je potrebno u povećati potresne sile u potresnim kombinacijama. Efektivna masa (iz rezultata proračuna):  $M_X/M_{ukupna}=0.80$ ;  $M_Y/M_{ukupna}=0.78$ . Za fiktivno aktiviranje 100% efektivne mase, djelovanje potresa  $S_x$  i  $S_y$  se u kombinaciji povećava za:  $k_X=k_Y=1.0/0.79=1.27$



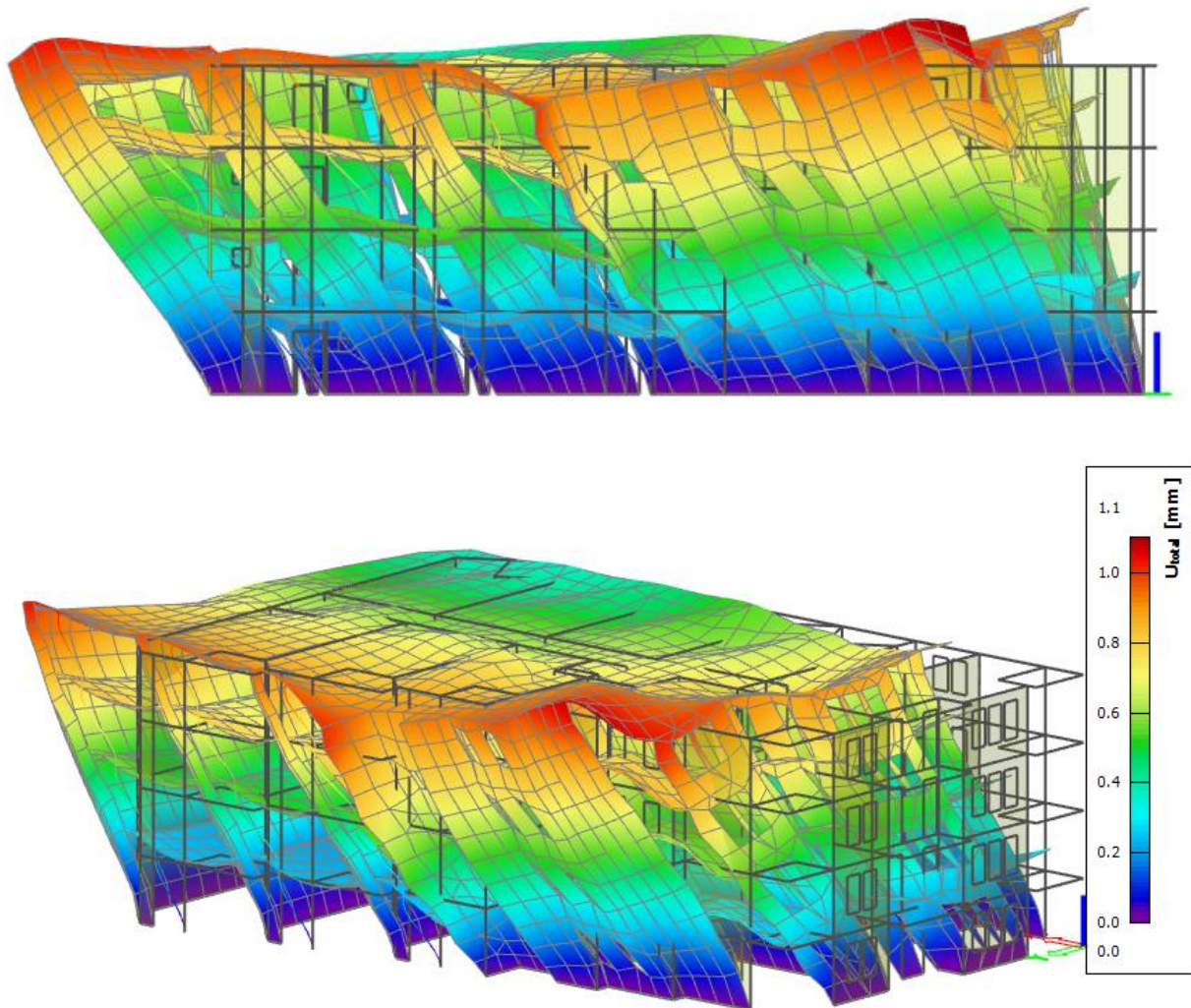
### 4.3.1. Vlastiti oblici uslijed potresnog djelovanja

Prvi vlastiti vektor



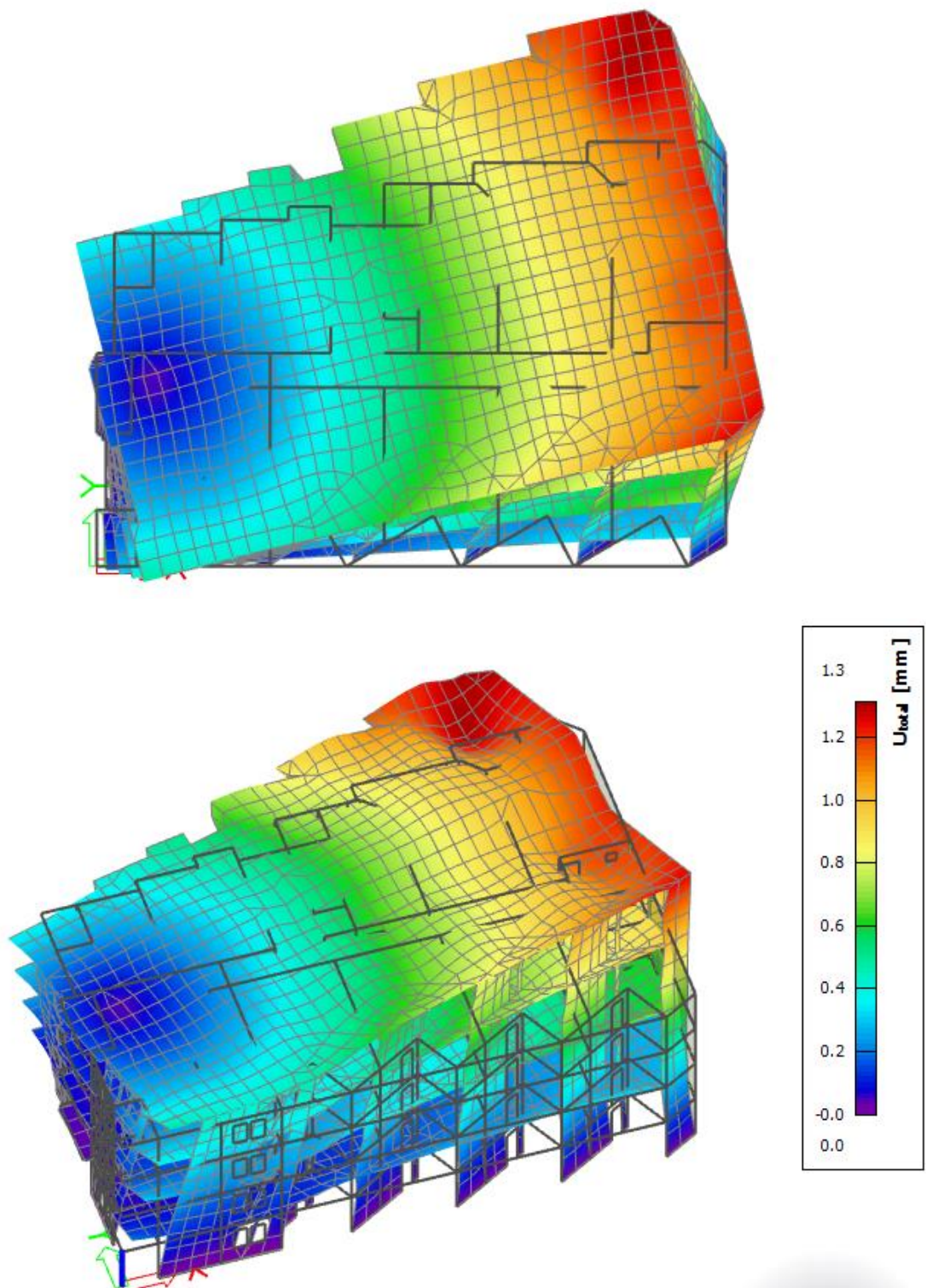
Slika 4.10. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi y),

Drugi vlastiti vektor



Slika 4.11.. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi  $x$ ),

Treći vlastiti vektor



Slika 4.12. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora (uvrtanje oko osi z)

## 4.4. Kombinacije djelovanja

### 4.4.1. Granično stanje uporabljivosti

| Oznaka kombinacije | Opis kombinacije i faktoriranje                                  | Kontrola:  |
|--------------------|--|--|
| <b>GSU</b>         | nazovistalna kombinacija: $1.0G + \Psi^2i*Qi$<br>$1.0*G + 0.3*Q$ | ograničenje tlačnog naprezanja u a-b elementima;<br>dugotrajni progib, progibi ploča i greda |

### 4.4.2. Granično stanje nosivosti

|              | vodeće djelovanje Q1 (promjenjivo) |
|--------------|------------------------------------|
| <b>GSN-1</b> | $1.35*G + 1.5*Q$                   |

|              | vodeće djelovanje F (potres) (koeficijent zauzetosti – nezavisno zauzeti katovi: $\varphi=0.5$ )<br>Napomena: Program automatski generira kombinacije s $+S_x$ i $-S_x$ , odnosno $+S_y$ i $-S_y$ |
|--------------|---|
| <b>GSN-2</b> | $1.0G \pm 1.27*S_x \pm 0.38*S_y + T_x + 0.3*Q$  |
| <b>GSN-3</b> | $1.0G \pm 1.27*S_x \pm 0.38*S_y - T_x + 0.3*Q$  |
| <b>GSN-4</b> | $1.0G \pm 0.38*S_x \pm 1.27*S_y + T_y + 0.3*Q$  |
| <b>GSN-5</b> | $1.0G \pm 0.38*S_x \pm 1.27*S_y - T_y + 0.3*Q$  |

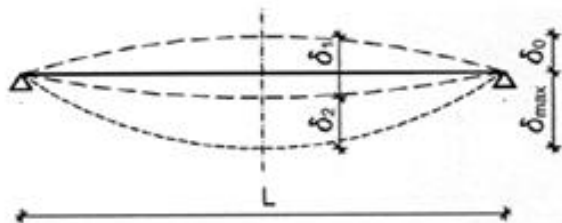
### 4.4.3. Anvelopa kombinacija

|                |  |
|----------------|--|
| <b>ANV1-8</b>  | Anvelopa kombinacija - osnovno djelovanje (GSN-1, ... GSN-8) |
| <b>ANV9-12</b> | Anvelopa kombinacija - potres (GSN-9, ... GSN-12)            |

#### 4.5. Granični kriteriji progiba ploča

Maksimalni dopušteni progib:  $\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$

**Granični (max.) progib je:  $\delta_{\max} = L/250$**



$\delta_0$  = nadvišenje

$\delta_1$  = progib od kratkotrajnog opterećenja

$\delta_2$  = progib od vremenskih efekata

$\delta_{\max}$  = maksimalni (ukupni) progib

$\delta_0$  = nadvišenje u oplati ( $\delta_{0,\max} = L/350$ )

$\delta_1$  = kratkotrajni progib od stalnih i promjenjivih opterećenja (bez puzanja):

Česta kombinacija:

$$\text{GSU-1} = 1.0G + \psi_{1i} \cdot Q_i = 1.0G + 0.5Q$$

$\delta_2$  = dugotrajni (uključeno puzanje):

Nazovistalna kombinacija:

$$\text{GSU-2} = 1.0G + \psi_{2i} \cdot Q_i = 1.0G + 0.3Q$$

Elastični progib dobiven proračunom po linearnoj teoriji:  $\delta_{EL}$

- Progib od kratkotrajnog opterećenja + vremenski efekti:  $\delta_1 + \delta_2 \cong 5.0 \cdot \delta_{EL}$

**Progib od kratkotrajnog opterećenja + (puzanje):**

$$\text{GSU-2} = 1.0G + \psi_{2i} \cdot Q_i = 1.0G + 0.3Q$$

Približni iznos ukupnog progiba od kratkotrajnog opterećenja + vremenskih efekata:

$$(\delta_1 + \delta_2) \cong \delta_{EL} \times 5.0$$

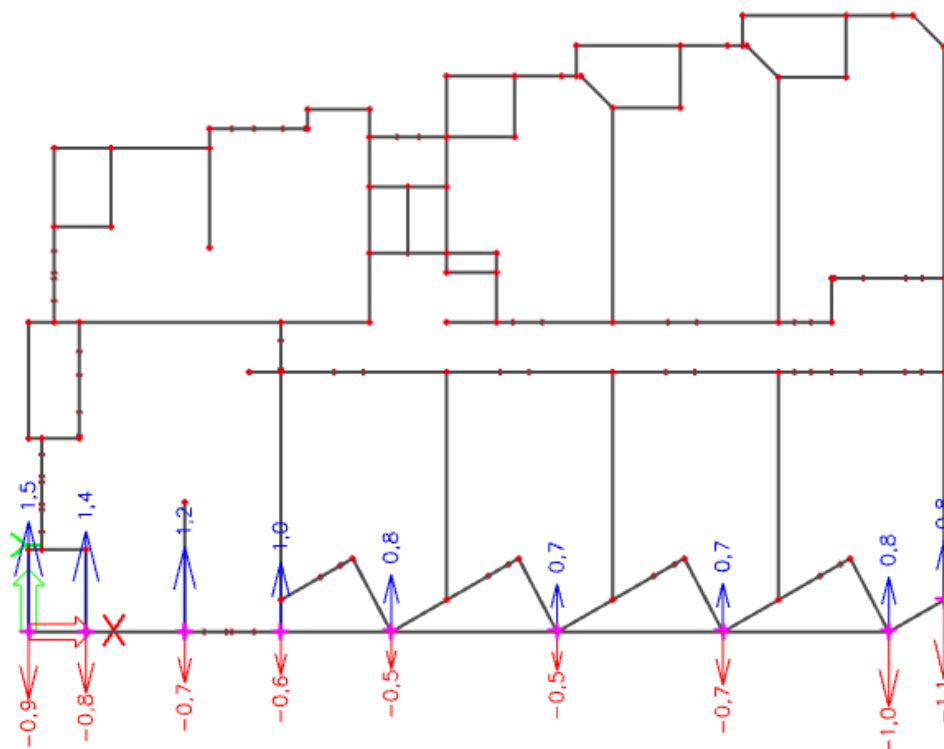
$$\text{Dopušteni računski progib: } \delta_{\max} = (\delta_1 + \delta_2) - \delta_0 \leq L/250 \quad \delta_1 + \delta_2 \cong 5.0 \times \delta_{EL};$$

$$\text{nadvišenje } \delta_0 = L/350 \quad \delta_{\max} = \delta_{EL} \times 5.0 - L/350 \leq L/250$$

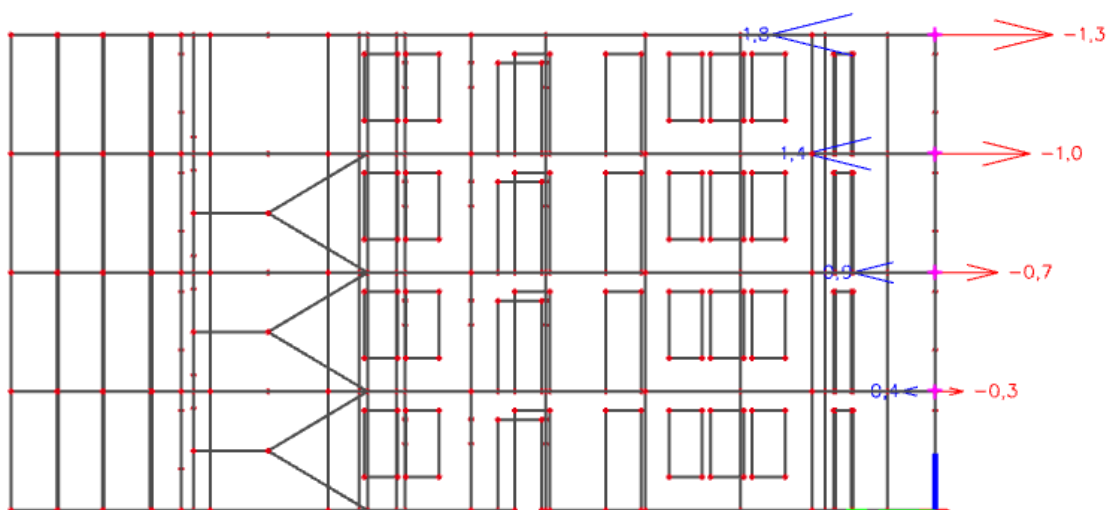
$$\text{s nadvišenjem } \delta_0 = L/350: \quad \delta_{EL} \leq (L/250 + L/350)/5.0 = L/730$$

$$\text{bez nadvišenja:} \quad \delta_{EL} \leq (L/250)/5.0 = L/1250$$

#### 4.6. Horizontalni pomaci uslijed seizmičke kombinacije u smjeru y



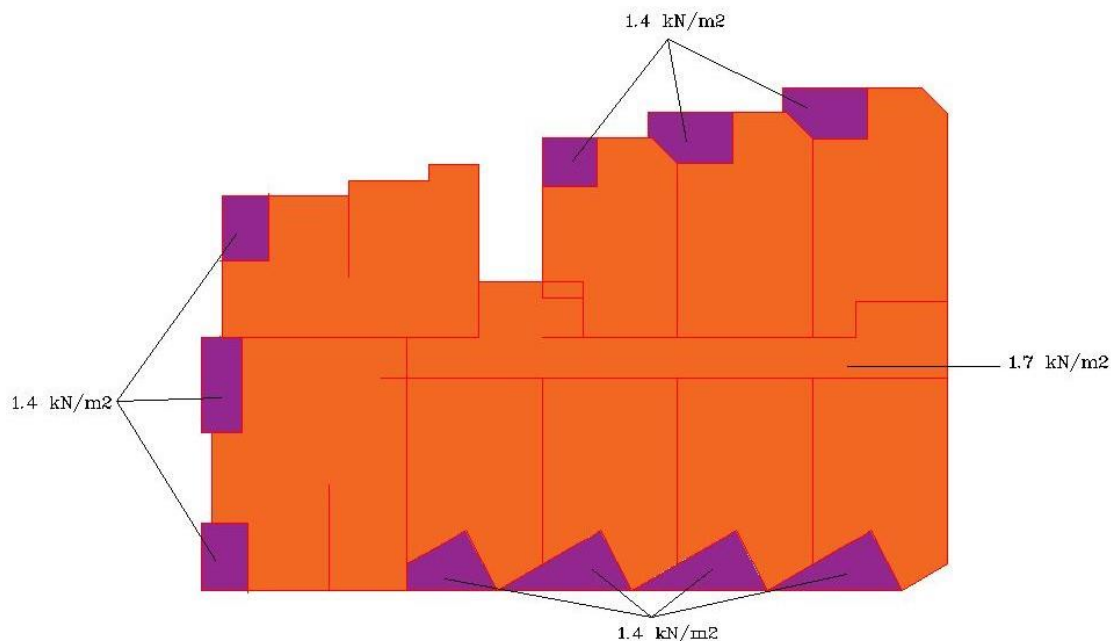
Slika 4.13. Horizontalni pomaci zadnje etaže u smjeru y za seizmičku kombinaciju u smjeru y za klasu DCM (mm)



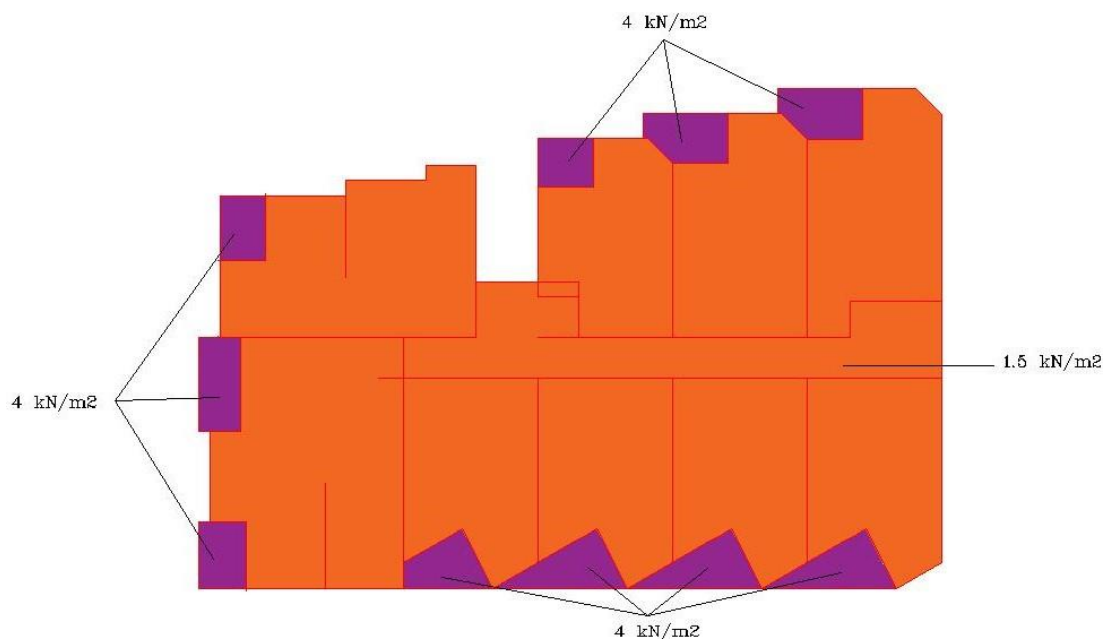
Slika 4.14. Horizontalni pomaci po etaži u smjeru y za seizmičku kombinaciju u smjeru y za klasu DCM (mm)

## 5. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE

### 5.1. Analiza opterećenja



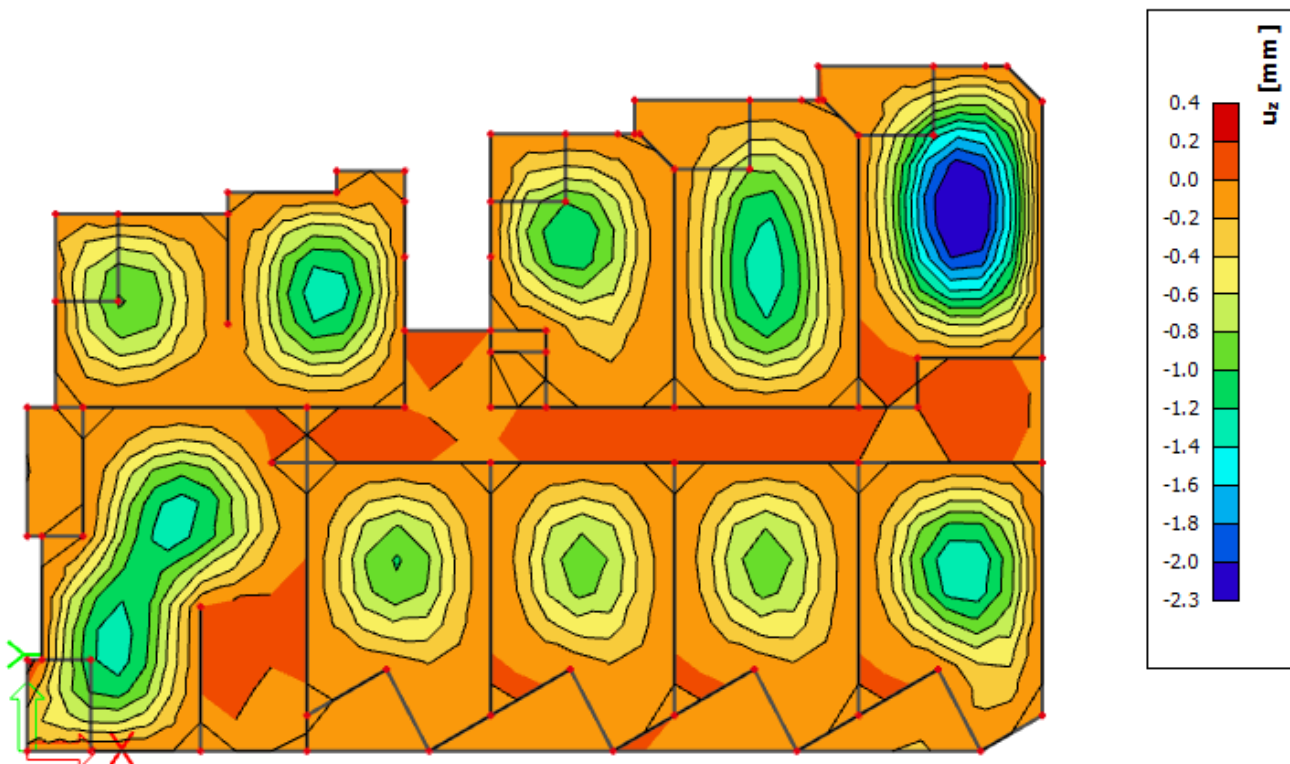
Slika 5.1. Dodatno stalno opterećenje karakteristične ploče



Slika 5.2. Promjenjivo opterećenje karakteristične ploče

## 5.2. Proračun progiba ploče

Kratkotrajni i dugotrajni progibi  $U_z$  (mm) za kombinaciju opterećenja GSU



Slika 5.3. Progibi ploča [mm] za GSU ( $\delta EL \leq L/1250$ )

Maksimalni progib ploča iznosi 2,3 mm dok je dopušteni progib

$$\delta EL \leq L/1250 = 9800/1250 = 7.84 \text{ mm.}$$

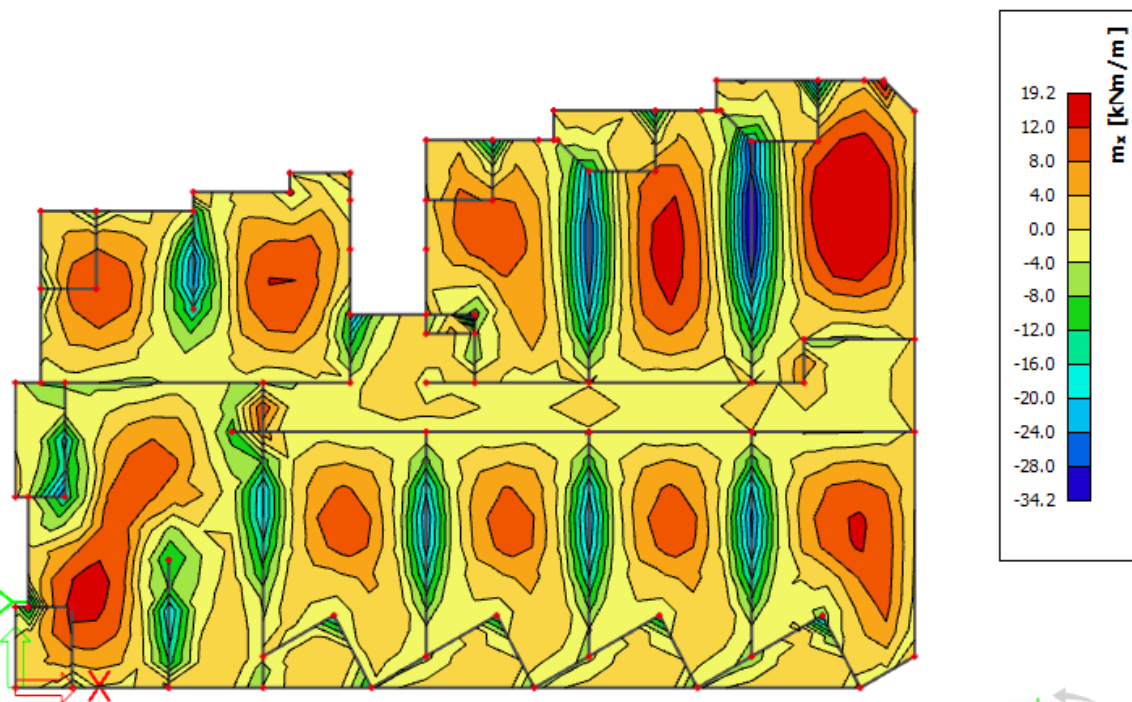


### 5.3. Prikaz rezultata

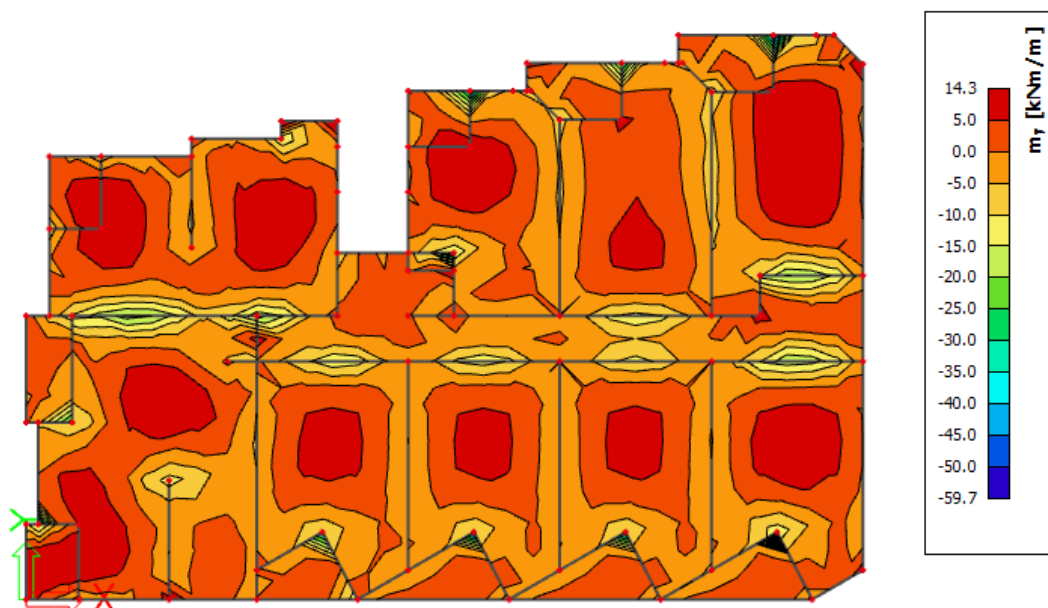
Kombinacija za izračuna momenata savijanja u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN - 1 : 1,35 * G + 1,5 * Q$$

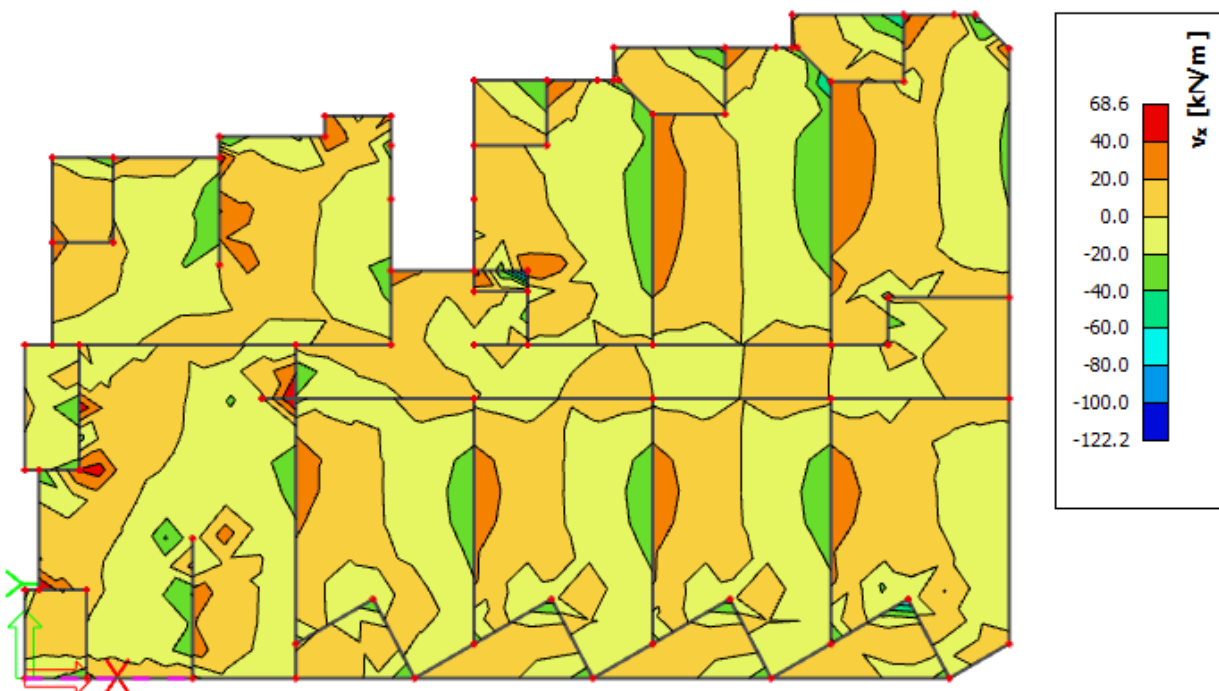
Na sljedećim slikama prikazani su rezultati momenta savijanja u smjeru x i y  $M_x, M_y$  (Kn/m<sup>2</sup>) za kombinaciju opterećenja GSN-1 na pločama



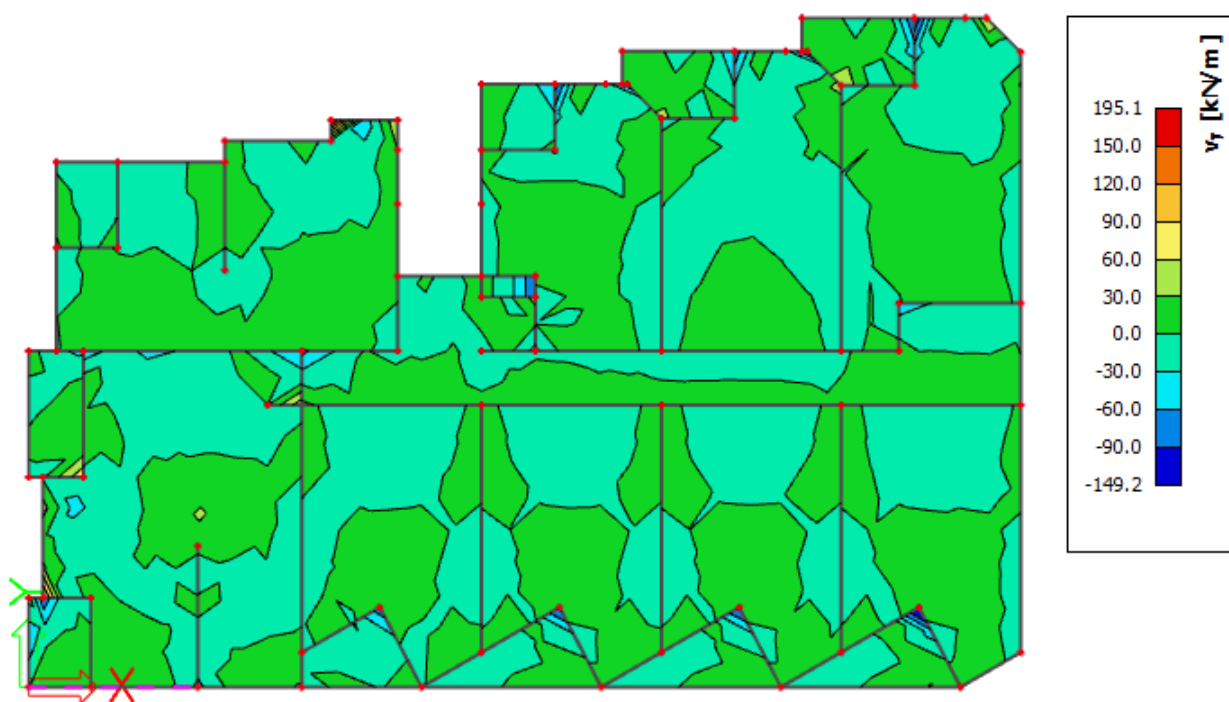
Slika 5.4. Momenti savijanja  $M_{sdx}$  [ $kNm/m$ ] za GSN-1



Slika 5.5. Momenti savijanja  $M_{sdy}$  [ $kNm/m$ ] za GSN-1

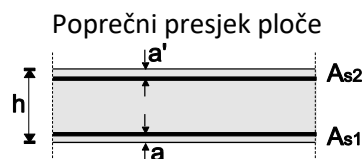


Slika 5.6. Poprečne sile  $V_{sd,x}$  [kNm/m] za GSN-1



Slika 5.7. Poprečne sile  $V_{sd,y}$  [kNm/m] za GSN-1

## 5.4. Dimenzioniranje karakteristične ploče



AB ploča:  $h=17$  cm  
 zaštitni sloj:  $a=3.0$  cm;  $a'=3.0$  cm  
 $d=14.0$  cm

Beton:

**C 30/37**

$f_{ck}=30.0$  MPa

$E_{cm}=31,5$  GPa

$\gamma_c=1.5$

Armatura:

**B 500B**

$f_y=500$  MPa

$\gamma_s=1.15$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim}=0.159*(b_w*d^2)*f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim}=0.159*(1.0*0.14^2)*(30/1.5)*1000=62.3 \text{ kNm}$$

Min. i max. % armature za ploče:

$$A_{s,min}=0.0015*b*d=0.0015*100*14.0=2.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min}=0.6*b*d/f_{yk}=0.6*100*13.0/500=1.68 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,max}=0.31*b*d*(f_{cd}/f_{yd})=0.31*100*14.0*(30/1.5)/(500/1.15)=19.964 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun armature ploča usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} * 100 / (\zeta * d * f_{yd}) = M_{Sd} * 100 / (0.9 * 14.0 * (50/1.15)) =$$

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} * 0.18$$

Napomena: Prethodni izrazi vrijede za moment  $M_{Sd}$  u [kNm] i armaturu  $A_{s1,s2}$  u [cm<sup>2</sup>].

**Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.**

Kombinacija za izračun armature u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$ARM : 1.35 \cdot 0.18 \cdot G + 1.5 \cdot 0.18 \cdot Q$$

$$ARM : 0.243 \cdot G + 0.27 \cdot Q$$

## Diplomski rad

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12 ; k_1 = 0.15$$

$$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2; (d \text{ u mm}); k = 1 + (200/140)^{(1/2)} = 2.2 = 2.0$$

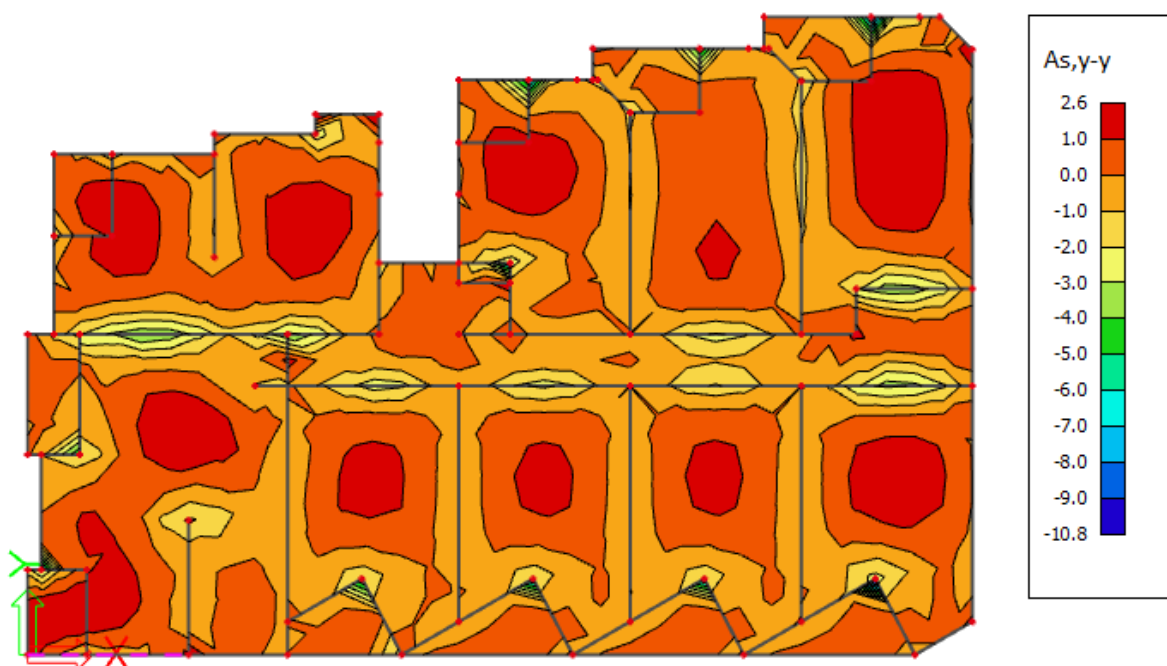
$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w * d) \leq 0.02 = 5.03 / (100 * 14.0) = 0.0036$$

$$V_{Rd,c} = (0.12 * 2.00 * (100 * 0.0036 * 30)^{(1/3)} + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.14 * 1000 \quad V_{Rd,c} = 74.27 \text{ kN/m}$$

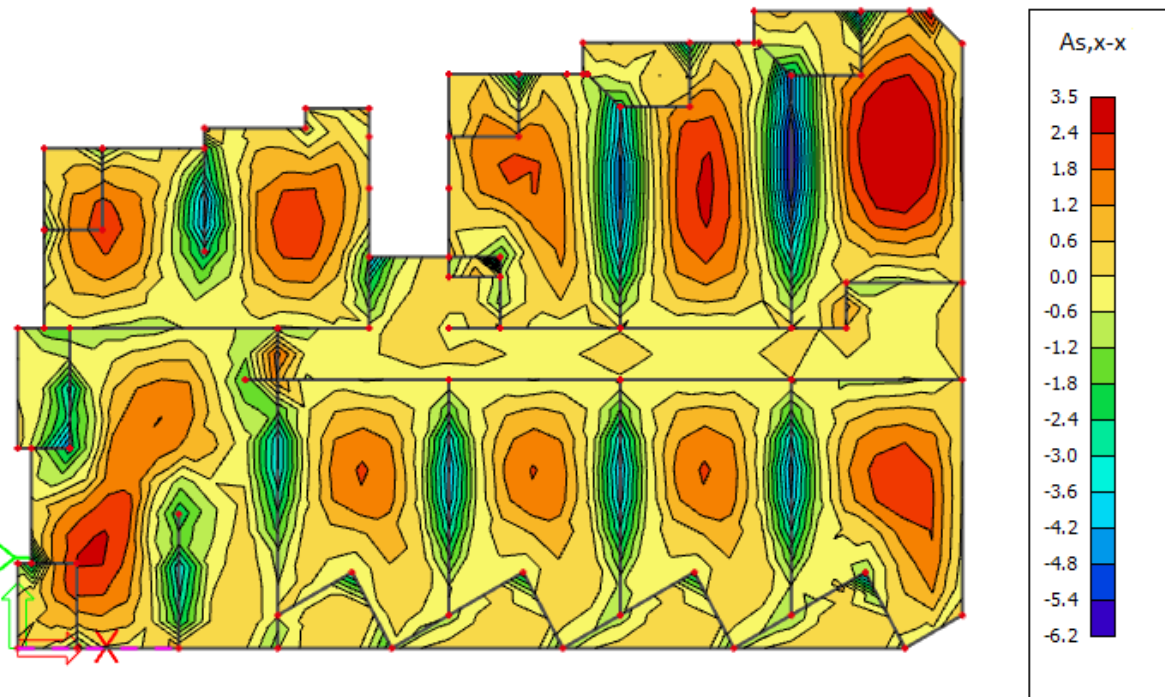
$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2.0^{(3/2)} * 30.0^{(1/2)} = 0.542$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0.542 + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.14 * 1000 = \mathbf{75.88 \text{ kN/m}}$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature za x i y smjer:



Slika 5.8. Armatura u Y smjeru [cm<sup>2</sup>/m] za GSN-1



Slika 5.9. Armatura u X smjeru [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ] za GSN-1

$$A_{s1, \text{očitano}} = 3.5 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow +25\% \rightarrow A_{s1} = 4.375 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Odabrana mreža Q 503} \rightarrow A_{s1} = 5.03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## 6. PRORAČUN STUPOVA

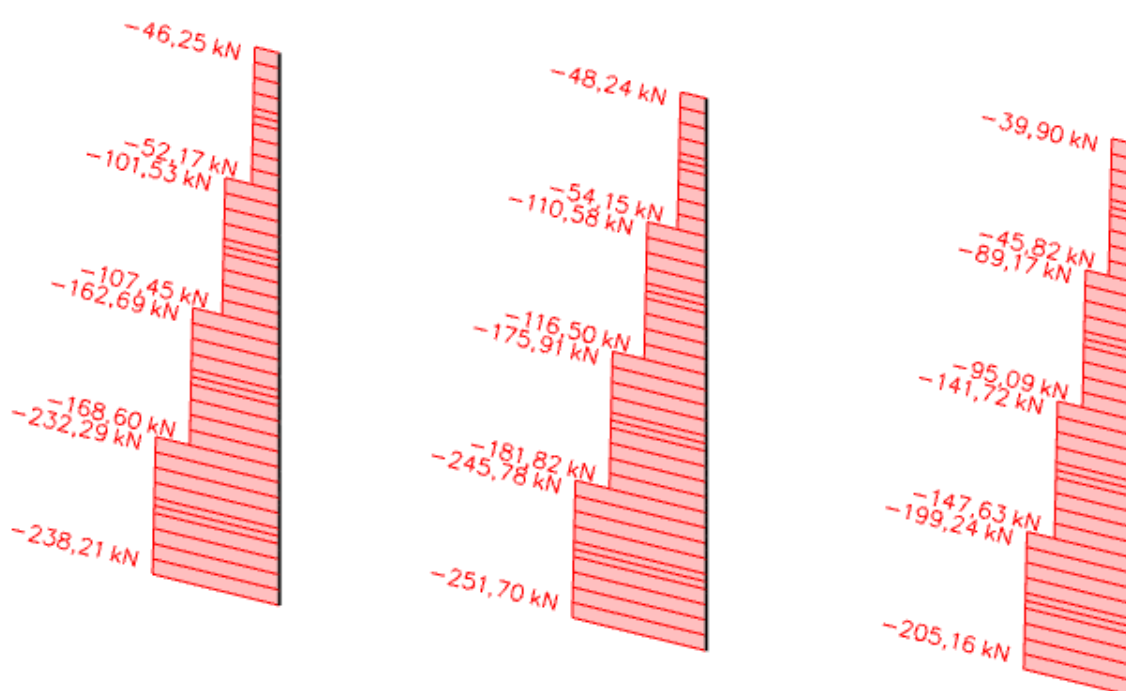
Beton: **C 30/37**;  $f_{ck}=30.0$  Mpa;  $\gamma_c=1.5$

Armatura: **B 500B**;  $f_y=500$  Mpa;  $\gamma_s=1.15$

Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za kombinaciju GSN-1=1.35G+1.5Q:

$$\sigma_{c,Sd} = 251.7 / (25 * 25) = 0.4 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{c,Sd} = 3.0 / 1.5 = 1.5 \text{ kN/cm}^2$$

Iskoristivost stupa:  $0.4 / 1.5 = 0.2666$



Slika 5.10. Uzdužne sile u stupovima za kombinaciju GSN-1=1.35G + 1.5\*Q

Stup armirati sa **4Φ14** i vilicama **Φ10/15**.

## 7. PRORAČUN GREDA

Limitirajući moment savijanja:  $M_{Rd,lim}=0.159*(b_w*d^2)*f_{cd}$

Minimalna armatura / maksimalna armatura:  $A_{s,min}=0.0015*b_w*d /$   
 $A_{s,max}=0.31*b_w*d*(f_{cd}/f_{yd})$

Potrebna površina armature:

$$\text{-za } M_{Sd} \leq M_{Rd}: \quad A_{s1}=M_{Sd}*100/(\zeta*d*f_{yd}); \quad \zeta \cong 0.9$$

$$\text{-za } M_{Sd} > M_{Rd}: A_{s1}=M_{Rd,lim}*100/(\zeta_{lim}*d*f_{yd})+(M_{Sd}-M_{Rd,lim})*100/((d-d_2)*f_{yd});$$

$$\zeta_{lim} \cong 0.892$$

$$A_{s2}=(M_{Sd}-M_{Rd,lim})*100/((d-d_2)*\sigma_{s2}); \quad \zeta \cong 0.9$$

$$\sigma_{s2}=\varepsilon_{s2}*E_s$$

$$\varepsilon_{s2}=3.5*(\zeta_{lim}-d_2/d)/\zeta_{lim} \text{ (‰)}; \quad \zeta_{lim}=0.259$$

Preraspodijela momenata savijanja u gredama: iznad ležaj:  $0.85M_{Sd}$ ; u polju:  $1.30M_{Sd}$

Proračunska posmična otpornost elementa bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c}=[C_{Rd,c}*k*(100*\rho_I*f_{ck})^{1/3}+k_1*\sigma_{cp}]*b_w*d \geq (v_{min}+k_1*\sigma_{cp})*b_w*d \quad (f_{ck} \text{ u MPa})$$

$$k=1+(200/d)^{1/2} \leq 2.0 \quad (d \text{ u mm})$$

$$\rho_I=A_{s1}/(b_w*d) \leq 0.02$$

$$v_{min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}$$

$$C_{Rd,c}=0.18/\gamma_c \quad k_1=0.15$$

Nosivost tlačnih štapova:

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

$$v=0.6(1-f_{ck}/250) \quad (f_{ck} \text{ u MPa})$$

Minimalna armatura - vilice:

$$A_{sw,min}=\rho_{min}*s_w*b_w/m=0.0011*s_w*b_w/m$$

Nosivost na poprečnu silu s armaturom:

$$V_{Rd,s}=A_{sw}*f_{yw,d}*m*z/s_w; \quad A_{sw} = \text{površina jedne grane vilice}$$

$$s_w = \text{razmak spona}; \quad f_{yw,d}=500/1.15=434.8 \text{ MPa}; \quad m=2 \text{ (reznost)}$$

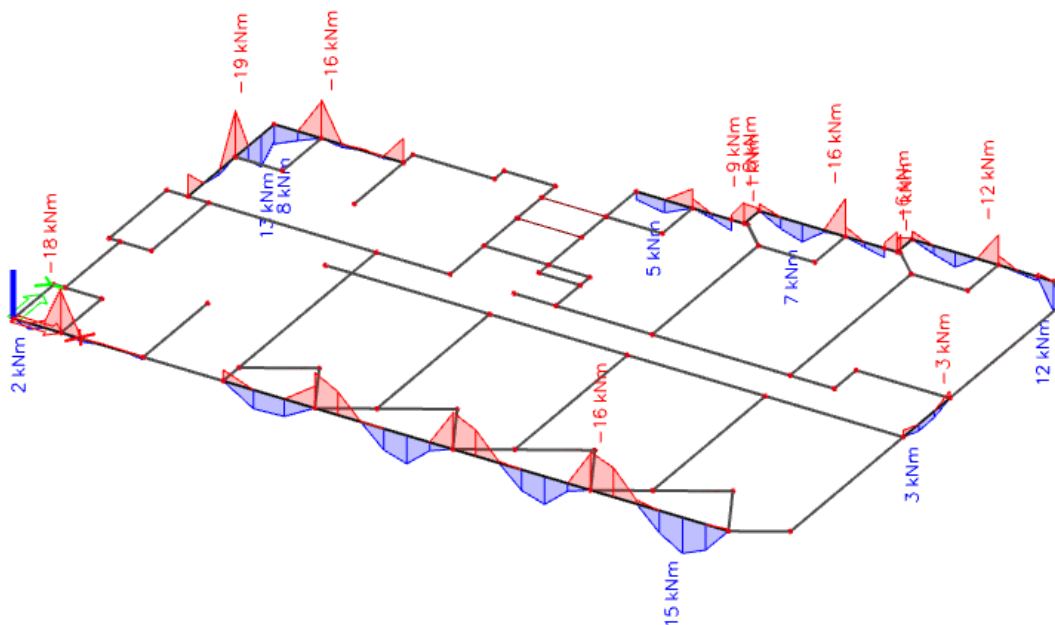
Ukupna nosivost na poprečnu silu:

$$V_{Rd} = V_{Rd,s}$$

## 7.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

Beton: C 30/37;  $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$   $f_{cd}=\frac{f_{ck}}{\gamma_c}=\frac{30,0}{1,5}=20,0 \text{ MPa}$

Armatura: B 500 B;  $f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$   $f_{yd}=\frac{f_{yk}}{\gamma_s}=\frac{500,0}{1,15}=434,8 \text{ Mpa}$



Slika 5.11. Momenti savijanja( $M_y$ ) u gredama za kombinaciju  $G_{SN-1}=1,35G+1,5*Q$

$$M_{Ed}(\text{ležaj}) = 19 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}(\text{polje}) = 15 \text{ kNm}$$

$$A_{s,\min}=0,0015 \cdot b_w \cdot d=0,0015 \cdot 20 \cdot 41=1,23 \text{ cm}^2$$

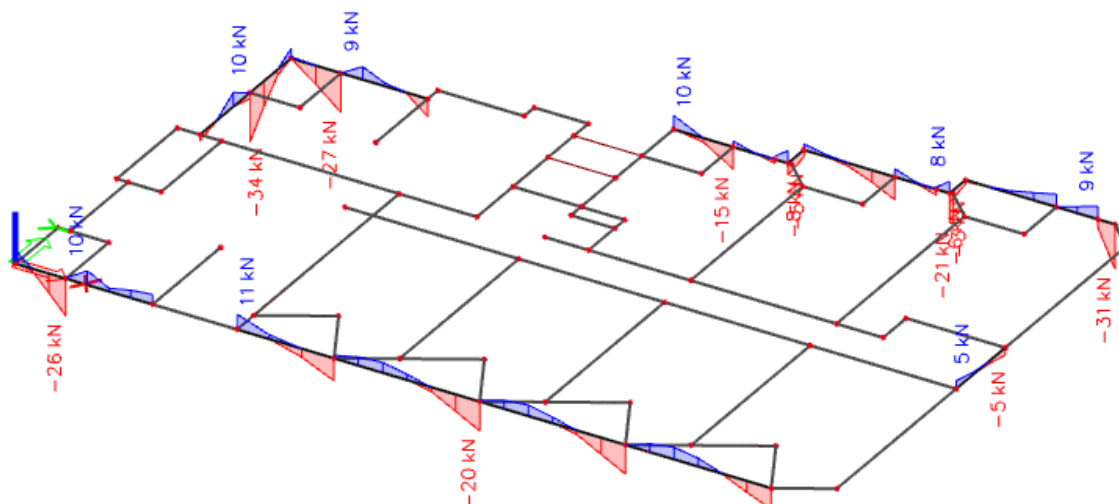
$$A_{s,\min} = \frac{M_{s,\min}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

$$M_{s,\min} = A_{s,\min} \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = 1,23 \cdot 0,9 \cdot 41 \cdot 43,5 = 19,74 \text{ kNm}$$

Odabrano **2Ø16** ( $A_s=4,02 \text{ cm}^2$ ) za donju i gornju zonu.



## 7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu



Slika 5.12. Poprečne sile ( $V_z$ ) u gredama za kombinaciju  $G_{SN-1} = 1.35G + 1.5 \cdot Q$

$$V_{Ed} = 34 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{410}} = 1,7 \leq 2$$

$$b_w = 20 \text{ cm} \quad d = 41 \text{ cm}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2 \cdot \varnothing 16}{30 \cdot 70} = \frac{4,02}{20 \cdot 46} = 0,0044$$

$$k_1 = 0,15$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,7 \cdot (100 \cdot 0,0044 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 200 \cdot 410 = 39 \text{ kN} \geq 34 \text{ kN}$$

$$s_{\max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(0,75 \cdot 41 = 30,75; 30) \Rightarrow s_{\max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,001$$

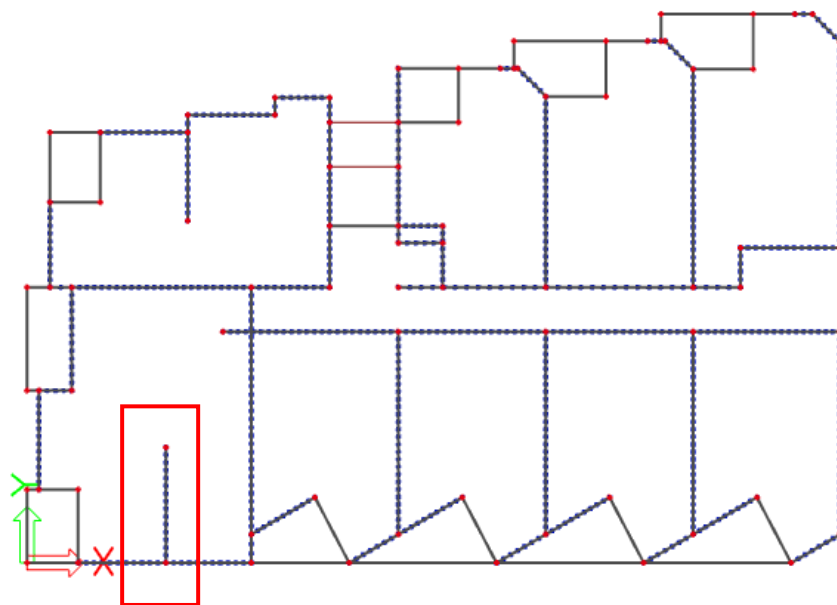
$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,001 \cdot 25 \cdot 20}{2} = 0,3 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø8/25** ( $A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2$ )

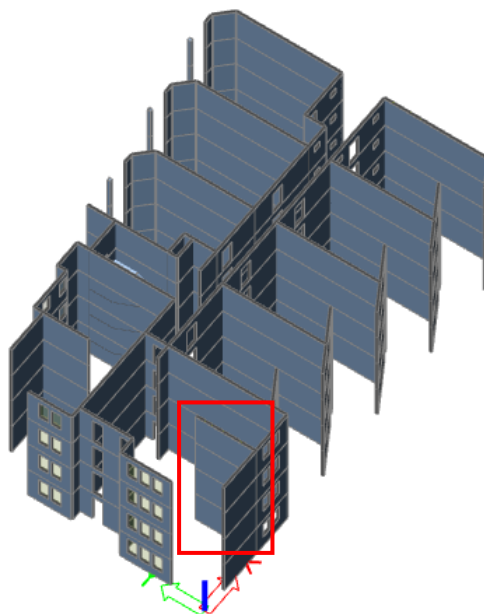
## 8. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM) U Y SMJERU

### 8.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida

Zid prikazan na slici 6.1. dimenzioniran je na potresno opterećenje za razred umjerene duktilnosti (DCM) u Y smjeru prema HRN EN 1998-1:2011. Zid je upeto pridržan pri trakastom temelju i horizontalno pridržan u visini etaže prizemlja. Na zidu ne postoje nikakva oslabljenja u cijeloj visini.



Slika 8.1. Prikaz karakterističnog zida za koji će se vršiti proračun



Slika 8.2. Prikaz karakterističnog zida na 3D proračunskom modelu

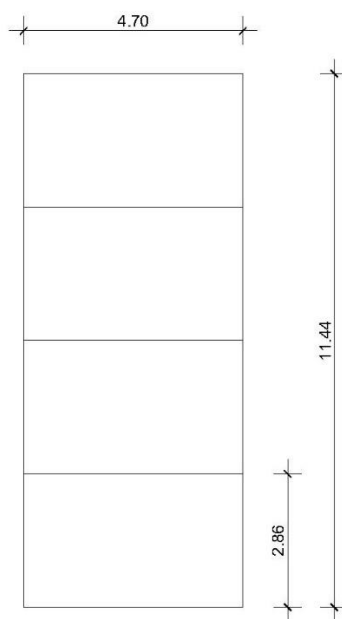
## Diplomski rad

Prema HRN EN 1998-1:2011 za srednju klasu duktilnosti (DCM) u glavnim potresnim elementima potrebno je uzeti beton klase ne manje od C16/20. isto tako u kritičnim područjima nosivih elemenata upotrebiti isključivo rebrastu armaturu razreda B ili C.

| Klasa duktilnosti                          | DC L<br>(Niska) | DC M<br>(Srednja) | DC H<br>(Visoka)              |
|--|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| Klasa betona                               | Bez ograničenja | $\geq C16/20$     | $\geq C16/20$                 |
| Klasa čelika prema EN 1992-1-1, Tablica C1 | B ili C         | B ili C           | C                             |
| Glavna armatura                            |                 | rebrasta          | rebrasta                      |
| Čvrstoća čelika                            | Bez ograničenja | Bez ograničenja   | $f_{yk,0.95} \leq 1.25f_{yk}$ |

*Tablica 8.1. Karakteristike materijala za primarne potresne elemente prema klasama duktilnost*

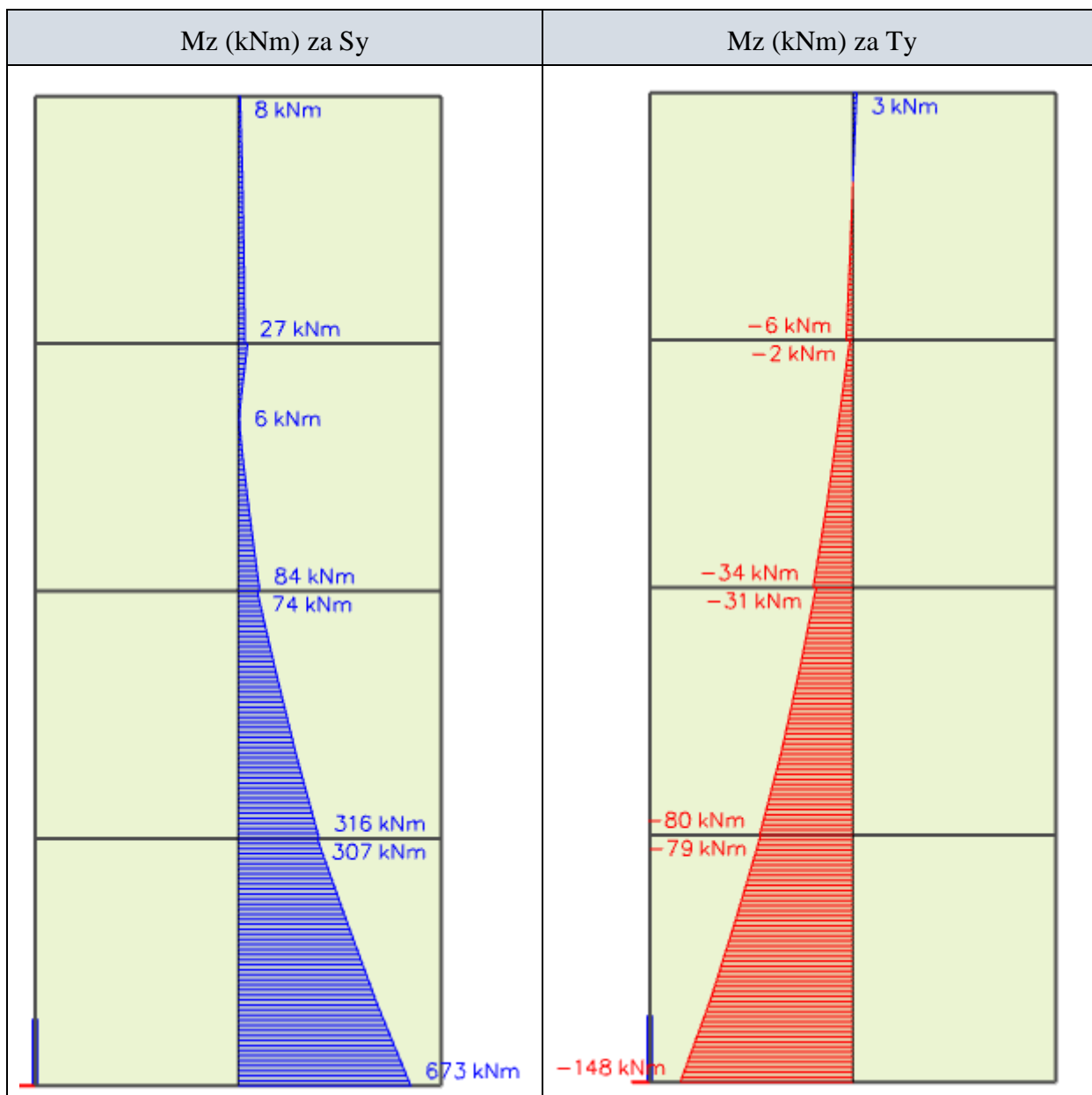
*Slika 8.3. Geometrijske karakteristike zida*



Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011. Uzimajući u obzir gore navedene norme u konkretnom slučaju uzet je beton klase C 20/25 te armatura B 500B. Za potresnu kombinaciju parcijalni koeficijent sigurnosti za beton je  $\gamma_c=1,5$  te za armaturu  $\gamma_s=1,15$ . Geometrijske karakteristike zida su prikazane na slici 6.3. Duljina zida  $l_w = 4.7 \text{ m}$ , visina zida  $h_w = 11.44 \text{ m}$  te širina zida  $b_w = 0,20 \text{ m}$ . Karakteristični zid je dimenzioniran u presjeku iznad ploče prizemlja gdje je i horizontalno pridržana konstrukcija kao simulacija utjecaja oklnog tla na konstrukciju. Proračunom dobijena armatura voditi će se sve do temeljne ploče. Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka  $\zeta$  izračunat je za pojedine etaže i vrijednost ne prelazi 0,10 stoga se učinci drugog reda ne uključuju u dienzioniraje nosivih elemenata.

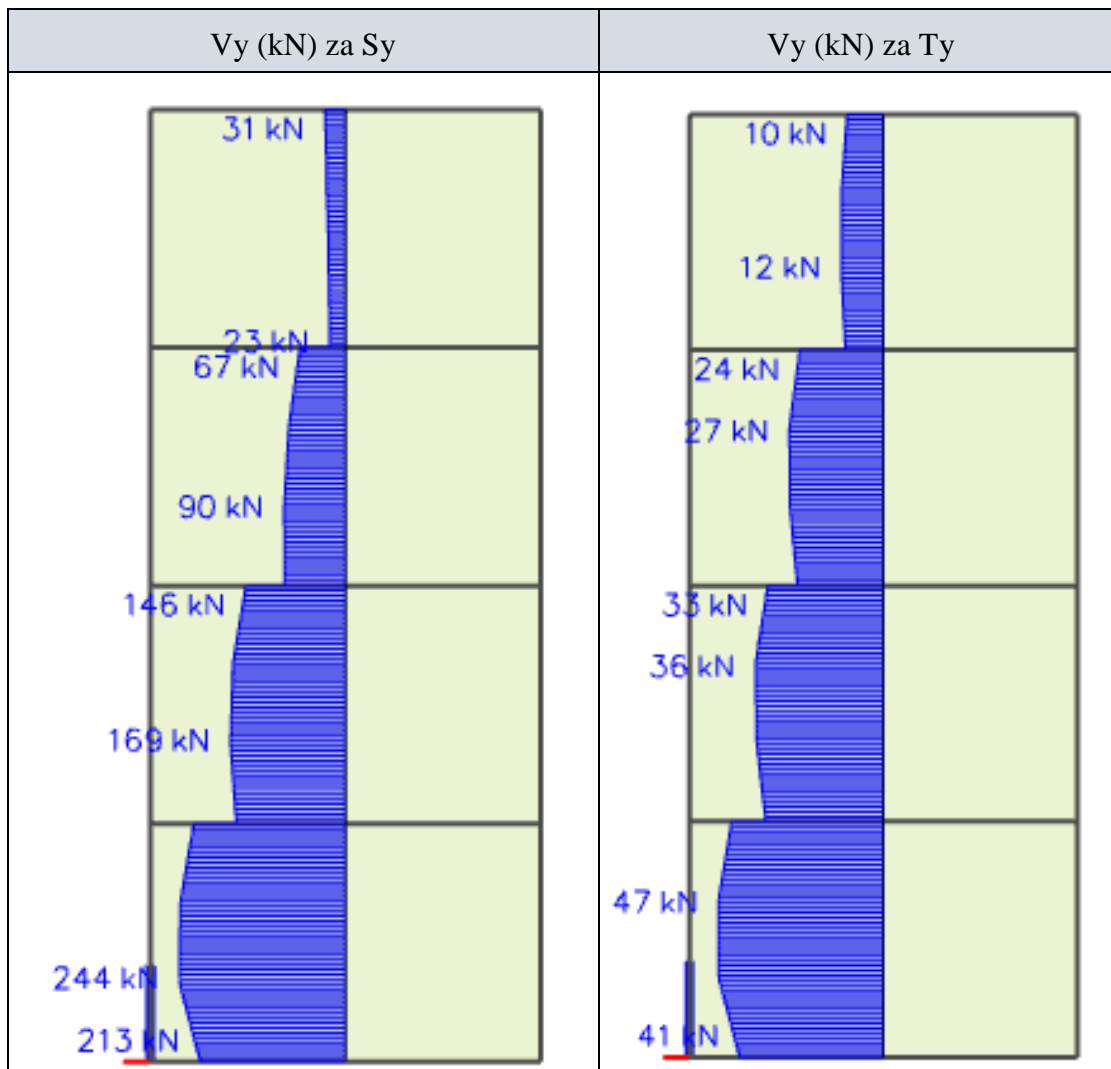
## 8.2. Rezultati proračuna

Proračunske vrijednosti momenata savijanja i poprečnih sila dobivene su iz proračuna konstrukcije za potresnu proračunsku situaciju:  $S_y+T_y$ , dok su proračunske vrijednosti uzdužnih sila dobivene iz kombinacije:  $1G + 1dG + 0.3Q$  u skladu s normom EN 1990:2001



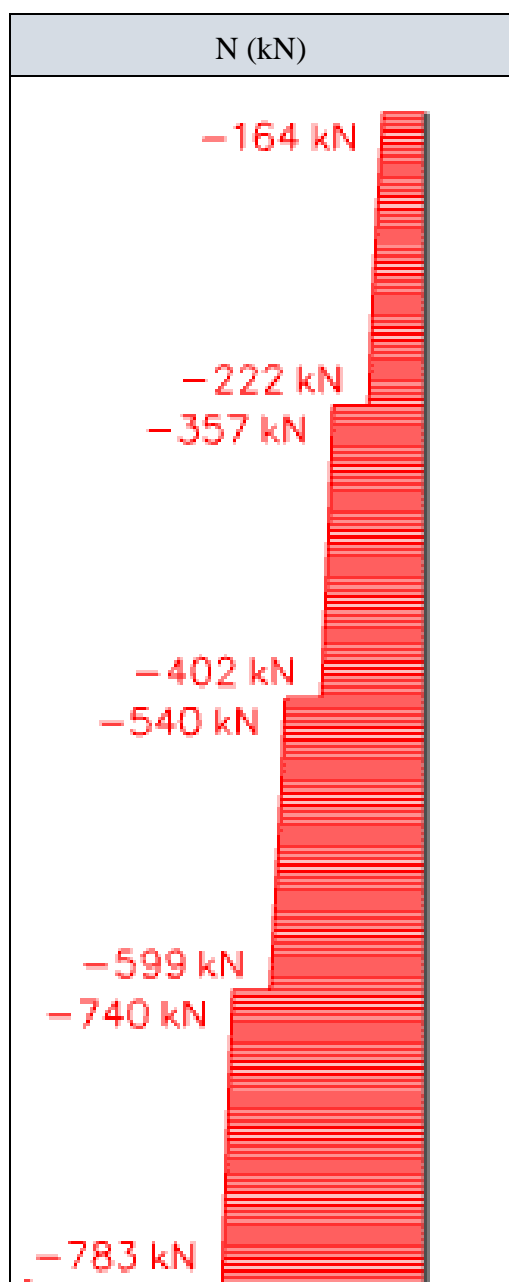
Slika 8.4. Dijagram momenta savijanja  $M_z$  (kNm)

Maksimalna vrijednost momenta savijanja  $M_z(S_y+T_y)$  iznosi 821 kNm.



Slika 8.5. Dijagram momenta savijanja  $M_z$  (kNm), poprečnih sila  $V_y$  (kN), uzdužnih sila  $N$  (kN)

Maksimalna vrijednost poprečnih sila  $V_z(Sy+Ty)$  iznosi 291 kN.

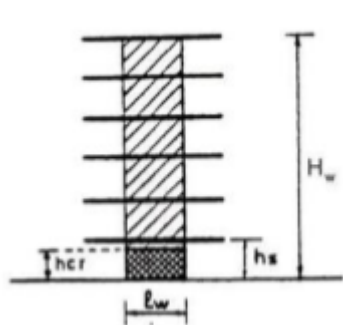


Slika 8.6. Dijagram uzdužnih sila  $N$  (kN)

Maksimalna vrijednost uzdužne sile ( $1G + 1dG + 0.3Q$ ) iznosi 783 kN.

### 8.3. Proračunska ovojnica savijanja

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Konstrukcija po visini nema diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti, stoga se pretpostavlja da je ovojnica linearna. Vlačni pomak je u skladu s nagibom tlačnih stapova uzetih pri provjeri poprečnih sila u graničnom stanju nosivosti.



$$h_{cr} = \max [l_w ; H_w/6]$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 l_w \\ \begin{cases} h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova, gdje je } h_s - \text{svijetla visina kata.} \end{cases} \end{cases}$$

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[4.70; 11.44/6]=[4.7; 1.9]=4.7$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 9.4 \\ 2.86 \end{cases}$$

$$h_{cr} = 2.86 \text{ m}$$

Momenti savijanja vitkih zidova:

$$h_w = 11.44 \text{ m}, l_w = 4.7 \text{ m}$$

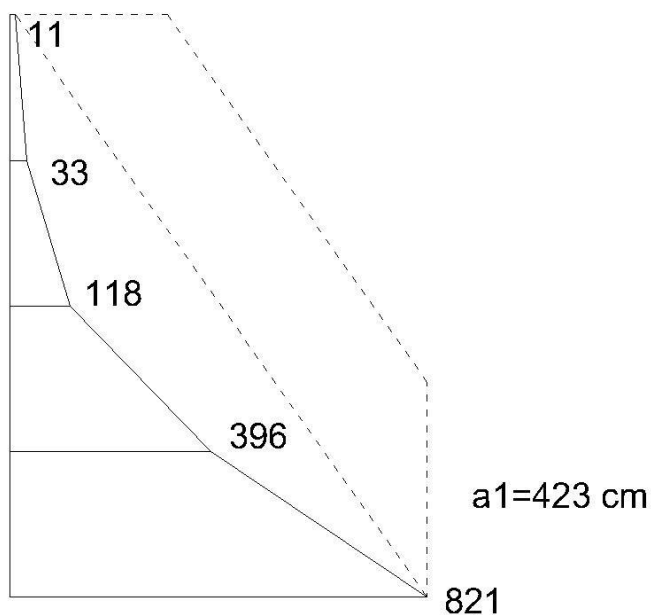
$$h_w / l_w = 11.44/4.7 = 2.43 > 2 \text{ -vitki zid, potrebno povećanje momenata savijanja } a_1 = d$$

$\cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$$\text{DCM} \rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5, \text{ odabrano } \cot\theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 4.7 = 4.23 \text{ m}$$

$$a_1 = 4.23 \cdot 1 = 4.23 \text{ m}$$



Slika 8.7. Proračunska ovojnica momenata savijanja (kNm)

#### 8.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje

Geometrijske karakteristike zida:

Duljina:  $l_w = 470 \text{ cm}$

Širina:  $b_w = 20 \text{ cm}$

$d_{zs} = 3.0 \text{ cm}$

$d_y = 423 \text{ cm} (= 0.9 \cdot 470 \text{ cm})$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za potresnu kombinaciju:  $\gamma_c = 1.5 \quad \gamma_s = 1.15$

**Beton C 20/25**

$f_{cd} = 20 / 1.5 = 13.3 \text{ MPa}$

**Armatura B500C**

$f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.8 \text{ MPa}$

#### 8.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile

Vrijednost osnovog opterećenja,  $v_d$  u primarnim potresnim zidovima ne treba biti veća od 0,4.

$$V_d = \frac{N_{ed}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{783}{20 \times 470 \times 1,33} = 0.063 < 0,4 \text{ -za DCM} \rightarrow \text{zadovoljava}$$



## 8.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije

Zidovi se dimenzioniraju na momente savijanja i uzdužne sile proračunate za potresnu proračunsku situaciju.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 821 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 783 \text{ kN (tlak)}$$

Bezdimenzionalne vrijednosti

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{821 \cdot 100}{20 \cdot 470^2 \cdot 1,33} = 0,014$$

$$N_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-783}{20 \cdot 470 \cdot 1,33} = -0,06$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature

( $\alpha$ ) i omjer  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) očitamo mehanički

Određivanje duljine rubnog elementa i

razmjesta savojne armature

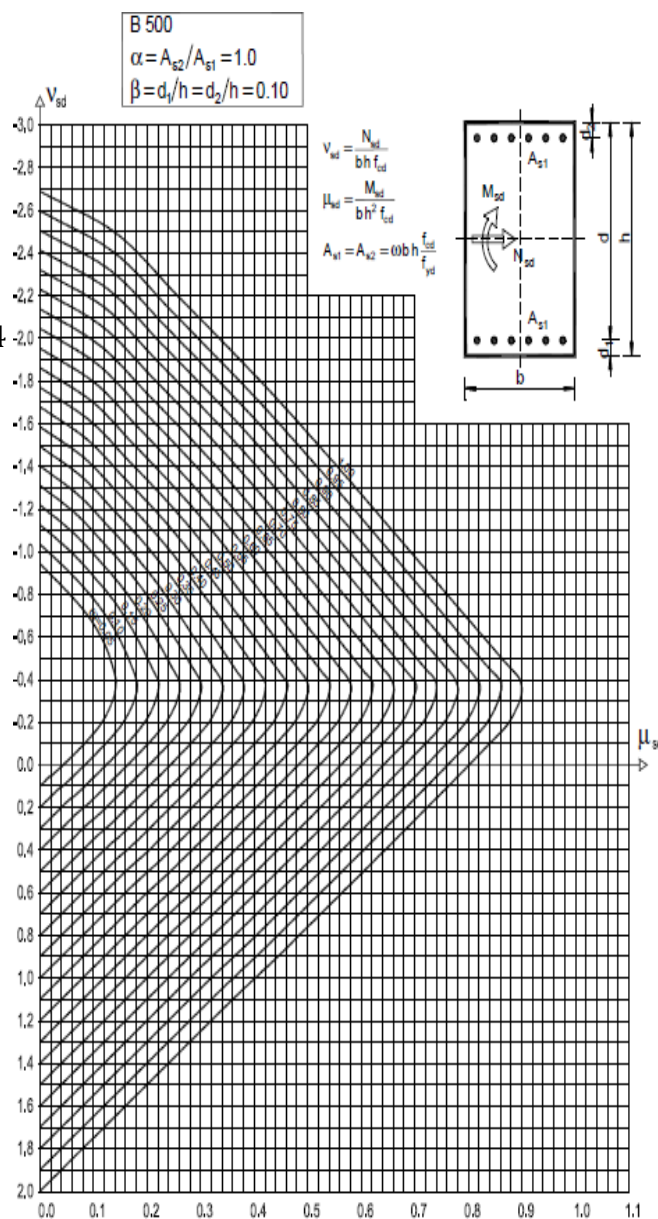
koeficijent armiranja ( $\omega$ )

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = 0,1$$

iz dijagrama interakcije za pravokutni

poprečni presjek određen koeficijentima  $\alpha$  i  $\beta$



Dijagram interakcije za simetrično armiran poprečni presjek

očitano je:  $\omega=0,05$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 20 \cdot 470 \cdot \frac{1,33}{43,47} = 14,38 \text{ (cm}^2\text{)}$$

### 8.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

Prije određivanja broja i promjera šipki savojne armature potrebno je izračunati duljinu rubnog elementa. Najmanji promjer uzdužnih šipki ovisi o razmaku ovojne armature rubnog elementa.

Najmanja vrijednost  $l_c$  ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$l_w$ ,  $b_w$  - duljina i širina r.e. zida

$$0,15 l_w = 0,15 \times 4,70 = 0,7 \text{ (m)}$$

$$1,5 b_w = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ (m)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

$$\alpha \times \omega_{vd} \geq 30 \times \mu_\varphi \times (v_d + \omega_v) \times \varepsilon_{s,yd} \times \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$b_0$  - širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  - bruto širina ovijene jezgre

$x_u$  - visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  - granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  - granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  - faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  - mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3.0 cm i vilice  $\varnothing 10$  mm:

$$b_0 = 20 - 2 \times 3 - 2 \times 0,5 = 13 \text{ cm}$$

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

$\rho_v = A_{sv}/A_c$  - omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

$A_{sv}$  - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv, \min} = 0,002 A_c = 0,002 \times 20 \times 100 = 4 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ odabrano Q-283 obostrano}$$

$$\rho_v = A_{sv}/A_c = 5,66/(20 \times 100) = 0,00283$$

## Diplomski rad

$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd}$  – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd} = 0,00283 \times 434,8/13,33 = 0,092$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1 = 2 \times 3,0 - 1 = 5,0 \text{ (uzimajući da je } MR_d \cong M_{ed})$$

$$\varepsilon_{s,yd} = 434,8/200000 = 0,002174$$

$$\alpha \times \omega_{wd} = 30 \times 5,0 \times (0,063 + 0,092) \times 0,002174 \times 200/130 - 0,035 = 0,043$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{wd} = 0,0035 + 0,1 \times 0,043 = 0,0078$$

$$x_u = (v_d + \omega_{vd}) \times \frac{l_w b_c}{b_0} = (0,063 + 0,092) \times \frac{4700 \times 200}{130} = 112 \text{ (cm)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 112 \times \left(1 - \frac{0,0035}{0,0078}\right) = 62 \text{ cm}$$

$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$

$l_c \geq \{0,705 ; 0,3 ; 0,62\}$

Odabrano:  $h_0 = 1,0/2 + 1,6/2 + 4 \times 17,6 + 1,6/2 + 1,0/2 = 73 \text{ cm}$

Odabrana armatura:  **$10\emptyset 16 = 20,11 \text{ cm}^2$**  >  $14,38 \text{ cm}^2$

$b_c = 20 \text{ cm} ; h_0 = 73 \text{ cm}$

Odabrana armatura:  $A_{odabr} = 20,11 \text{ cm}^2$

$$A_{s,min} = 0,5/100 \times 20 \times 73 = 7,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4/100 \times 20 \times 73 = 58,4 \text{ cm}^2$$

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

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 3 \text{ (cm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 3 + 1 = 4 \text{ (cm)} \leq 4.5 \text{ (cm)} \text{ zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od } \begin{cases} k_{1\varphi} = 1 \times 9.5 = 9.5 \text{ (cm)} \\ d_g + k_2 = 2.5 + 5 = 3 \text{ (cm)} \\ 20 \text{ (cm)} \end{cases} \quad \text{dg- maksimalno zrno agregata}$$

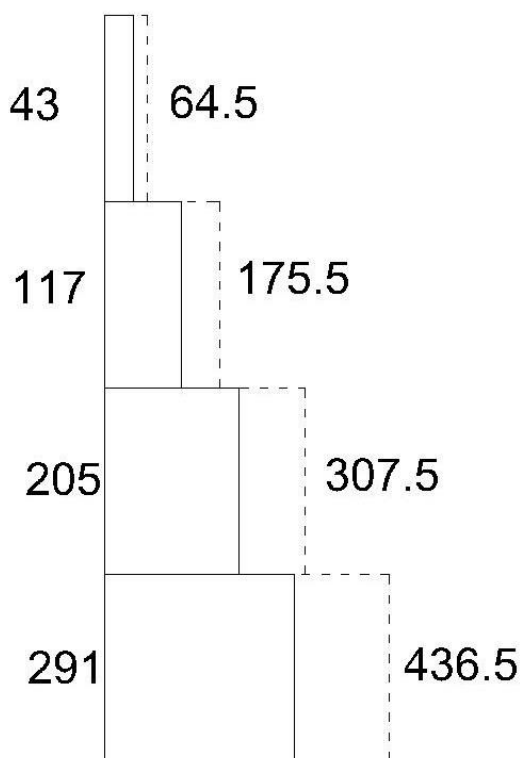
Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama prema EC 8 ne smije premašiti 20 (cm).

### 8.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{Ed}$  izvodi se iz  $V_{Ed} = \varepsilon \times V_{ed}$

$V_{ed}$  – poprečna sila dobivena proračunom

$\varepsilon$  - faktor uvećanja za DCM  $\rightarrow \varepsilon = 1,5$



Slika 8.8. Proračunska ovojnica poprečnih sila (kN)

### 8.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s  $z=0,8l_w$ )

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_{w0} z v_1 f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$\alpha_{cw}=1 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \times \left[ 1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250} \right] = 0.6 \times \left( 1 - \frac{20}{250} \right) = 0.55$$

$tg\theta=1$  - nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_{w0} \times z v_1 \times f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1.0 \times 20.0 \times (0.8 \times 470) \times 0.55 \times 1.33}{1 + 1} = 2750.4 \text{ (kN)}$$

$> 436.5$

### 8.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{ed}}{V_{ed} \times l_w} = \frac{821}{436,5 \times 4,7} = 0,4$$

Za  $\alpha_s < 1$  horizontalna armatura računa se iz izraza

$$V_{Ed} \leq b_{w0} (0.8l_w) \rho_h \times f_{yd,h} \times ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{ed}}{0.80 \times l_w \times f_{yd,v} \times b_{w0} \times cot\theta} = \frac{436,5}{0.80 \times 470 \times 43.5 \times 20 \times 1} = 0.0013$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \times \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \times 0.00283) = \max(0.001; 0.0007)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \times s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \times b_{w0} \times s_h = 0.0013 \times 20 \times 100 = 2,6 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283** ( $A_s$ , odabrano = 2.83 cm<sup>2</sup>/m) (obostrano)

## 8.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **Q-283 i 10Ø16**

Najmanji promjer spona: 6 (mm)

Razmak spona  $s_w \leq (8dbL ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ;$

$s_w \leq (8 \times 16 ; 130/2 ; 175 \text{ mm})$  Odabrano  **$s_w = 7 \text{ (cm)}$**

$h_{kr} = 286 \text{ cm}$

$\alpha \omega_{wd} = 0,092$

Faktor učinkovitosti ovijanja:  $\alpha_s$ ,  $\alpha_n$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \times b_0 \times h_0} = 1 - \frac{2 \times (4 \times 17.6^2 + 7^2)}{6 \times 13 \times 73} = 0.87$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) = \left(1 - \frac{7}{2 \times 73}\right) \times \left(1 - \frac{7}{2 \times 73}\right) = 0.90$$

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n = 0.87 \times 0.9 = 0.78$

$\alpha \omega_{wd} = 0.092$

$0.78 \times \omega_{wd} = 0.092$

$\omega_{wd} = 0.12 \geq 0.08$

### 8.8.1. Izračun $\omega_{wd}$ za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: - Vanjskih  $L_v = 2 \times 13 + 2 \times 73 = 172 \text{ (cm)}$

- unutarnjih  $L_u = 2 \times 13 + 2 \times 17.6 = 61.2 \text{ (cm)}$

Za vilice (unutarnje i vanjske)  $\emptyset 10$ :

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \times (172 + 61.2) \times \frac{100}{7}}{13 \times 73 \times 100} \times \frac{43.5}{1.33} = 0.9 > 0.19$$

Odabrane vilice **vanjske  $\emptyset 10$  i unutarnje  $\emptyset 10$ .**

## 8.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja

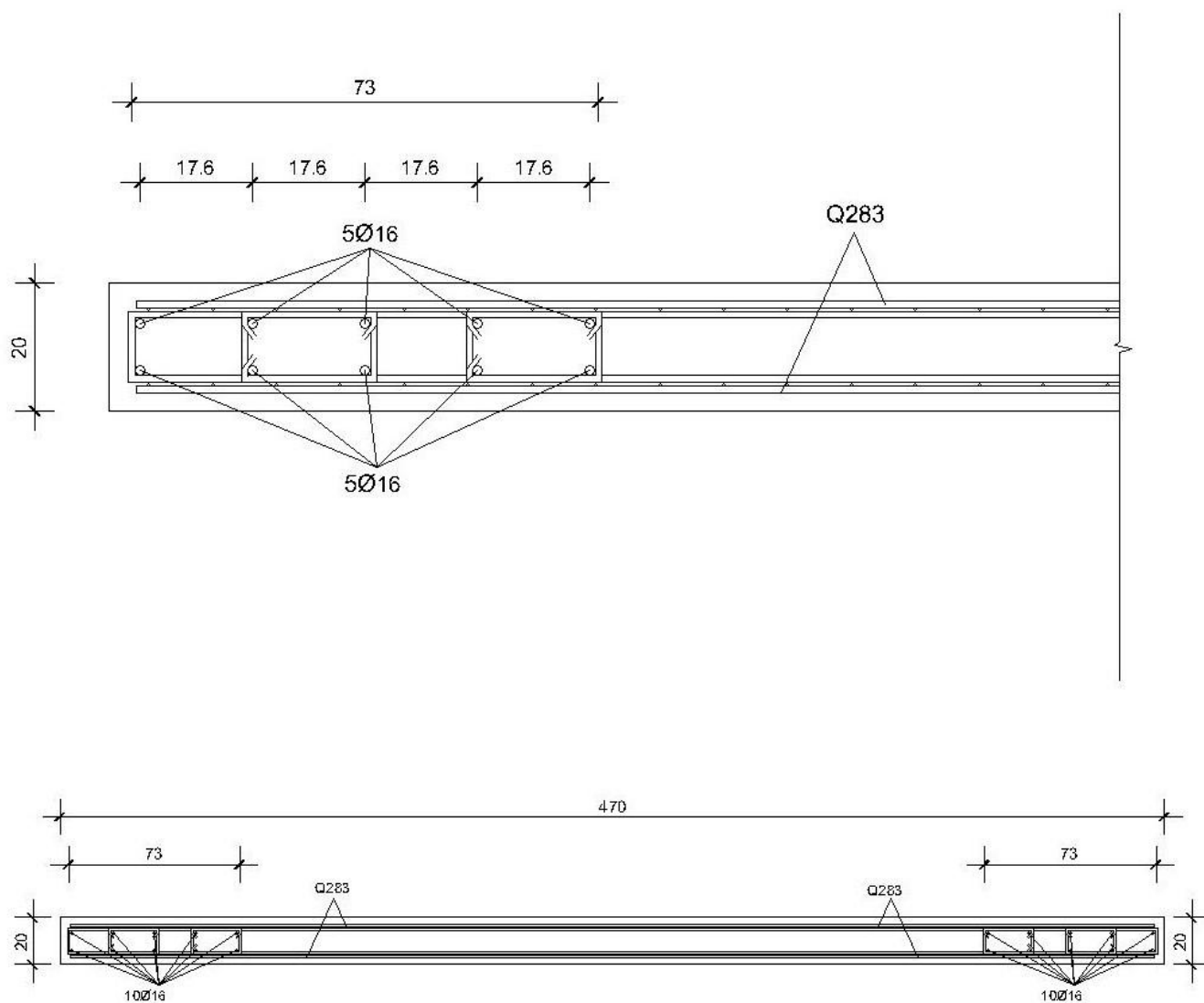
Armirano betonski zidovi dimenzionirani su na moment savijanja i uzdužnu silu u odabranom presjeku. Iznad kritičnog područja armatura je uzeta prema EN1992-1-1:2004. Zid je po visini podijeljen u 3 segmenta i za svaki segment je prikazana armatura kritičnog područja i armatura hrpta. Razliku dimenzioniranja kritičnog područja i iznad njega u slučaju kada tlačna deformacija  $\varepsilon_c$  ne premašuje 0,002 prikazana je u tablici 8.1. Ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija  $\varepsilon_c$  premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

| Površina armature | Kritično područje                     | Iznad kritičnog područja            |   |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
|                   |                                       | Vertikalna armatura                 | Horizontalna armatura                                       |
| $A_{s,min.}$      | $\frac{0.5}{100} \cdot b_w \cdot l_c$ | $\frac{0.2}{100} \cdot b \cdot l_c$ | $25\% \cdot A_{s1}$ ili $\frac{0.1}{100} \cdot b \cdot l_c$ |
| $A_{s,max.}$      | $\frac{4}{100} \cdot b_w \cdot l_c$   | $\frac{4}{100} \cdot b \cdot l_c$   |   |

Tablica 8.2. Površina armature za kritično područje i iznad njega za slučaj kada je  $\varepsilon_c < 0,002$

| Područje                  | Rezne sile |          | Koefficienti |          |          | $l_c$ (m) | Vertikalna armatura cm <sup>2</sup> /m |              | Horizontalna armatura (cm <sup>2</sup> /m) |              | Odabrana armatura (cm <sup>2</sup> /m) |
|---------------------------|------------|----------|--------------|----------|----------|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
|                           | Med (kNm)  | Ned (kN) | $\mu_{SD}$   | $V_{SD}$ | $\omega$ |           | $A_{sv,min}$                           | $A_{sv,max}$ | $A_{sh,min}$                               | $A_{sh,min}$ |  |
| 2.86-5.72 (m)<br>1-2 kat  | 396        | 740      | 0,007        | 0,059    | 0,05     | 0,73      | 2,92                                   | 58,4         | 1,46                                       | 1,46         | 10Ø16                                  |
| 5.72-8.58 (m)<br>2-3 kat  | 118        | 540      | 0,002        | 0,043    | 0,05     | 0,73      | 2,92                                   | 58,4         | 1,46                                       | 1,46         | 10Ø16                                  |
| 8.58-11.44 (m)<br>3-4 kat | 33         | 357      | 0,001        | 0,029    | 0,05     | 0,73      | 2,92                                   | 58,4         | 1,46                                       | 1,46         | 10Ø16                                  |

Slika 8.9. Armatura zida iznad kritičnog područja



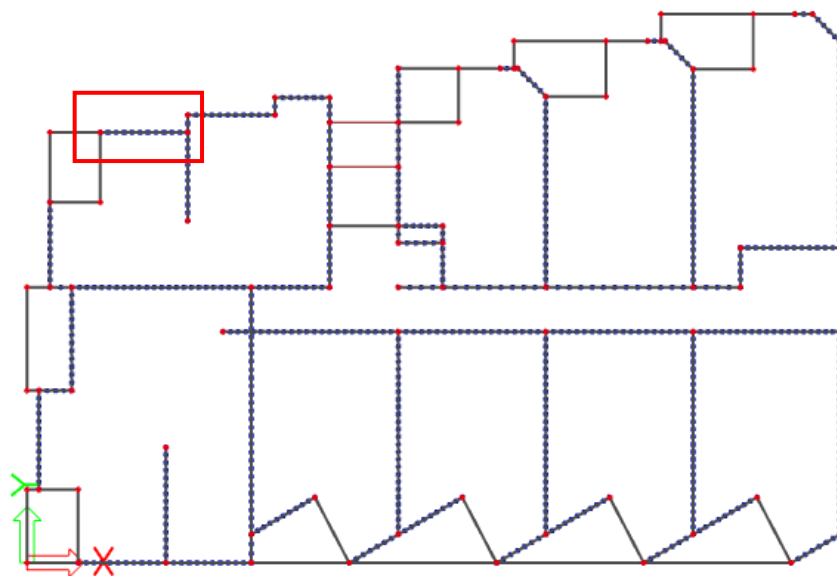
Slika 8.10. Detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti DCM



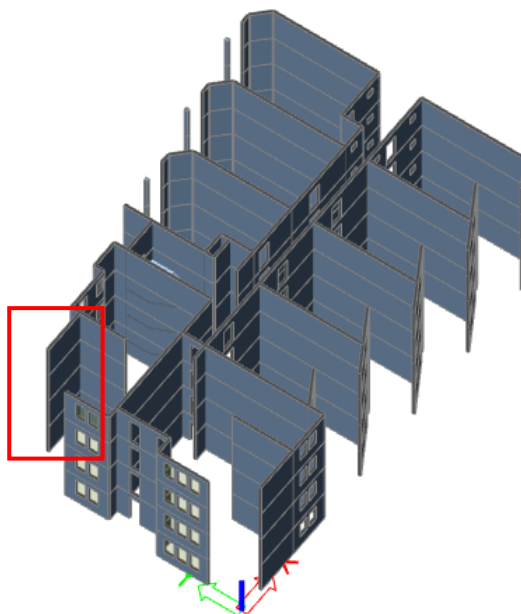
## 9. DIMENZIONIRANJE ZIDA ZA RAZRED SREDNJE DUKTILNOSTI (DCM) U X SMJERU

### 9.1. Opći podaci za dimenzioniranje zida

Zid prikazan na slici 7.1. dimenzioniran je na potresno opterećenje za razred umjerene duktilnosti (DCM) u X smjeru prema HRN EN 1998-1:2011. Zid je upeto pridržan pri trakastom temelju i horizontalno pridržan u visini etaže prizemlja. Na zidu ne postoje nikakva oslabljenja u cijeloj visini.



Slika 9.1. Prikaz karakterističnog zida za koji će se vršiti proračun



Slika 9.2. Prikaz karakterističnog zida na 3D proračunskom modelu

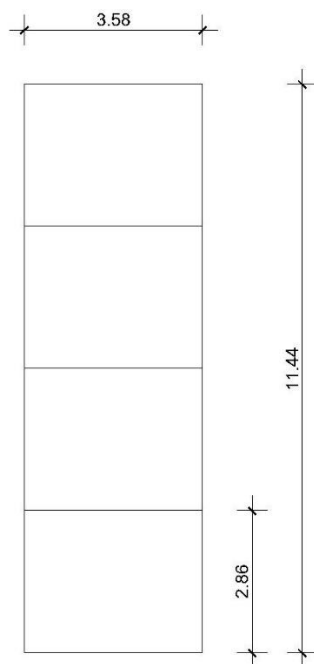
## Diplomski rad

Prema HRN EN 1998-1:2011 za srednju klasu duktilnosti (DCM) u glavnim potresnim elementima potrebno je uzeti beton klase ne manje od C16/20. isto tako u kritičnim područjima nosivih elemenata upotrebiti isključivo rebrastu armaturu razreda B ili C.

| Klasa duktilnosti                          | DC L<br>(Niska) | DC M<br>(Srednja) | DC H<br>(Visoka)              |
|--|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| Klasa betona                               | Bez ograničenja | $\geq C16/20$     | $\geq C16/20$                 |
| Klasa čelika prema EN 1992-1-1, Tablica C1 | B ili C         | B ili C           | C                             |
| Glavna armatura                            |                 | rebrasta          | rebrasta                      |
| Čvrstoća čelika                            | Bez ograničenja | Bez ograničenja   | $f_{yk,0.95} \leq 1.25f_{yk}$ |

*Tablica 9.1. Karakteristike materijala za primarne potresne elemente prema klasama duktilnost*

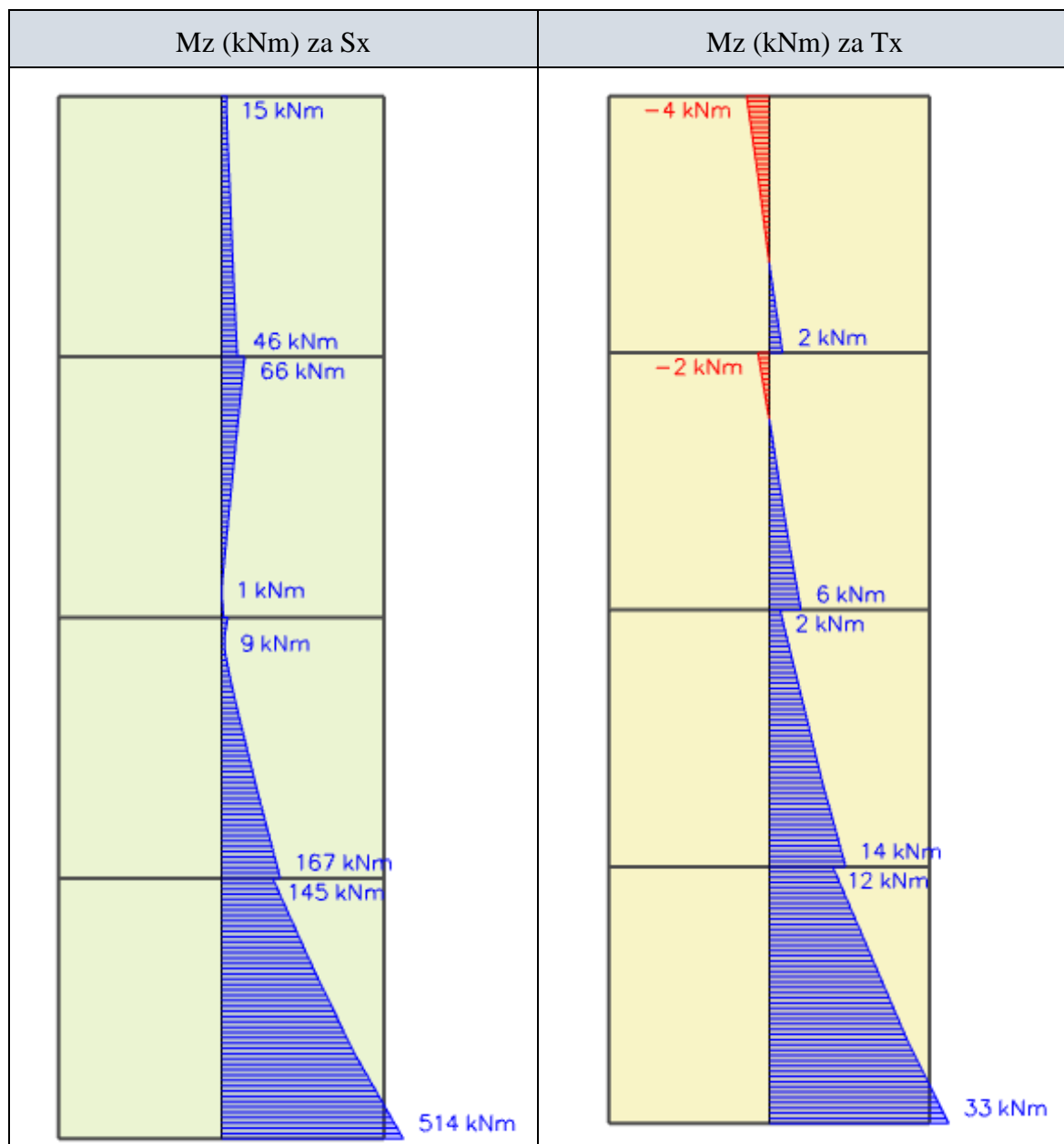
*Slika 9.3. Geometrijske karakteristike zida*



Proračun AB konstrukcije proveden je na modelu sa smanjenom elastičnom krutosti pri savijanju i posmiku na 50% krutosti neraspucalih elemenata Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011. Uzimajući u obzir gore navedene norme u konkretnom slučaju uzet je beton klase C 20/25 te armatura B 500B. Za potresnu kombinaciju parcijalni koeficijent sigurnosti za beton je  $\gamma_c=1,5$  te za armaturu  $\gamma_s=1,15$ . Geometrijske karakteristike zida su prikazane na slici 6.3. Duljina zida  $l_w = 3.58$  m, visina zida  $h_w = 11.44$  m te širina zida  $bw = 0,20$  m. Karakteristični zid je dimenzioniran u presjeku iznad ploče prizemlja gdje je i horizontalno pridržana konstrukcija kao simulacija utjecaja oklnog tla na konstrukciju. Proračunom dobijena armatura voditi će se sve do temeljne ploče. Koeficijent osjetljivosti međukatnog pomaka  $\zeta$  izračunat je za pojedine etaže i vrijednost ne prelazi 0,10 stoga se učinci drugog reda ne uključuju u dienzioniraje nosivih elemenata.

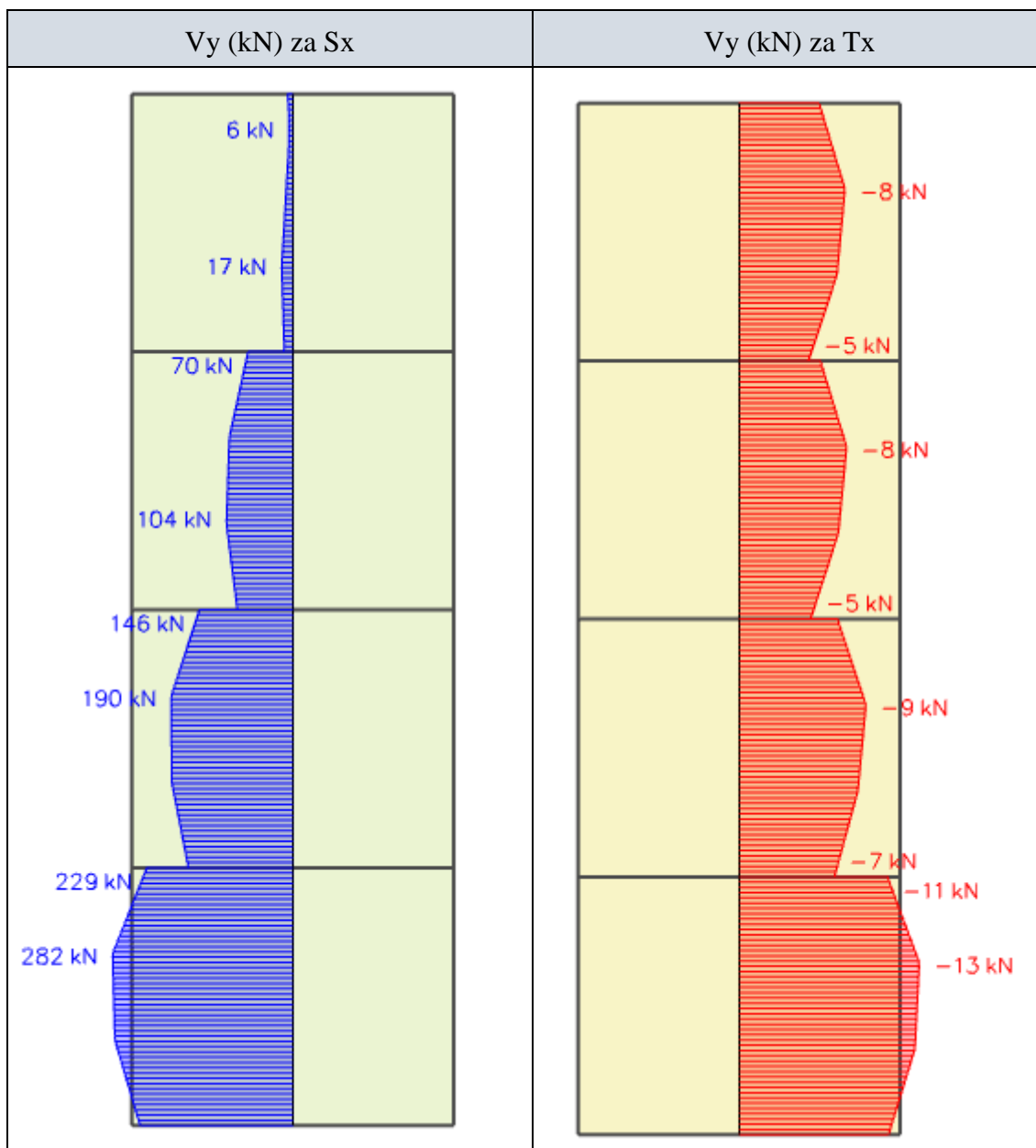
## 9.2. Rezultati proračuna

Proračunske vrijednosti momenata savijanja i poprečnih sila dobivene su iz proračuna konstrukcije za potresnu proračunsku situaciju:  $S_x+T_x$ , dok su proračunske vrijednosti uzdužnih sila dobivene iz kombinacije:  $1G + 1dG + 0.3Q$  u skladu s normom EN 1990:2001



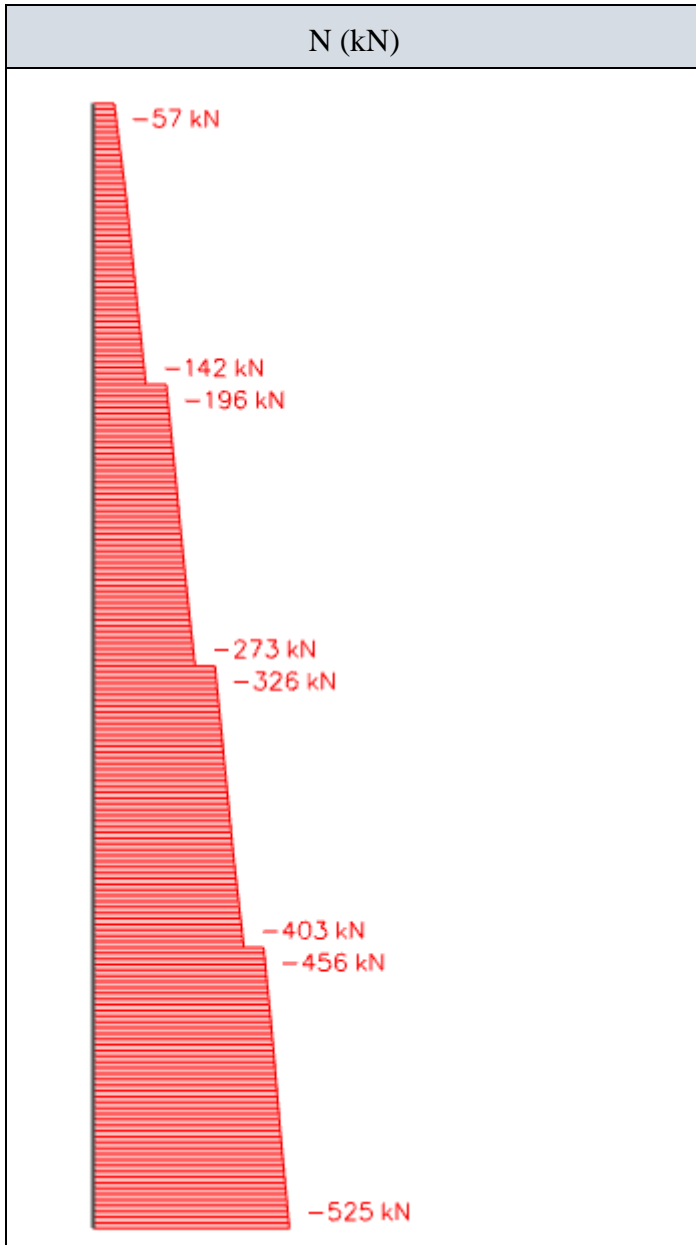
Slika 9.4. Dijagram momenta savijanja  $M_z$  (kNm)

Maksimalna vrijednost momenta savijanja  $M_z(S_x+T_x)$  iznosi 547 kNm.



Slika 9.5. Dijagram momenta savijanja  $Mz$  (kNm), poprečnih sila  $Vy$  (kN), uzdužnih sila  $N$  (kN)

Maksimalna vrijednost poprečnih sila  $Vz(Sx+Tx)$  iznosi 295 kN.

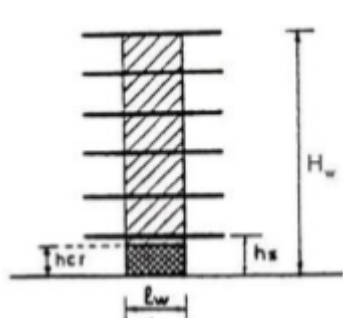


Slika 9.6. Dijagram uzdužnih sila N (kN)

Maksimalna vrijednost uzdužne sile  $(1G + 1dG + 0.3Q)$  iznosi 525 kN.

### 9.3. Proračunska ovojnica momenta savijanja

Proračunski dijagram momenta savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna vertikalno pomaknuta („vlačni pomak“). Konstrukcija po visini nema diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti, stoga se pretpostavlja da je ovojnica linearna. Vlačni pomak je u skladu s nagibom tlačnih stapova uzetim pri provjeri poprečnih sila u graničnom stanju nosivosti.



$$h_{cr} = \max [l_w ; H_w/6]$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 l_w \\ \begin{cases} h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova, gdje je } h_s - \text{svijetla visina kata.} \end{cases} \end{cases}$$

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[3.58; 11.44/6]=[3.58; 1.9]=3.58$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 7.16 \\ 2.86 \end{cases}$$

$$h_{cr} = 2.86 \text{ m}$$

Momenti savijanja vitkih zidova:

$$h_w = 11.44 \text{ m}, l_w = 3.58 \text{ m}$$

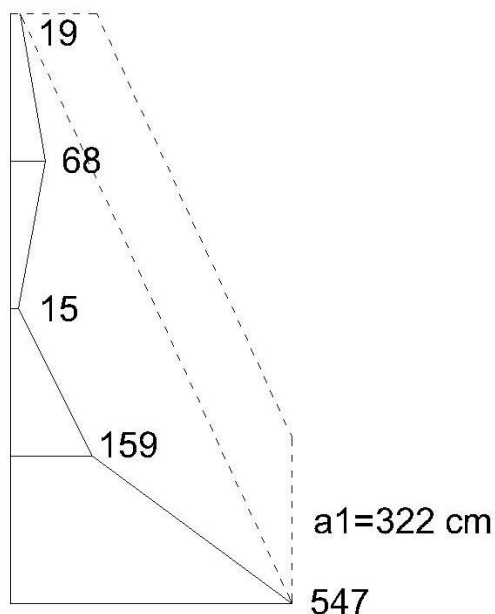
$$h_w / l_w = 11.44/3.58 = 3.2 > 2 \text{ -vitki zid, potrebno povećanje momenata savijanja } a_1 = d$$

$\cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

$$\text{DCM} \rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2.5, \text{ odabrano } \cot\theta = 1$$

$$d = 0.9 \cdot l_w = 0.9 \cdot 3.58 = 3.22 \text{ m}$$

$$a_1 = 3.22 \cdot 1 = 3.22 \text{ m}$$



Slika 9.7. Proračunska ovojnica momenata savijanja (kNm)

#### 9.4. Dimenzioniranje karakterističnog zida na savijanje

Geometrijske karakteristike zida:

Duljina:  $lw = 358 \text{ cm}$

Širina:  $bw = 20 \text{ cm}$

$d_{zs} = 3.0 \text{ cm}$

$d_y = 322 \text{ cm} (= 0.9 \cdot 358 \text{ cm})$

Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za potresnu kombinaciju:  $\gamma_c = 1.5$   $\gamma_s = 1.15$

**Beton C 20/25**

$f_{cd} = 20 / 1.5 = 13.3 \text{ MPa}$

**Armatura B500C**

$f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.8 \text{ MPa}$

#### 9.5. Vrijednosti normalizirane uzdužne sile

Vrijednost osnovog opterećenja,  $v_d$  u primarnim potresnim zidovima ne treba biti veća od 0,4.

$$V_d = \frac{N_{ed}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{525}{20 \times 358 \times 1,33} = 0.055 < 0,4 \text{ -za DCM} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

## 9.6. Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu – dijagram interakcije

Zidovi se dimenzioniraju na momente savijanja i uzdužne sile proračunate za potresnu proračunsku situaciju.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 547 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 525 \text{ kN (tlak)}$$

Bezdimenzionalne vrijednosti

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{547 \cdot 100}{20 \cdot 358^2 \cdot 1,33} = 0,016$$

$$N_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-525}{20 \cdot 470 \cdot 1,33} = -0,06$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature

( $\alpha$ ) i omjer  $d_1/l_w$ ,  $d_2/l_w$  ( $\beta$ ) očitamo mehanički

Određivanje duljine rubnog elementa i

razmještaja savojne armature

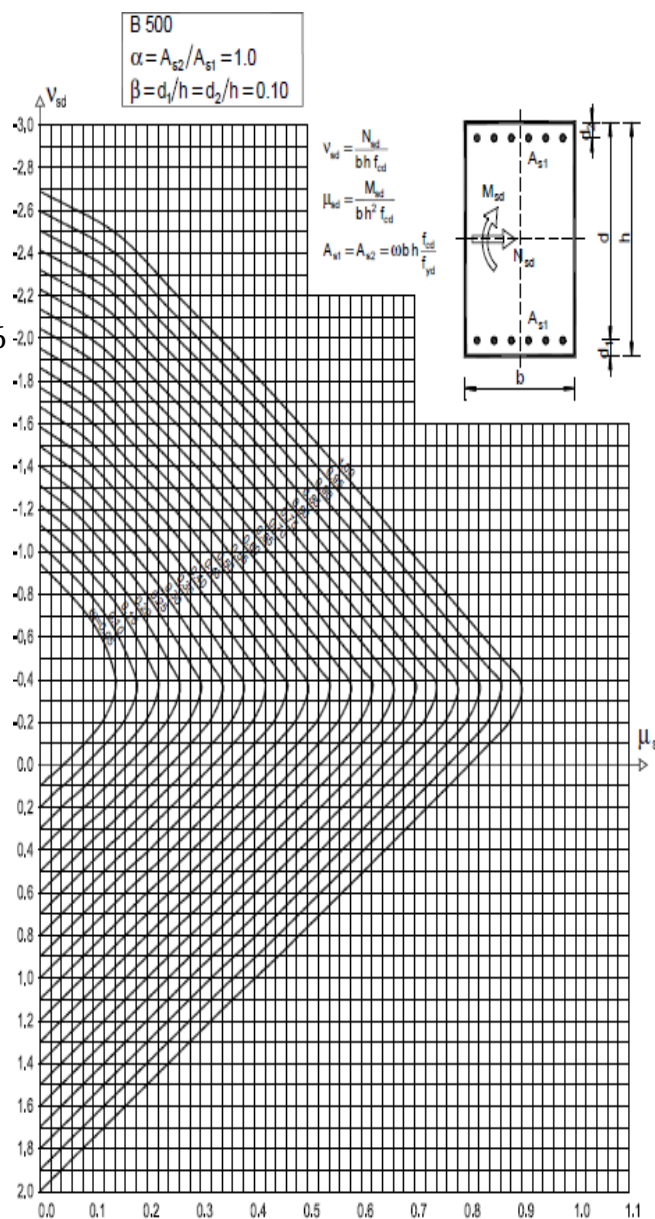
koeficijent armiranja ( $\omega$ )

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{l_w} = \frac{d_2}{l_w} = 0,1$$

iz dijagrama interakcije za pravokutni

poprečni presjek određen koeficijentima  $\alpha$  i  $\beta$



Dijagram interakcije za simetrično armiran poprečni presjek

očitano je:  $\omega=0,05$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,05 \cdot 20 \cdot 358 \cdot \frac{1,33}{43,47} = 10,95 \text{ (cm}^2\text{)}$$



### 9.6.1. Određivanje duljine rubnog elementa i razmještaja savojne armature

Prije određivanja broja i promjera šipki savojne armature potrebno je izračunati duljinu rubnog elementa. Najmanji promjer uzdužnih šipki ovisi o razmaku ovojne armature rubnog elementa.

Najmanja vrijednost  $l_c$  ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$$

$l_w$ ,  $b_w$  - duljina i širina r.e. zida

$$0,15 l_w = 0,15 \times 3,58 = 0,537 \text{ (m)}$$

$$1,5 b_w = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ (m)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

$$\alpha \times \omega_{vd} \geq 30 \times \mu_\varphi \times (v_d + \omega_v) \times \varepsilon_{s,yd} \times \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$b_0$  - širina ovijene jezgre rubnog elementa zida (do osi spona)

$b_c$  - bruto širina ovijene jezgre

$x_u$  - visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  - granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  - granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  - faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{wd}$  - mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3.0 cm i vilice  $\varnothing 10$  mm:

$$b_0 = 20 - 2 \times 3 - 2 \times 0,5 = 13 \text{ cm}$$

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

$\rho_v = A_{sv}/A_c$  - omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

$A_{sv}$  - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv, \min} = 0,002 A_c = 0,002 \times 20 \times 100 = 4 \text{ cm}^2/\text{m}, \text{ odabrano Q-283 obostrano}$$

$$\rho_v = A_{sv}/A_c = 566 / (200 \times 1000) = 0,00283$$

## Diplomski rad

$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd}$  – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = \rho_v f_{yd,v}/f_{cd} = 0,00283 \times 434,8/13,33 = 0,092$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1, \quad T_1 > T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2(q_0 - 1)T_c/T_1, \quad T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 2q_0 - 1 = 2 \times 3,0 - 1 = 5,0 \text{ (uzimajući da je } MR_d \cong M_{ed})$$

$$\varepsilon_{s,yd} = 434,8/200000 = 0,002174$$

$$\alpha \times \omega_{wd} = 30 \times 5,0 \times (0,055 + 0,092) \times 0,002174 \times 200/130 - 0,035 = 0,03974$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{wd} = 0,0035 + 0,1 \times 0,039 = 0,0074$$

$$x_u = (v_d + \omega_{vd}) \times \frac{l_w b_c}{b_0} = (0,055 + 0,092) \times \frac{358 \times 20}{13} = 81 \text{ (cm)}$$

$$h_0 = x_u \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) = 81 \times \left(1 - \frac{0,0035}{0,0074}\right) = 42,6 \text{ cm}$$

$l_c \geq \{0,15 l_w ; 1,5 b_w ; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\}$

$l_c \geq \{0,537 ; 0,3 ; 0,426\}$

Odabrano:  $h_0 = 1,0/2 + 1,6/2 + 3 \times 17,8 + 1,6/2 + 1,0/2 = 56 \text{ cm}$

Odabrana armatura:  **$8\emptyset 16 = 16,08 \text{ cm}^2$**  >  $10,95 \text{ cm}^2$

$b_c = 20 \text{ cm} ; h_0 = 56 \text{ cm}$

Odabrana armatura:  $A_{odabr} = 16,08 \text{ cm}^2$

$$A_{s,min} = 0,5/100 \times 20 \times 56 = 5,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4/100 \times 20 \times 56 = 44,8 \text{ cm}^2$$

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

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 3 \text{ (cm)}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 3 + 1 = 4 \text{ (cm)} \leq 4.5 \text{ (m)} \text{ zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od } \begin{cases} k_{1\varphi} = 1 \times 9.5 = 9.5 \text{ (cm)} \\ d_g + k_2 = 2.5 + 0.5 = 3.0 \text{ (cm)} \\ 20 \text{ (cm)} \end{cases} \quad \text{dg- maksimalno zrno agregata}$$

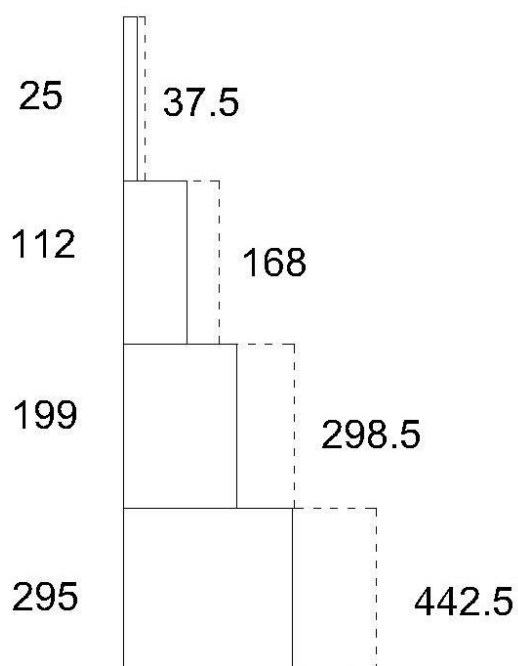
Razmak susjednih uzdužnih šipki obuhvaćenih sponama ili poprečnim sponama prema EC 8 ne smije premašiti 20 (cm).

### 9.7. Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{Ed}$  izvodi se iz  $V_{Ed} = \varepsilon \times V_{ed}$

$V_{Ed}$  – poprečna sila dobivena proračunom

$\varepsilon$  - faktor uvećanja za DCM  $\rightarrow \varepsilon = 1,5$



Slika 9.8. Proračunska ovojnica poprečnih sila (kN)

### 9.7.1. Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmiha

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s  $z=0,8l_w$ )

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_{w0} z v_1 f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta}$$

$\alpha_{cw}=1 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$$v_1 = 0.6 \times \left[ 1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250} \right] = 0.6 \times \left( 1 - \frac{20}{250} \right) = 0.55$$

$tg\theta=1$  - nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_{w0} \times z v_1 \times f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} = \frac{1.0 \times 20.0 \times (0.8 \times 358) \times 0.55 \times 1.33}{1 + 1} = 2095 \text{ (kN)}$$

$> 442.5$

### 9.7.2. Dijagonalni vlačni slom hrpta zbog posmiha

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{ed}}{V_{ed} \times l_w} = \frac{547}{442.5 \times 3.58} = 0,345$$

Za  $\alpha_s < 1$  horizontalna armatura računa se iz izraza

$$V_{Ed} \leq b_{w0} (0.8l_w) \rho_h \times f_{yd,h} \times ctg\theta$$

$\rho_h$  – omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta

$$\rho_h \geq \frac{V_{Ed}}{0.80 \times l_w \times f_{yd,v} \times b_{w0} \times cot\theta} = \frac{442.5}{0.80 \times 358 \times 43.5 \times 20 \times 1} = 0.00178$$

$$\rho_{h,min} = \max(0.001; 0.25 \times \rho_v) = \max(0.001; 0.25 \times 0.00283) = \max(0.001; 0.0007)$$

$$\rho_h = \frac{A_h}{b_{w0} \times s_h} \rightarrow A_h = \rho_h \times b_{w0} \times s_h = 0.00178 \times 20 \times 100 = 3,56 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **Q-283** ( $A_s$ , odabrano=2.83 cm<sup>2</sup>/m) (obostrano)

## 9.8. Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: **Q-283 i 8Ø16**

Najmanji promjer spona: 6 (mm)

Razmak spona  $s_w \leq (8dbL ; b_0/2 ; 175 \text{ mm}) ;$

$s_w \leq (8 \times 16 ; 130/2 ; 175 \text{ mm})$  Odabrano  **$s_w = 7 \text{ (cm)}$**

$h_{kr} = 286 \text{ cm}$

$\alpha\omega_{wd} = 0,03974$

Faktor učinkovitosti ovijanja:  $\alpha_s$ ,  $\alpha_n$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj / horizontalnoj ravnini

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \times b_0 \times h_0} = 1 - \frac{2 \times (3 \times 17.8^2 + 7^2)}{6 \times 13 \times 56} = 0.54$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) = \left(1 - \frac{7}{2 \times 13}\right) \times \left(1 - \frac{7}{2 \times 56}\right) = 0.685$$

$\alpha = \alpha_s \times \alpha_n = 0.54 \times 0.685 = 0.37$

$\alpha\omega_{wd} = 0.03974$

$0.37 \times \omega_{wd} = 0.03974$

$\omega_{wd} = 0.11 \geq 0.08$

### 9.8.1. Izračun $\omega_{wd}$ za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: - Vanjskih  $L_v = 2 \times 13 + 2 \times 56 = 138 \text{ (cm)}$

- unutarnjih  $L_u = 2 \times 13 + 2 \times 17.8 = 61.6 \text{ (cm)}$

Za vilice (unutarnje i vanjske) Ø10:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0.785 \times (138 + 61.6) \times \frac{100}{7}}{13 \times 56 \times 100} \times \frac{43.5}{1.33} = 1.01 > 0.19$$

Odabrane vilice **vanjske Ø10 i unutarnje Ø10.**

## 9.9. Dimenzioniranje zida iznad kritičnog područja

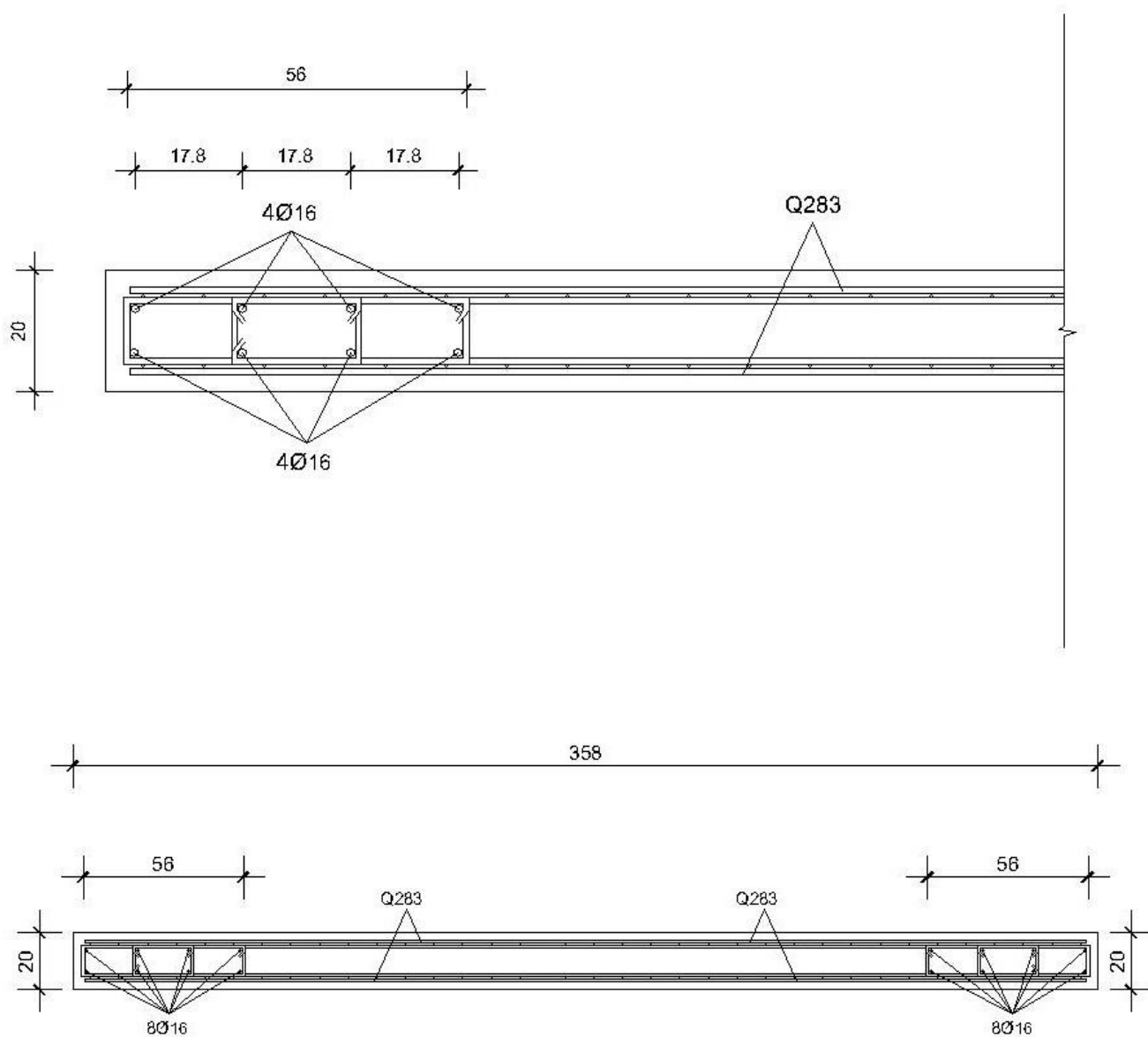
Armirano betonski zidovi dimenzionirani su na moment savijanja i uzdužnu silu u odabranom presjeku. Iznad kritičnog područja armatura je uzeta prema EN1992-1-1:2004. Zid je po visini podijeljen u 3 segmenta i za svaki segment je prikazana armatura kritičnog područja i armatura hrpta. Razliku dimenzioniranja kritičnog područja i iznad njega u slučaju kada tlačna deformacija  $\varepsilon_c$  ne premašuje 0,002 prikazana je u tablici 8.1. Ako u potresnoj proračunskoj situaciji tlačna deformacija  $\varepsilon_c$  premašuje 0,002, treba postaviti najmanji omjer vertikalne armature od 0,005.

| Površina armature | Kritično područje                     | Iznad kritičnog područja            |   |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
|                   |                                       | Vertikalna armatura                 | Horizontalna armatura                                       |
| $A_{s,min.}$      | $\frac{0.5}{100} \cdot b_w \cdot l_c$ | $\frac{0.2}{100} \cdot b \cdot l_c$ | $25\% \cdot A_{s1}$ ili $\frac{0.1}{100} \cdot b \cdot l_c$ |
| $A_{s,max.}$      | $\frac{4}{100} \cdot b_w \cdot l_c$   | $\frac{4}{100} \cdot b \cdot l_c$   |   |

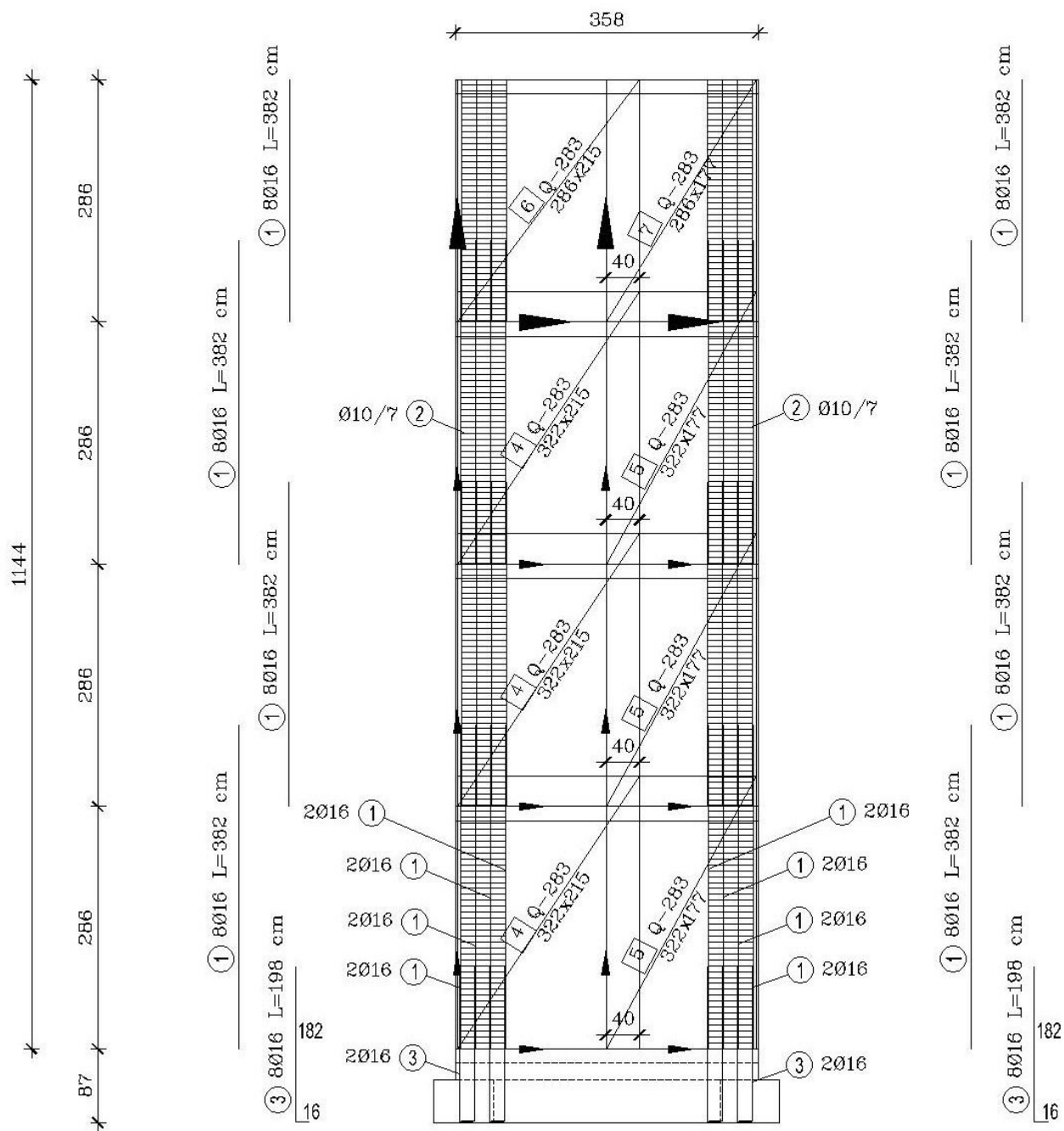
Tablica 9.2. Površina armature za kritično područje i iznad njega za slučaj kada je  $\varepsilon_c < 0,002$

| Područje                  | Rezne sile |          | Koeficijenti |          |          | $l_c$ (m) | Vertikalna armatura cm <sup>2</sup> /m |              | Horizontalna armatura (cm <sup>2</sup> /m) |              | Odabrana armatura (cm <sup>2</sup> /m) |
|---------------------------|------------|----------|--------------|----------|----------|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
|                           | Med (kNm)  | Ned (kN) | $\mu_{SD}$   | $V_{SD}$ | $\omega$ |           | $A_{sv,min}$                           | $A_{sv,max}$ | $A_{sh,min}$                               | $A_{sh,max}$ |  |
| 2.86-5.72 (m)<br>1-2 kat  | 181        | 456      | 0,005        | 0,048    | 0,05     | 0,56      | 2,24                                   | 44,8         | 1,12                                       | 1,12         | 8Ø16                                   |
| 5.72-8.58 (m)<br>2-3 kat  | 15         | 326      | 0,000        | 0,034    | 0,05     | 0,56      | 2,24                                   | 44,8         | 1,12                                       | 1,12         | 8Ø16                                   |
| 8.58-11.44 (m)<br>3-4 kat | 68         | 196      | 0,002        | 0,021    | 0,05     | 0,56      | 2,24                                   | 44,8         | 1,12                                       | 1,12         | 8Ø16                                   |

Slika 9.9. Armatura zida iznad kritičnog područja



Slika 9.10. Detalj armiranja rubnog područja zida za klasu duktilnosti DCM



Slika 9.10. Presjek zida za klasu duktilnosti DCM



## 10. DIMENZIONIRANJE TRAKASTOG TEMELJA

Iz dobivenih reakcija na linijskim osloncima ispod zidova uzete su srednje vrijednosti naprezanja na zidovima. Pošto su naprezanja u zidovima neujednačena svaku temeljnu traku posebno gledamo i dimenzioniramo kako bi ujednacili slijeganja temelja.

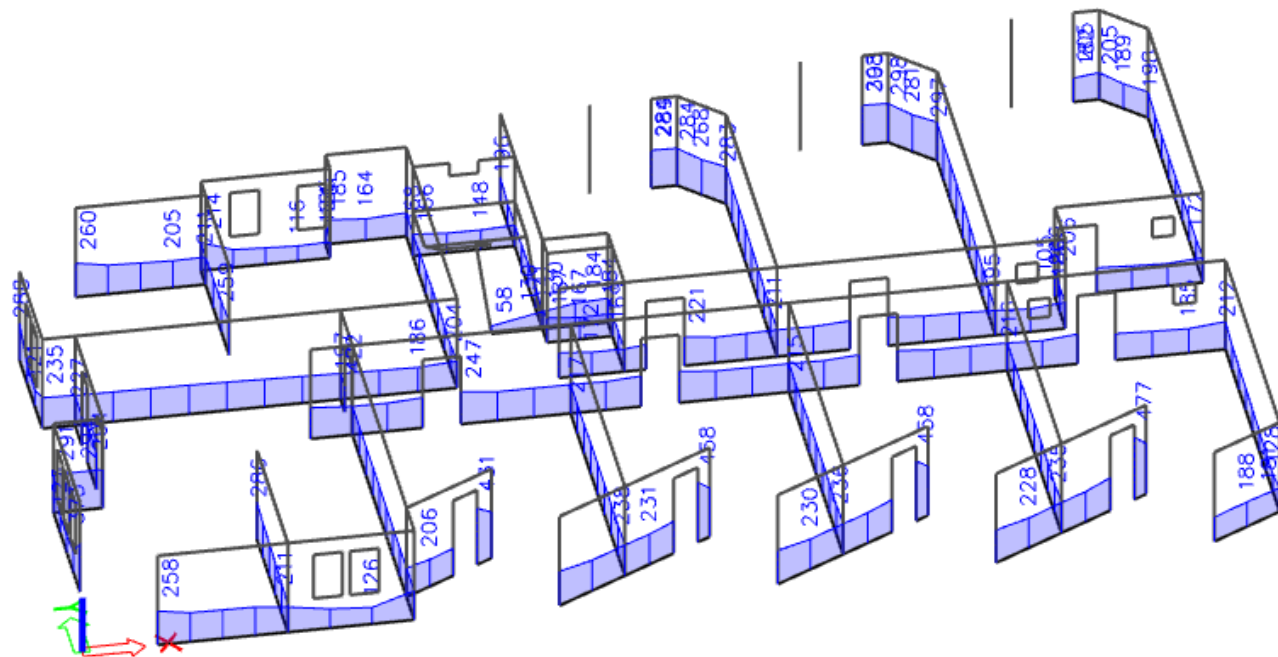
$$\sigma_{sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1,0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1,0}{\sigma_{dop}}$$

Dopušteno kontaktno naprezanje u tlu uzimamo vrijednost od  $500 \text{ kN/m}^2$  kao mjerodavnu za dimenzioniranje širine temeljne trake.

### 10.1. Rezultati proračuna



Slika 10.1. Reakcije  $R_z(\text{kN/m})$  na linijskim osloncima ispod zidova za kombinaciju GSN-1

**Proračun trakastog temelja T1**

$$\sigma_{sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1,0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1,0}{\sigma_{dop}}$$

$$B > \frac{300 \cdot 1,0}{500} = 0.6 \text{ m}$$

Odabrano B=0.75 m

**Minimalna površina armature:**

$$A_{sw} = (0,15/100) \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 75 \cdot 50 = 5.62 \text{ cm}^2 \text{ odabrano } 5 \phi 14 \text{ (} A_s = 7.7 \text{ cm}^2 \text{)}$$

## 11. FIZIKALNA SVOJSTVA ZGRADE

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS.

Verzija KI EXPERT PLUS namijenjena je projektantima i usklađena je u potpunosti s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.).

### Podaci o lokaciji objekta

Predmetna građevina se nalazi u 5. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\Theta_{e,mj,min} > 3$  o C i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18^\circ\text{C}$ .

Klimatološki podaci lokacije objekta:

### Lokacija:

#### Referentna postaja: Split Marjan

|     | I                        | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | God. |
|-----|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | Temperature zraka ( ° C) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| m   | 8,5                      | 7,7  | 10,4 | 15,3 | 20,4 | 25,4 | 25   | 27,6 | 22,9 | 15,8 | 11,9 | 10,7 | 16,9 |
| min | -3                       | -2,9 | -1,5 | 2,6  | 8,8  | 14,1 | 18,6 | 16,4 | 12,5 | 6,1  | 1,8  | -2,8 | -3   |
| max | 15                       | 15,4 | 18,7 | 23,8 | 28,1 | 32,2 | 32,2 | 32,9 | 29,4 | 23,7 | 23,4 | 16,5 | 32,9 |

|   | Tlak vodene pare (Pa) |     |     |     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |
|---|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| m | 680                   | 690 | 790 | 960 | 1280 | 1550 | 1620 | 1640 | 1510 | 1220 | 970 | 750 | 1140 |

|   | Relativna vlažnost zraka (%) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| m | 61                           | 58 | 60 | 60 | 56 | 54 | 49 | 52 | 59 | 63 | 65 | 61 | 58 |

|   | Brzina vjetrova (m/s) |   |     |     |     |   |     |   |     |     |     |     |   |
|---|-----------------------|---|-----|-----|-----|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|
| m | 3,5                   | 5 | 4,7 | 4,2 | 3,5 | 3 | 3,1 | 3 | 3,3 | 3,9 | 4,7 | 4,7 | 4 |

|  | Broj dana grijanja         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |       |
|--|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------|-------|
|  | Temperatura vanjskog zraka |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 10^\circ\text{C}$ | 83,1  |
|  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 12^\circ\text{C}$ | 121,6 |
|  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 15^\circ\text{C}$ | 168,4 |

## Diplomski rad

| Orij   | [ ° ] | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | God. |
|--------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
|        |       | <b>Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m<sup>2</sup>)</b> |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |      |
| S      | 0     | 191   | 267 | 424 | 533 | 677 | 749 | 777 | 665  | 501 | 370 | 207 | 161 | 5522 |
|        | 15    | 256   | 337 | 483 | 561 | 681 | 738 | 773 | 691  | 560 | 457 | 275 | 219 | 6032 |
|        | 30    | 309   | 389 | 517 | 564 | 657 | 698 | 738 | 685  | 591 | 520 | 328 | 268 | 6265 |
|        | 45    | 345   | 421 | 526 | 541 | 605 | 631 | 672 | 647  | 591 | 555 | 364 | 301 | 6199 |
|        | 60    | 361   | 430 | 507 | 493 | 529 | 539 | 578 | 579  | 561 | 559 | 379 | 318 | 3834 |
|        | 75    | 358   | 414 | 464 | 424 | 435 | 431 | 465 | 486  | 502 | 533 | 373 | 317 | 5202 |
|        | 90    | 335   | 376 | 398 | 339 | 330 | 316 | 342 | 376  | 418 | 476 | 347 | 298 | 4351 |
| SE, SW | 0     | 191   | 267 | 424 | 533 | 677 | 749 | 777 | 665  | 501 | 370 | 207 | 161 | 5522 |
|        | 15    | 237   | 316 | 466 | 554 | 681 | 742 | 775 | 685  | 544 | 431 | 254 | 202 | 5886 |
|        | 30    | 271   | 351 | 489 | 557 | 664 | 714 | 752 | 683  | 566 | 474 | 289 | 233 | 6043 |
|        | 45    | 292   | 369 | 492 | 539 | 626 | 664 | 704 | 655  | 565 | 494 | 310 | 253 | 5961 |
|        | 60    | 298   | 368 | 473 | 501 | 567 | 594 | 633 | 604  | 539 | 489 | 314 | 259 | 3639 |
|        | 75    | 288   | 349 | 434 | 445 | 492 | 507 | 544 | 532  | 490 | 460 | 303 | 252 | 5094 |
|        | 90    | 263   | 313 | 378 | 377 | 406 | 413 | 444 | 445  | 422 | 409 | 276 | 232 | 4376 |
| E, W   | 0     | 191   | 267 | 424 | 533 | 677 | 749 | 777 | 665  | 501 | 370 | 207 | 161 | 5522 |
|        | 15    | 192   | 268 | 422 | 528 | 670 | 740 | 768 | 659  | 499 | 370 | 209 | 162 | 5485 |
|        | 30    | 193   | 267 | 416 | 514 | 648 | 715 | 742 | 641  | 490 | 368 | 209 | 163 | 5367 |
|        | 45    | 191   | 262 | 402 | 491 | 614 | 675 | 703 | 611  | 473 | 361 | 206 | 161 | 5150 |
|        | 60    | 183   | 251 | 378 | 457 | 567 | 621 | 649 | 568  | 445 | 345 | 198 | 155 | 4817 |
|        | 75    | 171   | 232 | 346 | 413 | 508 | 555 | 581 | 513  | 407 | 319 | 185 | 144 | 4372 |
|        | 90    | 153   | 207 | 304 | 360 | 440 | 480 | 504 | 447  | 358 | 284 | 165 | 130 | 3831 |
| NE, NW | 0     | 191   | 267 | 424 | 533 | 677 | 749 | 777 | 665  | 501 | 370 | 207 | 161 | 5522 |
|        | 15    | 146   | 215 | 372 | 494 | 651 | 731 | 751 | 623  | 444 | 301 | 160 | 121 | 5009 |
|        | 30    | 115   | 173 | 319 | 443 | 600 | 680 | 693 | 561  | 383 | 244 | 127 | 95  | 4434 |
|        | 45    | 87  | 144 | 276 | 391 | 635 | 609 | 618 | 494  | 330 | 205 | 98  | 74  | 3862 |
|        | 60    | 78  | 104 | 237 | 345 | 472 | 536 | 543 | 435  | 287 | 153 | 81  | 69  | 3340 |
|        | 75    | 72  | 88  | 171 | 290 | 414 | 470 | 476 | 373  | 216 | 113 | 75  | 63  | 2821 |
|        | 90    | 64  | 81  | 133 | 202 | 319 | 374 | 370 | 265  | 143 | 104 | 68  | 57  | 2181 |
| E, N   | 0     | 191   | 267 | 424 | 533 | 677 | 749 | 777 | 665  | 501 | 370 | 207 | 161 | 5522 |
|        | 15    | 117   | 185 | 346 | 478 | 637 | 716 | 734 | 604  | 417 | 264 | 131 | 95  | 4721 |
|        | 30    | 87  | 109 | 253 | 400 | 559 | 634 | 643 | 509  | 314 | 153 | 91  | 78  | 3830 |
|        | 45    | 83  | 101 | 175 | 306 | 454 | 519 | 518 | 391  | 203 | 125 | 125 | 74  | 3036 |
|        | 60    | 78  | 95  | 158 | 212 | 333 | 382 | 371 | 259  | 159 | 119 | 81  | 69  | 2317 |
|        | 75    | 72  | 88  | 146 | 185 | 227 | 238 | 227 | 200  | 150 | 112 | 75  | 63  | 1782 |
|        | 90    | 64  | 81  | 133 | 168 | 208 | 211 | 210 | 186  | 140 | 104 | 68  | 57  | 1631 |

### Zona 1 - Zona 1

| Uvjet                              | Status             |
|------------------------------------|--------------------|
| Koeficijenti prolaska topline      | <b>ZADOVOLJAVA</b> |
| Difuzija                           | <b>ZADOVOLJAVA</b> |
| Dinamičke toplinske karakteristike | <b>ZADOVOLJAVA</b> |
| Korisna energija                   | <b>ZADOVOLJAVA</b> |
| Primarna energija                  | <b>ZADOVOLJAVA</b> |

**Geometrijske karakteristike zgrade**

| Uvjet                              | Status      |
|------------------------------------|-------------|
| Koeficijenti prolaska topline      | ZADOVOLJAVA |
| Difuzija                           | ZADOVOLJAVA |
| Dinamičke toplinske karakteristike | ZADOVOLJAVA |
| Korisna energija                   | ZADOVOLJAVA |
| Primarna energija                  | ZADOVOLJAVA |

**Geometrijske karakteristike zgrade**

| Potrebni podaci   | Zona 1  |
|---|---------|
| Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m <sup>2</sup> ]                                | 2935,36 |
| Obujam grijanog dijela zgrade – V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> ]                    | 5860,70 |
| Obujam grijanog zraka – V [m <sup>3</sup> ]   | 4688,56 |
| Faktor oblika zgrade - f <sub>o</sub> [m <sup>-1</sup> ]                            | 0,50    |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A <sub>κ</sub> [m <sup>2</sup> ] | 2049,20 |
| Ukupna ploština pročelja – A <sub>uk</sub> [m <sup>2</sup> ]                        | 1855,60 |
| Ukupna ploština prozora – A <sub>wuk</sub> [m <sup>2</sup> ]                        | 410,36  |

**Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada****Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v**

| R.b.                                   | Materijal                   | d [cm] | λ [W/mK] | μ [-]  | sd [m] | ρ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------|--------|----------|--------|--------|------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka | 2,000  | 1,000    | 20,00  | 0,40   | 1800,00                |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton         | 20,000 | 2,600    | 110,00 | 22,00  | 2500,00                |
| 3                                      | Polimerno-cementno ljepilo  | 0,500  | 0,900    | 14,00  | 0,07   | 1650,00                |
| 4                                      | 7.01 Mineralna vuna (MW)    | 8,000  | 0,034    | 1,00   | 0,08   | 25,00                  |
| 5                                      | Polimerno-cementno ljepilo  | 0,500  | 0,900    | 14,00  | 0,07   | 1650,00                |
| 6                                      | Impregnacijski predpremaz   | 0,100  | 1,600    | 30,00  | 0,03   | 1100,00                |
| 7                                      | 3.16 Silikatna žbuka        | 0,200  | 0,900    | 60,00  | 0,12   | 1800,00                |
|  |                             |        |          |        |        |                        |
| Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]: |                             |        |          | Istok  | 219,90 |                        |
|  |                             |        |          | Sjever | 261,23 |                        |
|  |                             |        |          | Zapad  | 103,22 |                        |
|  |                             |        |          | Jug    | 216,58 |                        |

## Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

| R.b.                                   | Materijal                   | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka | 2,000  | 1,000            | 20,00     | 0,40   | 1800,00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton         | 20,000 | 2,600            | 110,00    | 22,00  | 2500,00                     |
| 3                                      | Polimerno-cementno ljepilo  | 0,500  | 0,900            | 14,00     | 0,07   | 1650,00                     |
| 4                                      | 7.01 Mineralna vuna (MW)    | 8,000  | 0,034            | 1,00      | 0,08   | 25,00                       |
| 5                                      | Polimerno-cementno ljepilo  | 0,500  | 0,900            | 14,00     | 0,07   | 1650,00                     |
| 6                                      | Impregnacijski predpremaz   | 0,100  | 1,600            | 30,00     | 0,03   | 1100,00                     |
| 7                                      | 3.16 Silikatna žbuka        | 0,200  | 0,900            | 60,00     | 0,12   | 1800,00                     |
| Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]: |                             |        |                  |           | Istok  | 34,08                       |
|  |                             |        |                  |           | Sjever | 27,83                       |

## Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

| R.b.                                   | Materijal  | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|--|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000  | 1,000            | 20,00     | 0,40   | 1800,00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton                                | 20,000 | 2,600            | 110,00    | 22,00  | 2500,00                     |
| 3                                      | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 5,000  | 0,037            | 1,10      | 0,06   | 16,00                       |
| 4                                      | Polimerno-cementno ljepilo                         | 0,500  | 0,900            | 14,00     | 0,07   | 1650,00                     |
| 5                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000  | 1,000            | 20,00     | 0,40   | 1800,00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |  |        |                  |           |        | 677,43                      |

## Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

| R.b.                                   | Materijal  | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|--|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000  | 1,000            | 20,00     | 0,40   | 1800,00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton                                | 20,000 | 2,600            | 110,00    | 22,00  | 2500,00                     |
| 3                                      | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 4,000  | 0,037            | 1,10      | 0,04   | 16,00                       |
| 4                                      | Polimerno-cementno ljepilo                         | 0,500  | 0,900            | 14,00     | 0,07   | 1650,00                     |
| 5                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000  | 1,000            | 20,00     | 0,40   | 1800,00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |  |        |                  |           |        | 100,67                      |

## Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

| R.b.                                   | Materijal                                   | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|---|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.19 Cementni estrih                        | 5,000  | 1,600            | 50,00     | 2,50   | 2000,00                     |
| 2                                      | Knauf Insulation LDS 35 parna               | 0,020  | 0,500            | 205000,00 | 20,00  | 500,00                      |
| 3                                      | Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT | 5,000  | 0,036            | 1,10      | 0,06   | 130,00                      |
| 4                                      | Knauf Insulation LDS 35 parna               | 0,020  | 0,500            | 205000,00 | 20,00  | 500,00                      |
| 5                                      | 2.01 Armirani beton                         | 17,000 | 2,600            | 110,00    | 18,70  | 2500,00                     |
| 6                                      | 3.01 Cementna žbuka                         | 1,500  | 1,600            | 30,00     | 0,45   | 2000,00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |   |        |                  |           |        | 512,30                      |

## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

| R.b.                                   | Materijal                                   | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|---|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.19 Cementni estrih                        | 6,000  | 1,600            | 50,00     | 3,00   | 2000,00                     |
| 2                                      | Knauf Insulation LDS 100 parna              | 0,020  | 0,500            | 350000,00 | 20,00  | 450,00                      |
| 3                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena           | 8,000  | 0,036            | 140,00    | 11,20  | 37,50                       |
| 4                                      | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>         | 0,020  | 0,200            | 1000,00   | 0,20   | 900,00                      |
| 5                                      | 5.01 Bitum. traka s uloškom stakl.          | 1,000  | 0,230            | 50000,00  | 500,00 | 1100,00                     |
| 6                                      | 2.03 Beton                                  | 17,000 | 2,000            | 100,00    | 17,00  | 2400,00                     |
| 7                                      | 6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,000 | 0,810            | 3,00      | 0,90   | 1700,00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |   |        |                  |           |        | 512,30                      |

## Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

| Materijal                                   | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|---|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 3.19 Cementni estrih                        | 6,000  | 1,600            | 50,00     | 3,00   | 2000,00                     |
| Knauf Insulation LDS 100 parna              | 0,020  | 0,500            | 350000,00 | 20,00  | 450,00                      |
| 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena           | 8,000  | 0,036            | 140,00    | 11,20  | 37,50                       |
| Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>         | 0,020  | 0,200            | 1000,00   | 0,20   | 900,00                      |
| 5.01 Bitum. traka s uloškom stakl.          | 1,000  | 0,230            | 50000,00  | 500,00 | 1100,00                     |
| 2.03 Beton                                  | 17,000 | 2,000            | 100,00    | 17,00  | 2400,00                     |
| 6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,000 | 0,810            | 3,00      | 0,90   | 1700,00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:      |        |                  |           |        | 70,10                       |

**Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v**

| <b>Materijal</b>                       | <b>d [cm]</b> | <b><math>\lambda</math> [W/mK]</b> | <b><math>\mu</math> [-]</b> | <b>sd [m]</b> | <b><math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</b> |
|--|---------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------|---|
| 3.01 Cementna žbuka                    | 1,500         | 1,600                              | 30,00                       | 0,45          | 2000,00                                     |
| 2.01 Armirani beton                    | 17,000        | 2,600                              | 110,00                      | 18,70         | 2500,00                                     |
| Bitumenska ljepjenka (traka)           | 0,300         | 0,230                              | 50000,00                    | 150,00        | 1100,00                                     |
| Aluminijska folija 0,05 mm             | 0,001         | 160,000                            | 30000000,00                 | 1,00          | 2800,00                                     |
| Bitumenska ljepjenka (traka)           | 0,300         | 0,230                              | 50000,00                    | 150,00        | 1100,00                                     |
| Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>    | 0,020         | 0,200                              | 1000,00                     | 0,20          | 900,00                                      |
| 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena      | 15,000        | 0,036                              | 140,00                      | 21,00         | 37,50                                       |
| Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>        | 0,020         | 0,200                              | 1000,00                     | 0,20          | 900,00                                      |
| Tvrda guma (ebonit), kruta             | 1,500         | 0,170                              | 1000000,00                  | 1.500,00      | 1200,00                                     |
| 2.03 Beton                             | 3,000         | 2,000                              | 100,00                      | 3,00          | 2400,00                                     |
|  |               |                                    |                             |               |   |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |               |                                    |                             |               | 512,30                                      |

**Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v**

| <b>Materijal</b>                       | <b>d [cm]</b> | <b><math>\lambda</math> [W/mK]</b> | <b><math>\mu</math> [-]</b> | <b>sd [m]</b> | <b><math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</b> |
|--|---------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------|---|
| 3.01 Cementna žbuka                    | 1,500         | 1,600                              | 30,00                       | 0,45          | 2000,00                                     |
| 2.01 Armirani beton                    | 17,000        | 2,600                              | 110,00                      | 18,70         | 2500,00                                     |
| Bitumenska ljepjenka (traka)           | 0,300         | 0,230                              | 50000,00                    | 150,00        | 1100,00                                     |
| Aluminijska folija 0,05 mm             | 0,001         | 160,000                            | 30000000,00                 | 1,00          | 2800,00                                     |
| Bitumenska ljepjenka (traka)           | 0,300         | 0,230                              | 50000,00                    | 150,00        | 1100,00                                     |
| Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>    | 0,020         | 0,200                              | 1000,00                     | 0,20          | 900,00                                      |
| 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena      | 15,000        | 0,036                              | 140,00                      | 21,00         | 37,50                                       |
| Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>        | 0,020         | 0,200                              | 1000,00                     | 0,20          | 900,00                                      |
| Tvrda guma (ebonit), kruta             | 1,500         | 0,170                              | 1000000,00                  | 1.500,00      | 1200,00                                     |
| 2.03 Beton                             | 3,000         | 2,000                              | 100,00                      | 3,00          | 2400,00                                     |
|  |               |                                    |                             |               |   |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |               |                                    |                             |               | 70,10                                       |



**Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade**

| Naziv otvora      | Uw [W/m <sup>2</sup> K] | Orijentacija | Aw [m <sup>2</sup> ] | n     |
|-------------------|-------------------------|--------------|----------------------|-------|
| P 80 x140 g-v     | 1,40                    | Jug          | 1,12                 | 8,00  |
| P 80 x140 g-v S   | 1,40                    | Sjever       | 1,12                 | 8,00  |
| V 85 x 240 g-v    | 1,40                    | Zapad        | 2,04                 | 8,00  |
| P 80 x160 g-v     | 1,40                    | Zapad        | 1,28                 | 20,00 |
| P 80 x 80 n-v S   | 1,40                    | Sjever       | 0,64                 | 3,00  |
| V 105 x 240 n-v   | 1,40                    | Istok        | 2,52                 | 1,00  |
| P 160 x160 g-v S  | 1,40                    | Sjever       | 2,56                 | 24,00 |
| SS 240 x280 g-v   | 1,40                    | Zapad        | 6,72                 | 8,00  |
| SS 195 x240 g-v S | 1,40                    | Sjever       | 4,68                 | 4,00  |
| SS 150 x240 g-v   | 1,40                    | Jug          | 3,60                 | 4,00  |
| SS 200 x240 g-v   | 1,40                    | Zapad        | 4,80                 | 12,00 |
| V 105 x 218 n-u   | 1,40                    | Zapad        | 2,29                 | 1,00  |
| P 60 x 60 n-u     | 1,40                    | Sjever       | 0,36                 | 2,00  |

**Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)**

Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

| Naziv prostorije | Orijentacija | A [m <sup>2</sup> ] | A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ] | f    | g <sub>tot</sub> f | max  | Zadovoljava |
|------------------|--------------|---------------------|----------------------------------|------|--------------------|------|-------------|
| soba 1           | Zapad        | 14,88               | 7,42                             | 0,50 | 0,08               | 0,20 | Da          |

Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

| Naziv prostorije | Naziv otvora    | f <sub>c</sub> | A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ] | g <sub>⊥</sub> | n |
|------------------|-----------------|----------------|----------------------------------|----------------|---|
| soba 1           | P 80 x160 g-v   | 0,30           | 1,02                             | 0,60           | 2 |
| soba 1           | SS 240 x280 g-v | 0,30           | 5,38                             | 0,60           | 1 |

**Sustav grijanja i energent za grijanje**

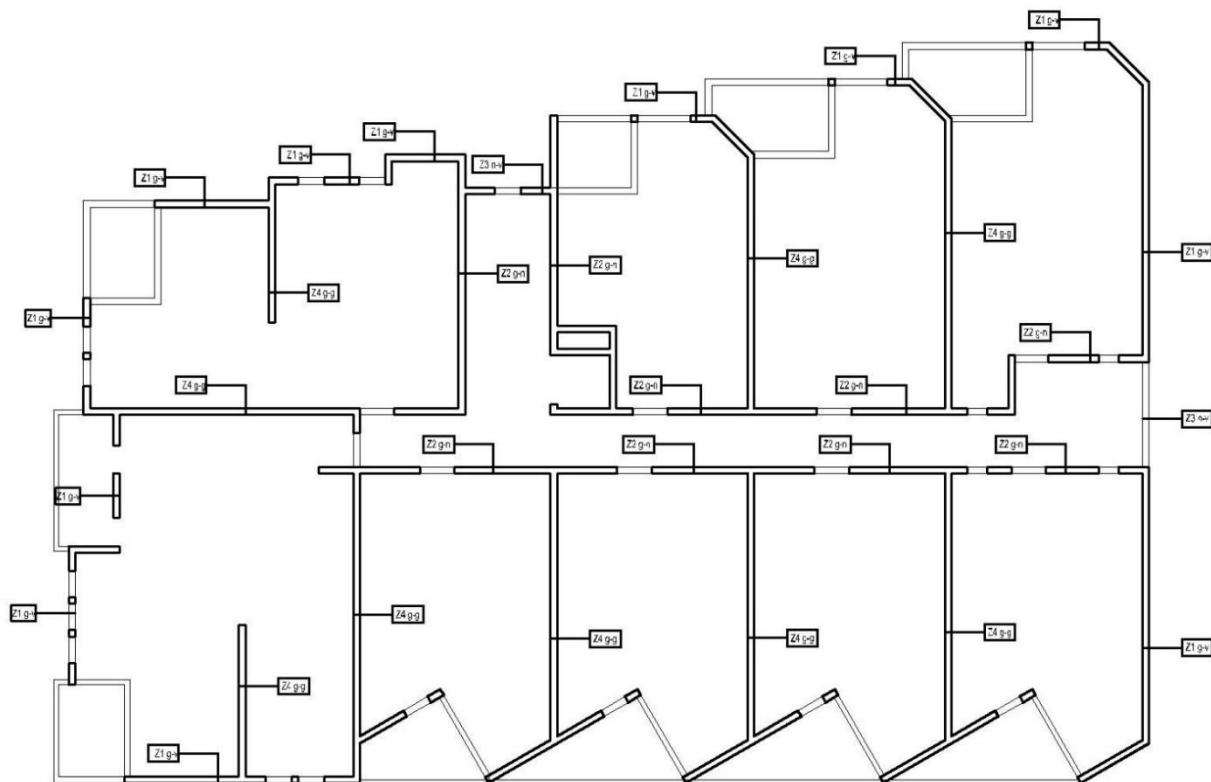
|  |                              |
|--|------------------------------|
| Sustav grijanja:   | Lokalno                      |
| Vrijeme rada sustava:  | Sustavi s prekidom rada noću |
| Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f <sub>H,hr</sub>                         | 0,71                         |
| Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f <sub>C,day</sub> : | 1,00                         |
| Vrsta energenta za grijanje:   | Električna energija          |
| Vrsta i način korištenja obnovljivih izvora energije:  |                              |
| Udio obnovljive energije u isporučenoj energiji [%]:   | 0,00                         |

## 12. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU

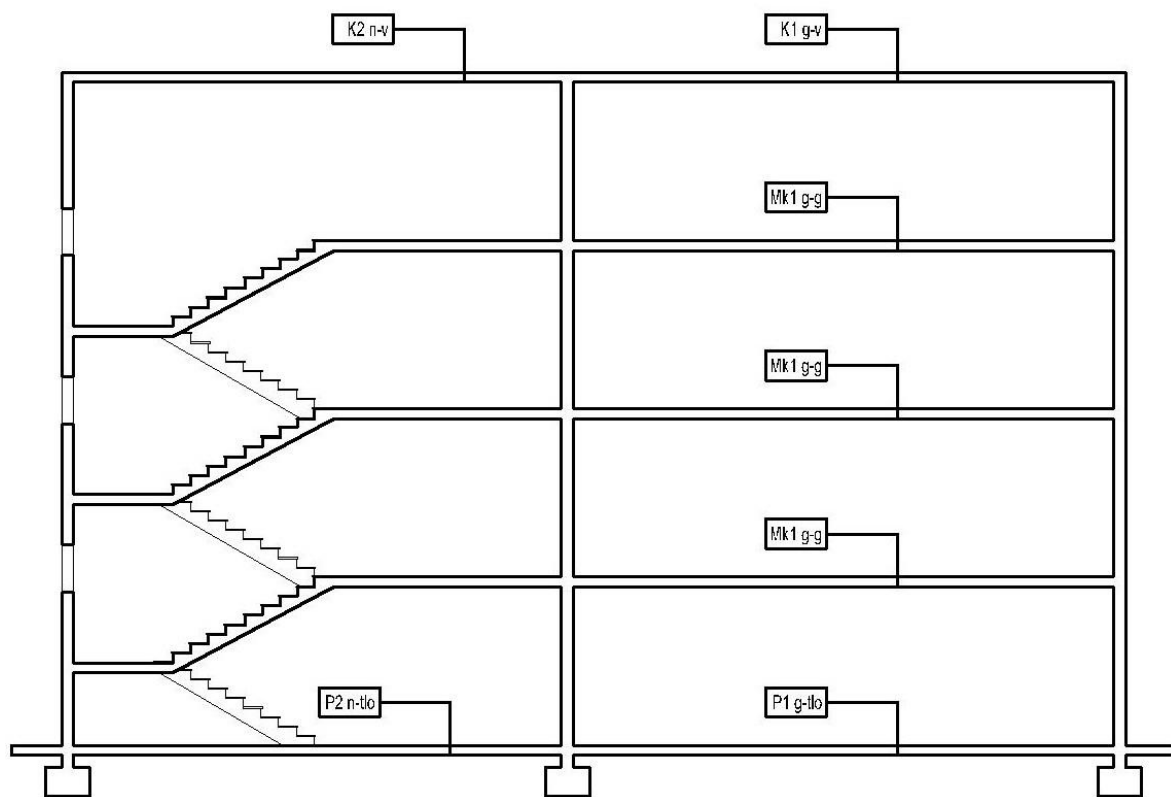
Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20.00 °C

### *Proračun građevnih dijelova zgrade*

| Naziv građevnog dijela | A [m <sup>2</sup> ] | U [W/m <sup>2</sup> K] | U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K] | OK  |
|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------|-----|
| Z1 g-v                 | 800,93              | 0,38                   | 0,45                                  | ✓ - |
| Z3 n-v                 | 61,91               | 0,38                   | 0,45                                  | ✓ - |
| Z2 g-n                 | 677,43              | 0,58                   | 0,60                                  | ✓ - |
| Z4 g-g                 | 100,67              | 0,68                   | 0,80                                  | ✓ - |
| Mk1 g-g                | 512,30              | 0,57                   | 0,80                                  | ✓ - |
| P1 g-tlo               | 512,30              | 0,40                   | 0,50                                  | ✓ - |
| P2 n-tlo               | 70,10               | 0,40                   | 0,50                                  | ✓ - |
| K1 g-v                 | 512,30              | 0,30                   | 0,30                                  | ✓ - |
| K2 n-v                 | 70,10               | 0,30                   | 0,30                                  | ✓ - |

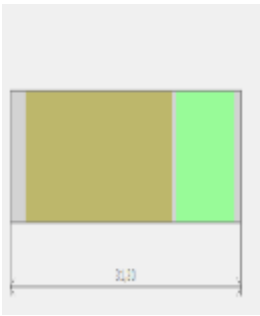


Slika 12.1. Oznake građevnih djelova u tlocrtu



Slika 12.2. Oznake građevnih djelova u presjeku

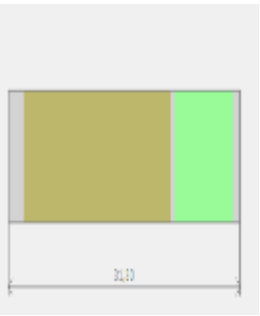
## Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |        |  |                                |        |             |             |          |          |  |
|---|---|--------|--|--------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$  | $A_Z$  | $A_S$                          | $A_J$  | $A_{SI}$    | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 800,93  | 219,90 | 103,22   | 261,23                         | 216,58 | 0,00        | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |        |  | $U [W/m^2 K] = 0,38 \leq 0,45$ |        |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |        |  | $fR_{si} = 0,39 \leq 0,91$     |        |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |        |  | $\Sigma M_{a,god} = 0,00$      |        |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
| <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |   |        | $559,20 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0,38 \leq 0,45$ |                                |        | ZADOVOLJAVA |             |          |          |  |

|  | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka | d[cm]  | $\rho[\text{kg/m}^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$                    |
|--|---|--|-----------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1  | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                       | 2,000  | 1800,00               | 1,000           | 0,020                           |
| 2  | 2.01 Armirani beton                               | 20,000   | 2500,00               | 2,600           | 0,077                           |
| 3  | Polimerno-cementno ljepilo                        | 0,500  | 1650,00               | 0,900           | 0,006                           |
| 4  | 7.01 Mineralna vuna (MW)                          | 8,000  | 25,00                 | 0,034           | 2,353                           |
| 5  | Polimerno-cementno ljepilo                        | 0,500  | 1650,00               | 0,900           | 0,006                           |
| 6  | Impregnacijski predpremaz                         | 0,100  | 1100,00               | 1,600           | 0,001                           |
| 7  | 3.16 Silikatna žbuka                              | 0,200  | 1800,00               | 0,900           | 0,002                           |
|  |   |  |                       |                 | $R_{si} = 0,130$                |
|  |   |  |                       |                 | $R_{se} = 0,040$                |
|  |   |  |                       |                 | <b><math>R_T = 2,634</math></b> |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,38$ |   | $U = 0,38 \leq U_{max} = 0,45$                           |                       |                 | ZADOVOLJAVA                     |
| Plošna masa građevnog dijela <b>559,20 [kg/m<sup>2</sup>]</b>    |   | $559,20 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0,38 \leq 0,45$ |                       |                 | ZADOVOLJAVA                     |

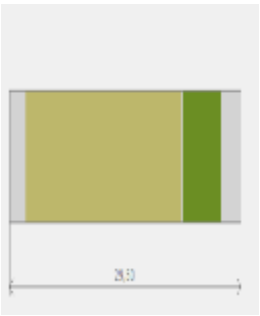
## Diplomski rad

### Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |                      |   |                                      |                      |                       |                       |                       |                       |  |
|---|---|----------------------|---|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|  | <b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>   | <b>A<sub>I</sub></b> | <b>A<sub>Z</sub></b>                              | <b>A<sub>S</sub></b>                 | <b>A<sub>J</sub></b> | <b>A<sub>SI</sub></b> | <b>A<sub>SZ</sub></b> | <b>A<sub>JI</sub></b> | <b>A<sub>JZ</sub></b> |  |
|   | 61,91   | 34,08                | 0,00  | 27,83                                | 0,00                 | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |                      |   | U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,38 ≤ 0,45 |                      |                       | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8) |                      |   | fR <sub>si</sub> = 0,39 ≤ 0,91       |                      |                       | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |  |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |                      |   | ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00           |                      |                       | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |  |
| <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |   |                      | 559,20 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0,38 ≤ 0,45 |                                      |                      | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |                       |  |

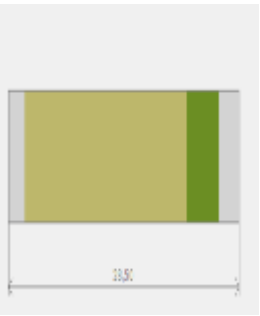
|  | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog | d[cm]   | ρ[kg/m <sup>3</sup> ] | λ[W/mK] | R[m <sup>2</sup> K/W]        |
|--|--|---|-----------------------|---------|------------------------------|
| 1  | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                  | 2,000   | 1800,00               | 1,000   | 0,020                        |
| 2  | 2.01 Armirani beton                          | 20,000  | 2500,00               | 2,600   | 0,077                        |
| 3  | Polimerno-cementno ljepilo                   | 0,500   | 1650,00               | 0,900   | 0,006                        |
| 4  | 7.01 Mineralna vuna (MW)                     | 8,000   | 25,00                 | 0,034   | 2,353                        |
| 5  | Polimerno-cementno ljepilo                   | 0,500   | 1650,00               | 0,900   | 0,006                        |
| 6  | Impregnacijski predpremaz                    | 0,100   | 1100,00               | 1,600   | 0,001                        |
| 7  | 3.16 Silikatna žbuka                         | 0,200   | 1800,00               | 0,900   | 0,002                        |
|  |  |   |                       |         | R <sub>si</sub> = 0,130      |
|  |  |   |                       |         | R <sub>se</sub> = 0,040      |
|  |  |   |                       |         | <b>R<sub>T</sub> = 2,634</b> |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = |  | U = 0,38 ≤ U <sub>max</sub> = 0,45                |                       |         | ZADOVOLJAVA                  |
| Plošna masa građevnog dijela 559,20 [kg/m <sup>2</sup> ]             |  | 559,20 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0,38 ≤ 0,45 |                       |         | ZADOVOLJAVA                  |

## Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|---|---|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 677,43  | 0,00  | 0,00  | 0,00                           | 0,00  | 0,00     | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0,58 \leq 0,60$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0,39 \leq 0,86$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |       |       | $\Sigma M_{a, god} = 0,00$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |

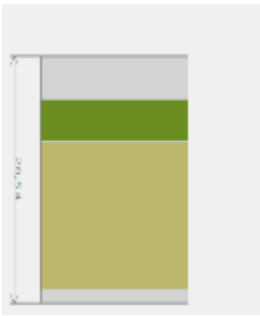
|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog       | d[cm]                          | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$                    |  |
|---|--|--------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------|--|
| 1   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000                          | 1800,00        | 1,000           | 0,020                           |  |
| 2   | 2.01 Armirani beton                                | 20,000                         | 2500,00        | 2,600           | 0,077                           |  |
| 3   | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 5,000                          | 16,00          | 0,037           | 1,351                           |  |
| 4   | Polimerno-cementno ljepilo                         | 0,500                          | 1650,00        | 0,900           | 0,006                           |  |
| 5   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000                          | 1800,00        | 1,000           | 0,020                           |  |
|   |  |                                |                |                 | $R_{si} = 0,130$                |  |
|   |  |                                |                |                 | $R_{se} = 0,130$                |  |
|   |  |                                |                |                 | <b><math>R_T = 1,734</math></b> |  |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,58 \leq U_{max} = 0,60$ |                | ZADOVOLJAVA     |                                 |  |

## Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

| Opći podaci o građevnom dijelu  |                    |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|---|--------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$     | $A_l$ | $A_z$ | $A_s$                          | $A_j$ | $A_{si}$ | $A_{sz}$    | $A_{ji}$ | $A_{jz}$ |  |
|   | 100,67             | 0,00  | 0,00  | 0,00                           | 0,00  | 0,00     | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | Toplinska zaštita: |       |       | $U [W/m^2 K] = 0,68 \leq 0,80$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   |                    |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|   |                    |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog       | $d[cm]$                        | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$     |  |
|---|--|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--|
| 1   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000                          | 1800,00        | 1,000           | 0,020            |  |
| 2   | 2.01 Armirani beton                                | 20,000                         | 2500,00        | 2,600           | 0,077            |  |
| 3   | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 4,000                          | 16,00          | 0,037           | 1,081            |  |
| 4   | Polimerno-cementno ljepilo                         | 0,500                          | 1650,00        | 0,900           | 0,006            |  |
| 5   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka                        | 2,000                          | 1800,00        | 1,000           | 0,020            |  |
|   |  |                                |                |                 | $R_{si} = 0,130$ |  |
|   |  |                                |                |                 | $R_{se} = 0,130$ |  |
|   |  |                                |                |                 | $R_T = 1,464$    |  |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,68 \leq U_{max} = 0,80$ |                | ZADOVOLJAVA     |                  |  |

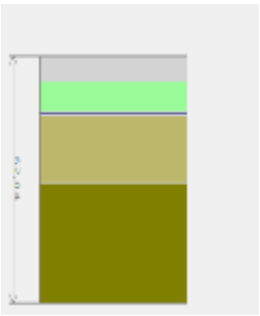
## Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

| Opći podaci o građevnom dijelu  |                    |       |       |                                |       |          |             |          |  |
|---|--------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$     | $A_l$ | $A_z$ | $A_s$                          | $A_j$ | $A_{sl}$ | $A_{sz}$    | $A_{jl}$ |  |
|   | 512,30             | 0,00  | 0,00  | 0,00                           | 0,00  | 0,00     | 0,00        | 0,00     |  |
|   | Toplinska zaštita: |       |       | $U [W/m^2 K] = 0,57 \leq 0,80$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |  |
|   |                    |       |       |                                |       |          |             |          |  |
|   |                    |       |       |                                |       |          |             |          |  |

|  | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka | d[cm]                          | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ |
|--|---|--------------------------------|----------------|-----------------|
| 1  | 3.19 Cementni estrih                              | 5,000                          | 2000,00        | 1,600           |
| 2  | Knauf Insulation LDS 35 parna brana               | 0,020                          | 500,00         | 0,500           |
| 3  | Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT       | 5,000                          | 130,00         | 0,036           |
| 4  | Knauf Insulation LDS 35 parna brana               | 0,020                          | 500,00         | 0,500           |
| 5  | 2.01 Armirani beton                               | 17,000                         | 2500,00        | 2,600           |
| 6  | 3.01 Cementna žbuka                               | 1,500                          | 2000,00        | 1,600           |
|  |   |                                |                |                 |
|  |   |                                |                |                 |
|  |   |                                |                |                 |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,57$ |   | $U = 0,57 \leq U_{max} = 0,80$ |                | ZADOVOLJAVA     |

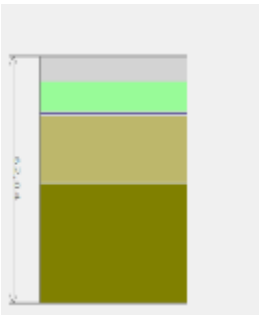


## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|---|---|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 512,30  | 0,00  | 0,00  | 0,00                           | 0,00  | 0,00     | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0,40 \leq 0,50$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0,00 \leq 0,90$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |

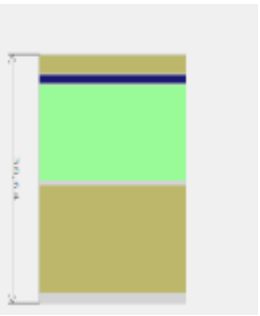
|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog | d[cm]                          | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$     |
|---|--|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 1   | 3.19 Cementni estrih                         | 6,000                          | 2000,00        | 1,600           | 0,038            |
| 2   | Knauf Insulation LDS 100 parna brana         | 0,020                          | 450,00         | 0,500           | 0,000            |
| 3   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)      | 8,000                          | 37,50          | 0,036           | 2,222            |
| 4   | Geotekstil 150-200 g/m2                      | 0,020                          | 900,00         | 0,200           | 0,001            |
| 5   | 5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala     | 1,000                          | 1100,00        | 0,230           | 0,043            |
| 6   | 2.03 Beton                                   | 17,000                         | 2400,00        | 2,000           | -                |
| 7   | 6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)  | 30,000                         | 1700,00        | 0,810           | -                |
|   |  |                                |                |                 | $R_{si} = 0,170$ |
|   |  |                                |                |                 | $R_{se} = 0,000$ |
|   |  |                                |                |                 | $R_T = 2,475$    |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,40 \leq U_{max} = 0,50$ |                |                 | ZADOVOLJAVA      |

## Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|---|---|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 70,10   | 0,00  | 0,00  | 0,00                           | 0,00  | 0,00     | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0,40 \leq 0,50$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0,00 \leq 0,90$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |

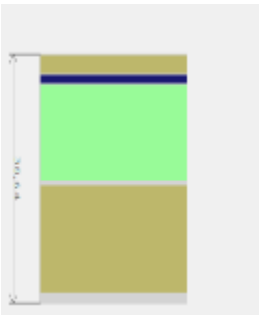
|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog | d[cm]                          | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$     |
|---|--|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| 1   | 3.19 Cementni estrih                         | 6,000                          | 2000,00        | 1,600           | 0,038            |
| 2   | Knauf Insulation LDS 100 parna brana         | 0,020                          | 450,00         | 0,500           | 0,000            |
| 3   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)      | 8,000                          | 37,50          | 0,036           | 2,222            |
| 4   | Geotekstil 150-200 g/m2                      | 0,020                          | 900,00         | 0,200           | 0,001            |
| 5   | 5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala     | 1,000                          | 1100,00        | 0,230           | 0,043            |
| 6   | 2.03 Beton                                   | 17,000                         | 2400,00        | 2,000           | -                |
| 7   | 6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)  | 30,000                         | 1700,00        | 0,810           | -                |
|   |  |                                |                |                 | $R_{si} = 0,170$ |
|   |  |                                |                |                 | $R_{se} = 0,000$ |
|   |  |                                |                |                 | $R_T = 2,475$    |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,40 \leq U_{max} = 0,50$ |                |                 | ZADOVOLJAVA      |

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |  |                                |       |             |             |          |          |  |
|---|---|-------|--|--------------------------------|-------|-------------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$ | $A_Z$  | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$    | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 512,30  | 0,00  | 0,00   | 0,00                           | 0,00  | 0,00        | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |  | $U [W/m^2 K] = 0,30 \leq 0,30$ |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |  | $fR_{si} = 0,39 \leq 0,93$     |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |       |  | $\Sigma m_{a,god} = 0,00$      |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
| <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |   |       | $557,61 \geq 100 kg/m^2$<br>$U = 0,30 \leq 0,30$ |                                |       | ZADOVOLJAVA |             |          |          |  |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog | d[cm]  | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$       |  |
|---|--|--|----------------|-----------------|--------------------|--|
| 1   | 3.01 Cementna žbuka                          | 1,500  | 2000,00        | 1,600           | 0,009              |  |
| 2   | 2.01 Armirani beton                          | 17,000   | 2500,00        | 2,600           | 0,065              |  |
| 3   | Bitumenska ljepjenka (traka)                 | 0,300  | 1100,00        | 0,230           | 0,013              |  |
| 4   | Aluminijska folija 0,05 mm                   | 0,001  | 2800,00        | 160,000         | 0,000              |  |
| 5   | Bitumenska ljepjenka (traka)                 | 0,300  | 1100,00        | 0,230           | 0,013              |  |
| 6   | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>          | 0,020  | 900,00         | 0,200           | 0,001              |  |
| 7   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)      | 15,000   | 37,50          | 0,036           | 4,167              |  |
| 8   | Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>              | 0,020  | 900,00         | 0,200           | -                  |  |
| 9   | Tvrda guma (ebonit), kruta                   | 1,500  | 1200,00        | 0,170           | -                  |  |
| 10  | 2.03 Beton                                   | 3,000  | 2400,00        | 2,000           | -                  |  |
|   |  |  |                |                 | $R_{si} = 0,100$   |  |
|   |  |  |                |                 | $R_{se} = 0,040$   |  |
|   |  |  |                |                 | $R_T = 4,409$      |  |
|   |  |  |                |                 | $\Delta U = 0,069$ |  |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,30 \leq U_{max} = 0,30$                   |                | ZADOVOLJAVA     |                    |  |
| Plošna masa građevnog dijela $557,61 [kg/m^2]$              |  | $557,61 \geq 100 kg/m^2$<br>$U = 0,30 \leq 0,30$ |                | ZADOVOLJAVA     |                    |  |

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |  |                                |       |             |             |          |          |  |
|---|---|-------|--|--------------------------------|-------|-------------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$  | $A_I$ | $A_Z$  | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$    | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 70,10   | 0,00  | 0,00   | 0,00                           | 0,00  | 0,00        | 0,00        | 0,00     | 0,00     |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |  | $U [W/m^2 K] = 0,30 \leq 0,30$ |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |  | $fR_{si} = 0,39 \leq 0,93$     |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |       |  | $\Sigma M_{a,god} = 0,00$      |       |             | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
| <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |   |       | $557,61 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0,30 \leq 0,30$ |                                |       | ZADOVOLJAVA |             |          |          |  |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog | d[cm]  | $\rho[\text{kg/m}^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$       |  |
|---|--|--|-----------------------|-----------------|--------------------|--|
| 1   | 3.01 Cementna žbuka                          | 1,500  | 2000,00               | 1,600           | 0,009              |  |
| 2   | 2.01 Armirani beton                          | 17,000   | 2500,00               | 2,600           | 0,065              |  |
| 3   | Bitumenska ljepjenka (traka)                 | 0,300  | 1100,00               | 0,230           | 0,013              |  |
| 4   | Aluminijska folija 0,05 mm                   | 0,001  | 2800,00               | 160,000         | 0,000              |  |
| 5   | Bitumenska ljepjenka (traka)                 | 0,300  | 1100,00               | 0,230           | 0,013              |  |
| 6   | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>          | 0,020  | 900,00                | 0,200           | 0,001              |  |
| 7   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)      | 15,000   | 37,50                 | 0,036           | 4,167              |  |
| 8   | Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>              | 0,020  | 900,00                | 0,200           | -                  |  |
| 9   | Tvrda guma (ebonit), kruta                   | 1,500  | 1200,00               | 0,170           | -                  |  |
| 10  | 2.03 Beton                                   | 3,000  | 2400,00               | 2,000           | -                  |  |
|   |  |  |                       |                 | $R_{si} = 0,100$   |  |
|   |  |  |                       |                 | $R_{se} = 0,040$   |  |
|   |  |  |                       |                 | $R_T = 4,409$      |  |
|   |  |  |                       |                 | $\Delta U = 0,069$ |  |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |  | $U = 0,30 \leq U_{max} = 0,30$                           |                       | ZADOVOLJAVA     |                    |  |
| Plošna masa građevnog dijela $557,61 [kg/m^2]$              |  | $557,61 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0,30 \leq 0,30$ |                       | ZADOVOLJAVA     |                    |  |

## Diplomski rad

### Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

#### Korištene kratice:

M.o. – Materijal okvira (D – Drvo, P – PVC, M - Metal, M2 – Metal s prekinutim topl. mostom, B – Beton)

N.p. – Nagib plohe

M.i. – Materijal ispune

| <b>Jug</b>      |      |                   |                  |                 |                  |                    |                |                    |                                       |                                     |                                     |                                     |       |                                       |
|-----------------|------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| Naziv           | M.o. | N.p.<br>[°]       | F <sub>hor</sub> | F <sub>ov</sub> | F <sub>Fin</sub> | F <sub>sh,ob</sub> | g <sub>⊥</sub> | F <sub>sh,gl</sub> | A <sub>Sol</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>r</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>g</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>w</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | n     | U <sub>w</sub><br>[W/m <sup>2</sup> ] |
| P 80 x140 g-v   | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,30                                  | 0,22                                | 0,90                                | 1,12                                | 8,00  | 1,40                                  |
| V 85 x 240 g-v  | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,56                                  | 0,41                                | 1,63                                | 2,04                                | 16,00 | 1,40                                  |
| SS 240 x280 g-v | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 1,85                                  | 1,34                                | 5,38                                | 6,72                                | 16,00 | 1,40                                  |
| SS 150 x240 g-v | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,95                                  | 0,72                                | 2,88                                | 3,60                                | 4,00  | 1,40                                  |

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 335; Velj = 376; Ožu = 398; Tra = 339; Svi = 330; Lip = 316; Srp = 342; Kol = 376; Ruj = 418; Lis = 476; Stu = 347; Pro = 298

| <b>Zapad</b>    |      |                   |                  |                 |                  |                    |                |                    |                                       |                                     |                                     |                                     |       |                                       |
|-----------------|------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|
| Naziv           | M.o. | N.p.<br>[°]       | F <sub>hor</sub> | F <sub>ov</sub> | F <sub>Fin</sub> | F <sub>sh,ob</sub> | g <sub>⊥</sub> | F <sub>sh,gl</sub> | A <sub>Sol</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>r</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>g</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>w</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | n     | U <sub>w</sub><br>[W/m <sup>2</sup> ] |
| V 85 x 240 g-v  | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,56                                  | 0,41                                | 1,63                                | 2,04                                | 8,00  | 1,40                                  |
| P 80 x160 g-v   | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,37                                  | 0,26                                | 1,02                                | 1,28                                | 20,00 | 1,40                                  |
| SS 240 x280 g-v | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 1,85                                  | 1,34                                | 5,38                                | 6,72                                | 8,00  | 1,40                                  |
| SS 200 x240 g-v | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 1,37                                  | 0,96                                | 3,84                                | 4,80                                | 12,00 | 1,40                                  |

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

| <b>Istok</b>    |      |                   |                  |                 |                  |                    |                |                    |                                       |                                     |                                     |                                     |      |                                       |
|-----------------|------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|---------------------------------------|
| Naziv           | M.o. | N.p.<br>[°]       | F <sub>hor</sub> | F <sub>ov</sub> | F <sub>Fin</sub> | F <sub>sh,ob</sub> | g <sub>⊥</sub> | F <sub>sh,gl</sub> | A <sub>Sol</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>r</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>g</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>w</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | n    | U <sub>w</sub><br>[W/m <sup>2</sup> ] |
| V 105 x 240 n-v | P    | 90 <sup>(1)</sup> | 1,00             | 1,00            | 1,00             | 1,00               | 0,60           | 0,30               | 0,73                                  | 0,50                                | 2,02                                | 2,52                                | 1,00 | 1,40                                  |

<sup>(1)</sup> Količina sunčevog zračenja [MJ/m<sup>2</sup>]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

| Naziv             | M.i. | M.o. | A <sub>r</sub> [m <sup>2</sup> ] | A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ] | A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ] | n     | U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> ] |
|-------------------|------|------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|------------------------------------|
| P 80 x140 g-v S   |      | P    | 0,22                             | 0,90                             | 1,12                             | 8,00  | 1,40                               |
| P 80 x 80 n-v S   |      | P    | 0,13                             | 0,51                             | 0,64                             | 3,00  | 1,40                               |
| P 160 x160 g-v S  |      | P    | 0,51                             | 2,05                             | 2,56                             | 24,00 | 1,40                               |
| SS 195 x240 g-v S |      | P    | 0,94                             | 3,74                             | 4,68                             | 4,00  | 1,40                               |
| V 105 x 218 n-u   |      | P    | 0,46                             | 1,83                             | 2,29                             | 9,00  | 1,40                               |
| P 60 x 60 n-u     |      | P    | 0,07                             | 0,29                             | 0,36                             | 4,00  | 1,40                               |

**Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)**

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U$  ( $W/(m^2 K)$ ), tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem  $U$ , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $UTM = 0,05 W/(m^2 K)$ .

**Koeficijenti transmisijskih gubitaka**

| <b>Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka</b>                                 |                 |
|--|-----------------|
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K]      | 1140,625        |
| Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{a,avg}$ [W/K]  | 196,351         |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz neizolirani prostor, $H_U$ [W/K]    | 133,771         |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K]      | 0,000           |
| <b>Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, <math>H_{Tr}</math> [W/K]</b> | <b>1470,747</b> |

**Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade**

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun  $H_D$

| <b>Naziv građevnog dijela</b> | <b><math>(U + 0,05) \cdot A</math></b> |
|-------------------------------|--|
| Z1 g-v                        | 344,141                                |
| Z3 n-v                        | 26,601                                 |
| K1 g-v                        | 177,330                                |
| K2 n-v                        | 24,265                                 |

## Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

| Naziv otvora      | n    | A <sub>w</sub> | U <sub>w</sub> | H <sub>D</sub> |
|-------------------|------|----------------|----------------|----------------|
| P 80 x140 g-v     | 8,00 | 1,12           | 1,40           | 12,54          |
| P 80 x140 g-v S   | 8,00 | 1,12           | 1,40           | 12,54          |
| V 85 x 240 g-v    | 24,0 | 2,04           | 1,40           | 68,54          |
| P 80 x160 g-v     | 20,0 | 1,28           | 1,40           | 35,84          |
| P 80 x 80 n-v S   | 3,00 | 0,64           | 1,40           | 2,69           |
| V 105 x 240 n-v   | 1,00 | 2,52           | 1,40           | 3,53           |
| P 160 x160 g-v S  | 24,0 | 2,56           | 1,40           | 86,02          |
| SS 240 x280 g-v   | 24,0 | 6,72           | 1,40           | 225,79         |
| SS 195 x240 g-v S | 4,00 | 4,68           | 1,40           | 26,21          |
| SS 150 x240 g-v   | 4,00 | 3,60           | 1,40           | 20,16          |
| SS 200 x240 g-v   | 12,0 | 4,80           | 1,40           | 80,64          |
| V 105 x 218 n-u   | 9,00 | 2,29           | 1,40           | 28,84          |
| P 60 x 60 n-u     | 4,00 | 0,36           | 1,40           | 2,02           |

## Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

| Gubitak | Tip građevnog dijela u odnosu na tlo | U [W/m <sup>2</sup> ] | H <sub>g</sub> |
|---------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|
| G1      | Podovi na tlu                        | 0,20                  | 184,           |
| G2      | Podovi na tlu                        | 0,12                  | 11,7           |

| Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, H <sub>g,m,H</sub> [W/K] |       |       |       |        |         |         |         |         |         |        |       |       |
|--|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| Gubita   | I     | II    | III   | IV     | V       | VI      | VII     | VIII    | IX      | X      | XI    | XII   |
| G1   | 83,77 | 78,00 | 89,26 | 154,09 | -       | -195,30 | -190,40 | -126,33 | -399,20 | 147,07 | 97,84 | 99,89 |
| G2   | 3,50  | 3,26  | 3,67  | 6,16   | -252,09 | -17,30  | -17,72  | -11,71  | -33,91  | 5,69   | 3,98  | 4,16  |

| Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, H <sub>g,m,C</sub> [W/K] |       |       |       |       |        |         |         |         |         |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| Gubita   | I     | II    | III   | IV    | V      | VI      | VII     | VIII    | IX      | X     | XI    | XII   |
| G1   | 62,15 | 58,86 | 63,01 | 83,25 | 336,23 | -753,29 | -952,01 | -266,69 | 1052,44 | 75,33 | 65,49 | 69,85 |
| G2   | 2,60  | 2,46  | 2,59  | 3,33  | 28,01  | -66,75  | -88,58  | -24,71  | 89,39   | 2,92  | 2,66  | 2,91  |

## Podovi na tlu

| Gubitak | A                 | P      | B     | d <sub>t</sub> | R <sub>f</sub>          | K.p.   | ΔΨ     | U <sub>o</sub>          | U                       | d'   | R'   | R <sub>n</sub>          | d <sub>n</sub> | R.i. | D    | Ψ <sub>g</sub> | H <sub>g</sub> |
|---------|-------------------|--------|-------|----------------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|------|------|-------------------------|----------------|------|------|----------------|----------------|
|         | [m <sup>2</sup> ] | [m]    | [m]   | [m]            | [m <sup>2</sup><br>K/W] | [W/mK] | [W/mK] | [W/m <sup>2</sup><br>K] | [W/m <sup>2</sup><br>K] | [m]  | [m]  | [m <sup>2</sup><br>K/W] | [cm]           |      | [m]  | [W/mK]         | [W/<br>mK]     |
| G1      | 592,10            | 105,40 | 11,24 | 5,10           | 2,22                    | 2,00   | 0,00   | 0,20                    | 0,20                    | 0,00 | 0,00 | 0,00                    | 0,00           | (A)  | 0,00 | 0,60           | 184,           |
| G2      | 70,10             | 5,00   | 28,04 | 5,10           | 2,22                    | 2,00   | 0,00   | 0,12                    | 0,12                    | 0,00 | 0,00 | 0,00                    | 0,00           | (B)  | 0,00 | 0,60           | 11,7           |

**Gubici topline kroz negrijane prostore**

| R.b. | G.g.d. | G.o. | Z. | V [m <sup>3</sup> ] | n <sub>ue</sub> | b    | H <sub>U</sub> |
|------|--------|------|----|---------------------|-----------------|------|----------------|
| 1    | (1)    | (a)  | *  | 801,94              | 0,50            | 0,29 | 133,77         |

**Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)**

| Potrebni podaci  | Oznaka           | Vrijednost | Mjerna             |
|--|------------------|------------|--------------------|
| Oplošje grijanog dijela zgrade   | A                | 2935,36    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Obujam grijanog dijela zgrade  | V <sub>e</sub>   | 5860,70    | [m <sup>3</sup> ]  |
| Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11) | V                | 4688,56    | [m <sup>3</sup> ]  |
| Faktor oblika zgrade   | f <sub>0</sub>   | 0,50       | [m <sup>-1</sup> ] |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade                                   | A <sub>K</sub>   | 2049,20    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računane s vanjskim dimenzijama   | A <sub>f</sub>   | 512,30     | [m <sup>2</sup> ]  |
| Ukupna ploština pročelja   | A <sub>uk</sub>  | 1855,60    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Ukupna ploština prozora  | A <sub>wuk</sub> | 410,36     | [m <sup>2</sup> ]  |

**Toplinski gubici****Uključivanje grijanja**

Temperatura manja od 12 °C

**a) Transmisijski gubici**

|  |                |
|--|----------------|
| Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790                |                |
| $H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$   |                |
| H <sub>D</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu    |                |
| H <sub>g,avg</sub> - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu |                |
| H <sub>U</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru |                |
| H <sub>A</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi    |                |
| H <sub>Tr</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline                          | 1470,747 [W/K] |



**Dodatni transmisijski gubici kroz granice sa susjednim zonama**

Granice sa susjednim zonama nisu definirane.

**b) Gubici provjetranjem**

|   |   |
|---|---|
| <b>Proračun protoka zraka</b>   |   |
| Referentna površina zone  | $A = 2049,20 \text{ [m}^2\text{]}$                  |
| Neto volumen zone   | $V = 4688,56 \text{ [m}^3\text{]}$                  |
| Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa              | $n_{50} = 2,00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$             |
| Površina kanala   | $A_{\text{duct}} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}$       |
| Površina kanala smještenih unutar zone                                | $A_{\text{indoorduct}} = 0,00 \text{ [m}^2\text{]}$ |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra                                  | $e_{\text{wind}} = 0,03 \text{ [-]}$                |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra                                  | $f_{\text{wind}} = 20,00 \text{ [-]}$               |
| Dnevno vrijeme korištenja zone  | $t_{\text{kor}} = 15,00 \text{ [h]}$                |
| Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije                   | $t_{\text{v,mech}} = 17,00 \text{ [h]}$             |
| Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine | $V_A = 0,00 \text{ [m}^3\text{]/(hm}^2\text{)}$     |
| Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka                        | $n_{\text{req}} = 0,50 \text{ [h}^{-1}\text{]}$     |

**c) Ukupni gubici topline**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Način grijanja</b>        |  |
| Sustavi s prekidom rada noću | $\theta_{\text{int,set,H}} = 20,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$ |

**Mjesečni gubici topline [kWh]**

| Mjesec   | Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja [kWh] | Koef. topl. gubitka za | Koef. topl. gubitka za |
|----------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| Siječanj | 22966,84                  | 17287,57                        | 1953,76                | 1969,15                |
| Veljača  | 20528,25                  | 15385,94                        | 1946,25                | 1957,60                |
| Ožujak   | 18749,80                  | 13053,30                        | 1938,57                | 1949,42                |
| Travanj  | 13304,87                  | 7846,82                         | 1943,45                | 1978,52                |
| Svibanj  | 6668,72                   | 45,22                           | 2134,13                | 303,90                 |
| Lipanj   | 454,62                    | 0,00                            | 6313,93                | 1864,00                |
| Srpanj   | 0,00                      | 0,00                            | 1130,02                | 1804,58                |
| Kolovoz  | 0,00                      | 0,00                            | 1878,89                | 1869,29                |
| Rujan    | 5796,65                   | 0,00                            | 2862,54                | 1925,37                |
| Listopad | 9608,50                   | 3841,27                         | 1926,36                | 1909,28                |
| Studeni  | 15852,82                  | 10332,60                        | 1947,76                | 1964,75                |
| Prosinac | 21750,94                  | 16103,79                        | 1962,64                | 1986,53                |

**Godišnji gubici topline [kWh]**

|          | Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja |
|----------|---------------------------|---------------------------|
| Godišnje | 135682,03                 | 83896,52                  |

## Toplinski dobici

### a) Solarni dobici

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 2.A.2. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 2.A.1. ovoga elaborata.

| Solarni toplinski dobici [kWh] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mjesec                         | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
| $Q_{sol,k}$                    | 4745 | 5056 | 6280 | 7424 | 4624 | 4817 | 5115 | 4925 | 4577 | 6585 | 4552 | 4692 |
| $Q_{sol,u,l}$                  | 14   | 23   | 33   | 42   | 37   | 43   | 45   | 37   | 26   | 31   | 21   | 13   |
| $Q_{sol}$                      | 4759 | 5079 | 6313 | 7466 | 4661 | 4860 | 5160 | 4962 | 4603 | 6615 | 4573 | 4705 |

### Dodatni solarni dobici topline

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

### b) Unutarnji dobici topline

#### Mjesečni unutarnji dobici topline

| Mj.       | I        | II       | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII     | IX       | X        | XI       | XII    |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| $Q_{int}$ | 7.623,02 | 6.885,31 | 7.623,02 | 7.377,12 | 7.623,02 | 7.377,12 | 7.623,02 | 7.623,02 | 7.377,12 | 7.623,02 | 7.377,12 | 7.623, |

### Dodatni unutarnji dobici topline kroz granice sa susjednim zonama

Granice sa susjednim zonama nisu definirane!

### Dodatni unutarnji dobici topline

Nema definiranih dodatnih solarnih dobitaka topline!

## c) Ukupni dobici topline

| Ukupni dobici topline    |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Unutarnji dobici topline | $Q_{int} = 89.754,96$ [kWh] |
| Solarni dobici topline   | $Q_{sol} = 63.757,66$ [kWh] |
| Ostali dobici topline    | $Q' = 0,00$ [MJ]            |

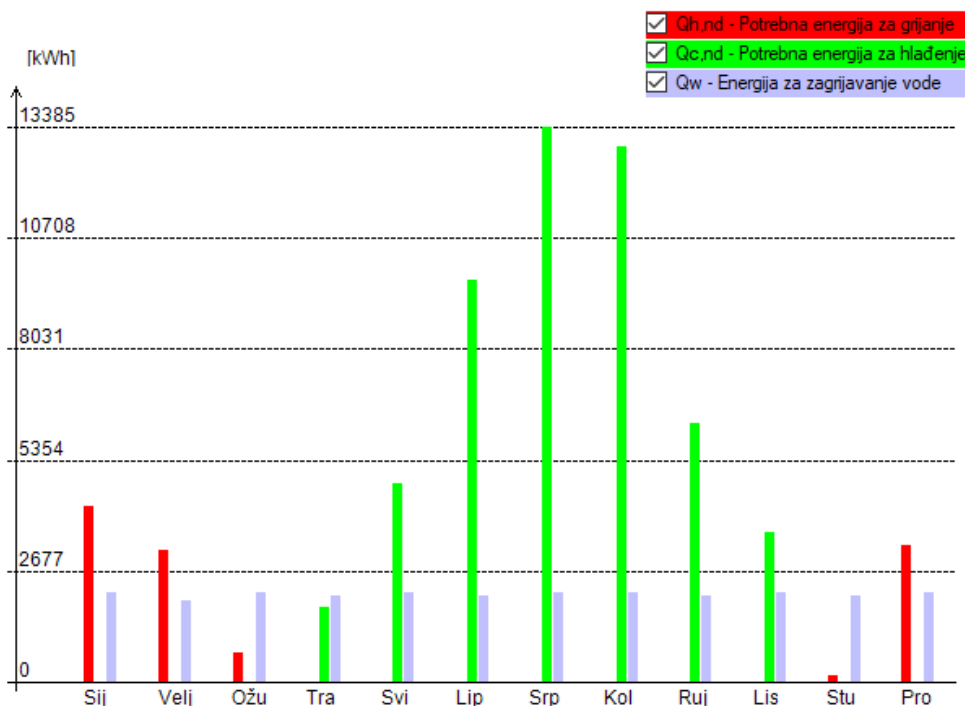
## Mjesečni dobici topline

| Mjesec   | Toplinski dobici [MJ] | Toplinski dobici [kWh] |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Siječanj | 44576,92              | 12382,48               |
| Veljača  | 43070,10              | 11963,92               |
| Ožujak   | 50170,76              | 13936,32               |
| Travanj  | 53435,54              | 14843,21               |
| Svibanj  | 44222,79              | 12284,11               |
| Lipanj   | 44054,70              | 12237,42               |
| Srpanj   | 46018,28              | 12782,85               |
| Kolovoz  | 45306,45              | 12585,13               |
| Rujan    | 43129,00              | 11980,28               |
| Listopad | 51257,29              | 14238,13               |
| Studen   | 43021,85              | 11950,51               |
| Prosinac | 44381,75              | 12328,27               |

## Godišnji dobici topline

|          | Toplinski dobici [MJ] | Toplinski dobici [kWh] |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Godišnje | 552645,44             | 153512,62              |

## Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje



**Rezultati proračuna**

|  |  |
|--|--|
| Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više |  |
| Oplošje grijanog dijela zgrade   | $A = 2935,36 \text{ [m}^2 \text{]}$                            |
| Obujam grijanog dijela zgrade  | $V_e = 5860,70 \text{ [m}^3 \text{]}$                          |
| Faktor oblika zgrade   | $f_o = 0,50 \text{ [m}^{-1} \text{]}$                          |
| Ploština korisne površine grijanog dijela  | $A_k = 2049,20 \text{ [m}^2 \text{]}$                          |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje  | $Q_{H,nd} = 11684,51 \text{ [kWh/a]}$                          |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)  | $Q''_{H,nd} = 5,70 \text{ (max = 32,33) [kWh/m}^2 \text{ a]}$  |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće  | $Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3 \text{ a]}$          |
| Godišnja potrebna energija za hlađenje   | $Q_{C,nd} = 52540,44 \text{ [kWh/a]}$                          |
| Ukupna isporučena energija   | $E_{del} = 25427,89 \text{ [kWh/a]}$                           |
| Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine   | $E''_{del} = 12,41 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]}$                |
| Ukupna primarna energija   | $E_{prim} = 41040,62 \text{ [kWh/a]}$                          |
| Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine   | $E''_{prim} = 20,03 \text{ (max = 90,00) [kWh/m}^2 \text{ a]}$ |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade   | $H'_{tr,adj} = 0,50 \text{ (max = 0,75) [W/m}^2 \text{ K]}$    |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka  | $H_{tr,adj} = 1470,75 \text{ [W/K]}$                           |

## 13. ZAKLJUČAK

U ovo radu je izvršen proračun armiranobetonske zgrade zidnog konstrukcijskog sustava s naglaskom na proračun i razradu detalja armiranja za klasu umjerene duktilnosti te je izvršen proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu. Statički proračun je napravljen koristeći software Scia engineer. Proračun konstrukcije izvršen je primjenom modalne analize pomoću spektra odgovora, a dimenzioniranje zida provedeno je prema kapacitetu nosivosti. Armiranobetonski zid, osim velike krutosti, ima vrlo veliku nosivost, a ispravnim proračunom, konstrukcijskim oblikovanjem i armiranjem postiže se njegovo duktilno ponašanje. Na taj je način zid sposoban trošiti potresnu energiju, čime se omogućuje racionalno projektiranje i građenje. Posebna pažnja posvećena je konstrukcijskom oblikovanju i armiranju kritičnih područja zidova u kojima se predviđa trošenje potresne energije. Primjena armiranobetonskih zidova omogućuje prihvaćanje horizontalnog potresnog djelovanja na ekonomičan način, uz razuman utrošak materijala, osobito čelika za armiranje, omogućujući pri tom povoljno ponašanje zgrada u potresu. Ova je činjenica bitna jer omogućuje izbor racionalnih konstrukcijskih rješenja.

Fizikalna svojstva zgrade su rađena algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.) u računalnom programu KI Expert Plus. Zbog velikog broja otvora na zgradi i solarnih dobitaka iz priloženih rezultata se vidi se da je potrebna energija za hlađenje mnogo veća od potrebne energije za grijanje. Proračun pokazuje da bi se uz primjenu odgovarajućih materijala te uz odgovorno korištenje energije, ostvarile znatne uštede ukupne potrošnje energije.

Jamstvo kvalitetno projektirane konstrukcije leži u više faktora. Potrebno je ostvariti balans između ekonomskih, estetskih i najvažnije statičkih zahtjeva za konstrukciju. Kako bi se sami projektant osigurao od moguće pogreške potrebno je držati se normi. Eurocod kao takav propisuje sve norme i smjernice za projektiranje seizmički opterećenih konstrukcija. Projektiranjem se ne može u potpunosti predvidjeti niti djelovanje na konstrukciju kao niti samo ponašanje materijala. Naravno da u proračun nisu uključeni ni otegotni faktori kao što su prekidi betoniranja. Osiguranje za takvo što leži u koeficijentima kojima korigiramo opterećenje i na taj način osiguravamo od mogućeg nepredviđenog djelovanja na konstrukciju.

Dimenzioniranje seizmički otpornih konstrukcija svodi se na dvije bitne smjernice. Prva je projektiranje konstrukcija koju su u mogućnosti primiti energiju i raspodijeliti je u nosive elemente. Drugi je opće duktilno ponašanje konstrukcije. Da bi se ostvarilo takvo što potrebno je već u fazi idejnog rješenja obratiti pozornost na moguće probleme.

## **14. GRAFIČKI PRILOZI**

- I. Tlocrt temelja
- II. Tlocrt tipične etaže
- III. Presjek 1-1
- IV. Presjek 2-2
- V. Presjek kroz zid
- VI. Armatura ploče-donja zona-mreže
- VII. Armatura ploče-donja zona-šipke
- VIII. Armatura ploče-gornja zona

## 15. LITERATURA

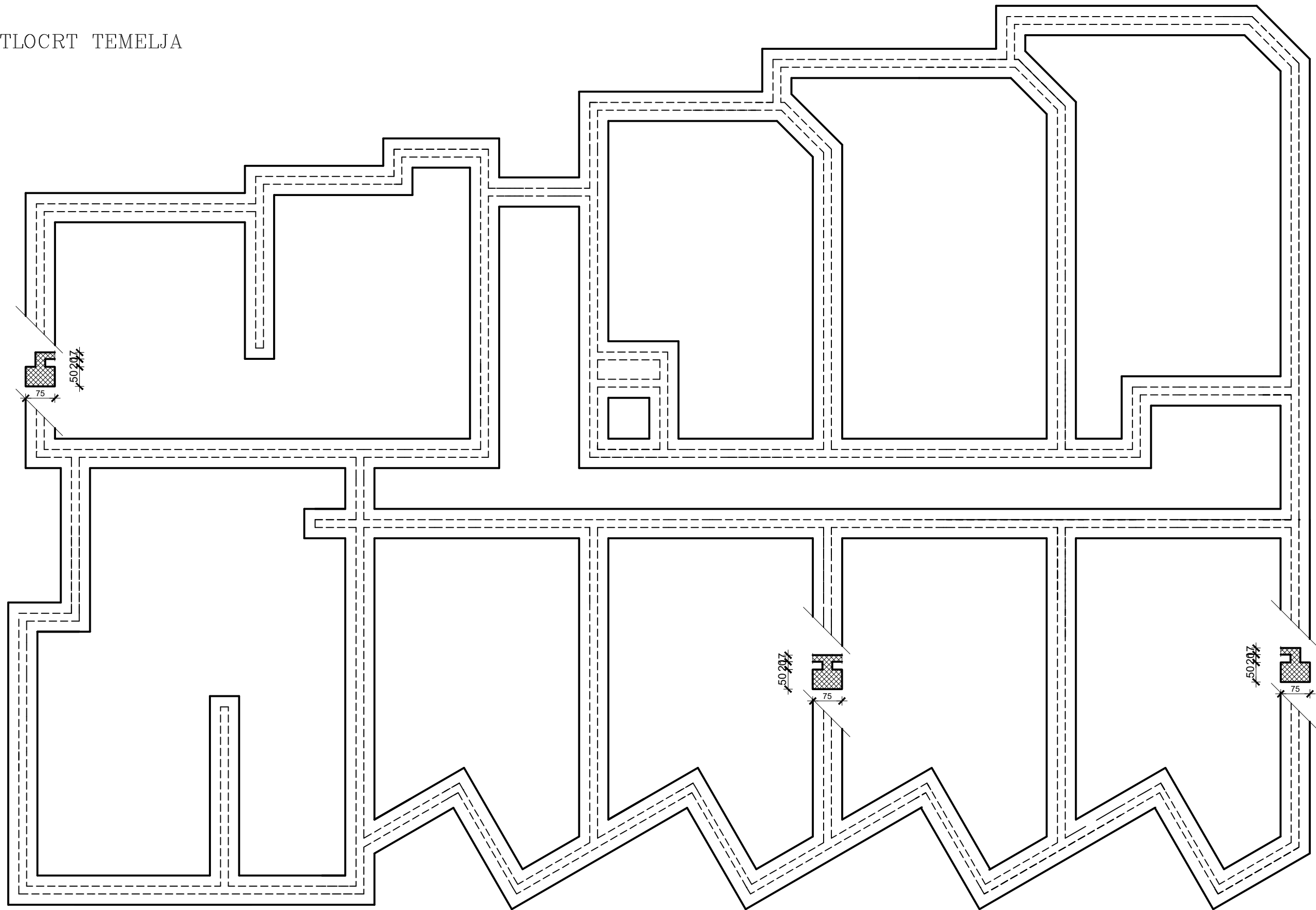
### Knjige i skripte:


- Eurocode 0, Basis of structural design, CEN European Committee for Standardization, Brussels, EN 1990: 2002.
- Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)
- Eurokod 8 – Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak, HRN EN 1998-1:2012/NA
- J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.
- Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)

### Računalni programi:

- Microsoft Office Word 2016
- Microsoft Office Excel 2016
- AutoCAD 2017
- SCIA Engineer 2018
- KI Expert Plus

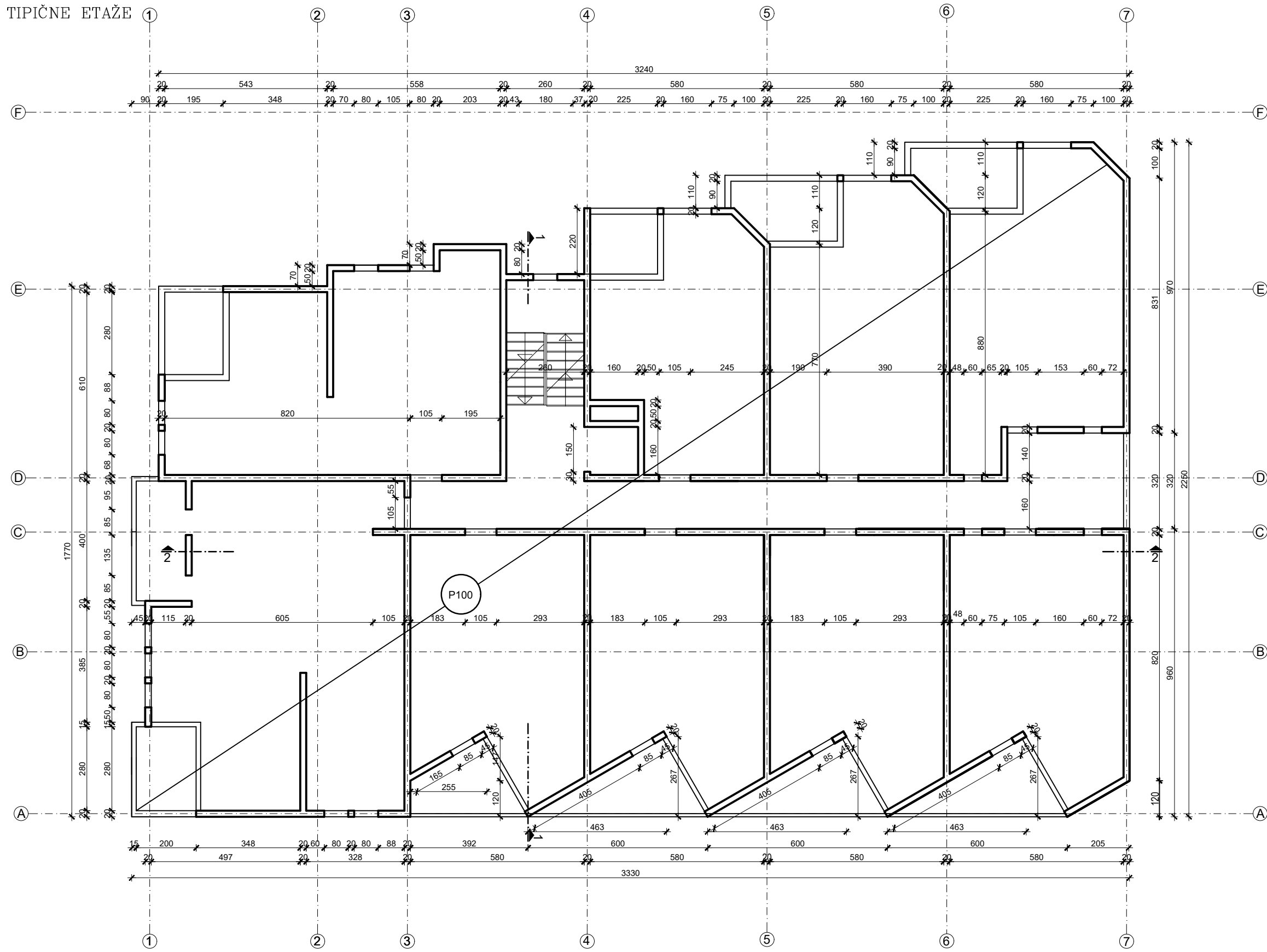
TLOCRT TEMELJA



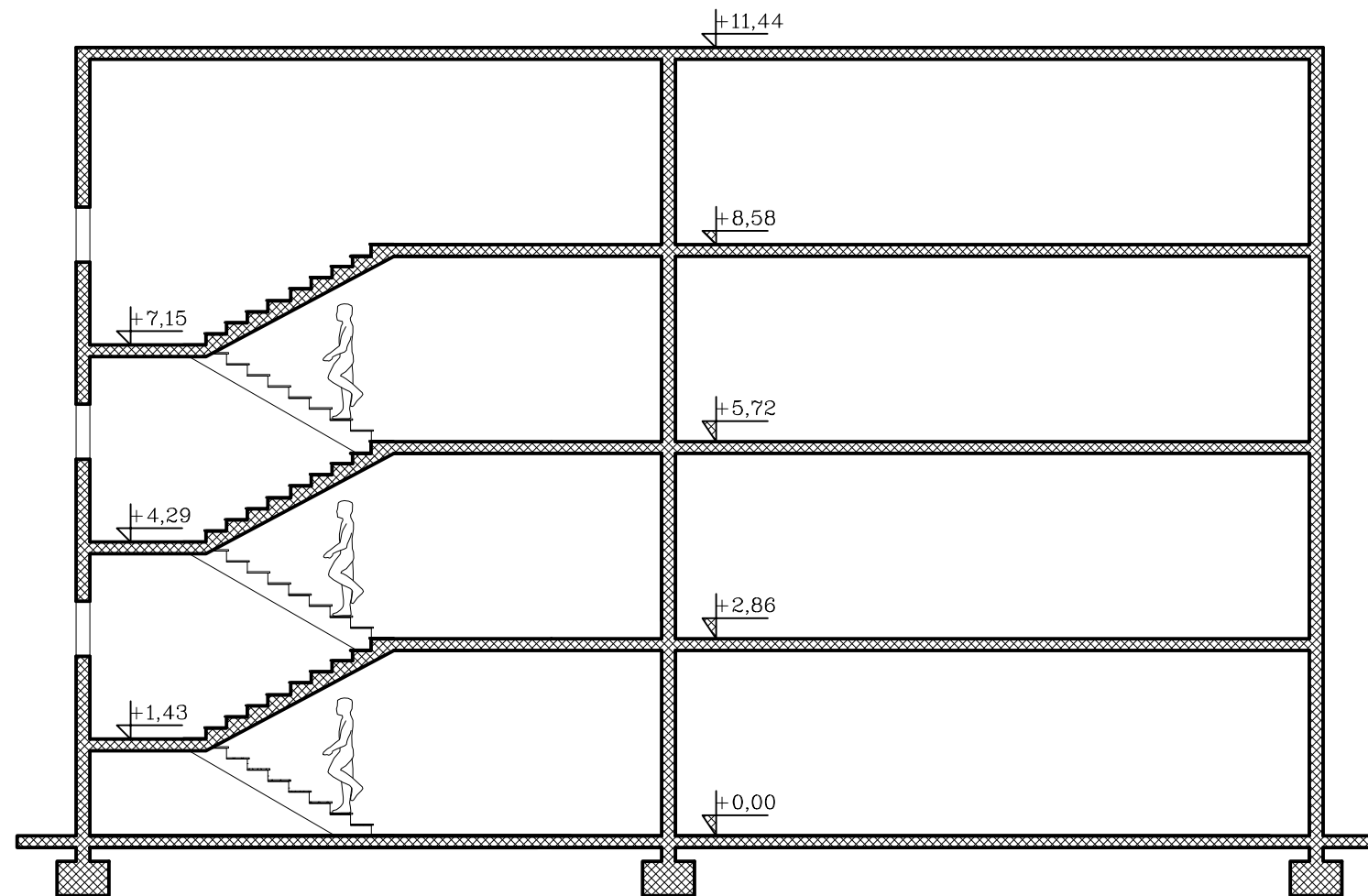
|   |  |
|---|--|
|  | Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije<br>Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr |
| student:  | Alberto Marelič  |
| građevina:  | STAMBENA ZGRADA  |
| projekt:  | GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE  |
| mentor:   | Hrvoje Smoljanović   |
| sadržaj:  | Tlocrt temelja   |
|   | mjerilo: M 1:100 list: I.  |



TLOCRT TIPIČNE ETAŽE ①



PRESJEK 1-1



Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije  
Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr

student: Alberto Marelič

građevina: STAMBENA ZGRADA

projekt: GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE

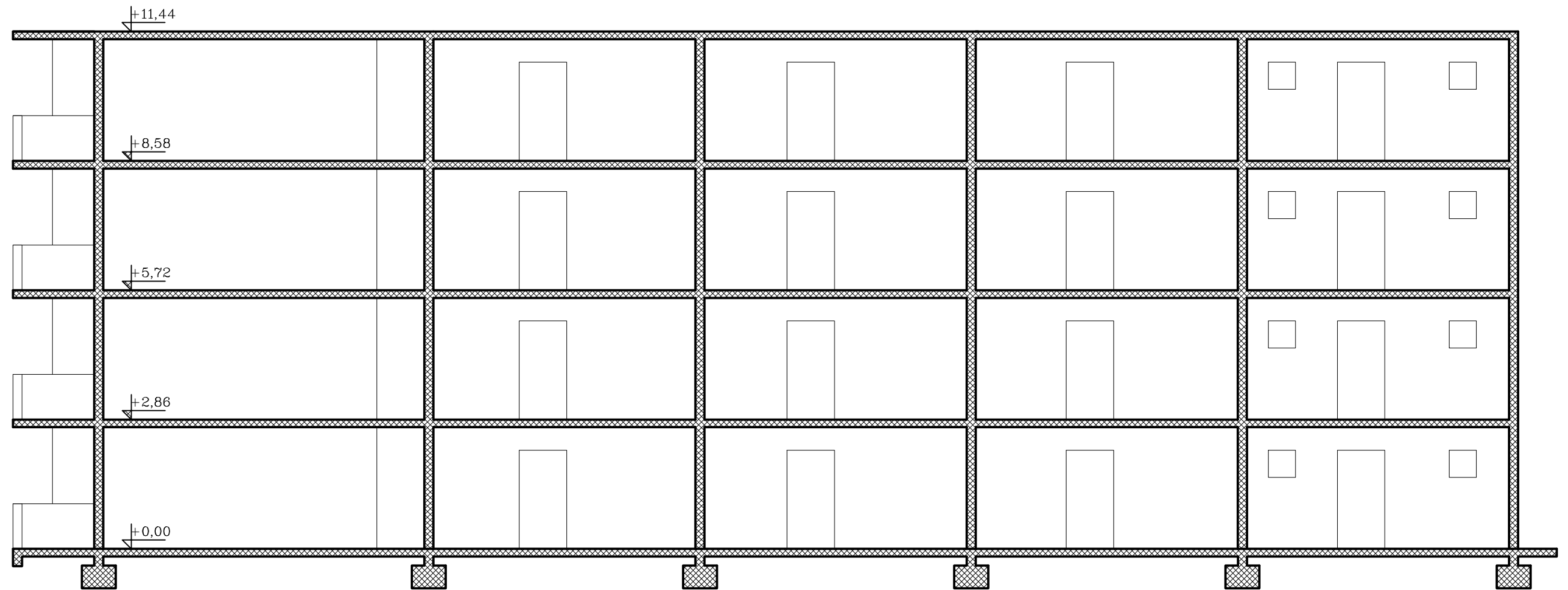
datum: 7/2019.

mentor: Hrvoje Smoljanović

sadržaj: Presjek 1-1

mjerilo: M 1:100 list: III.

PRESJEK 2-2



Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije  
Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr

student: Alberto Marelič

građevina: STAMBENA ZGRADA

projekt: GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE

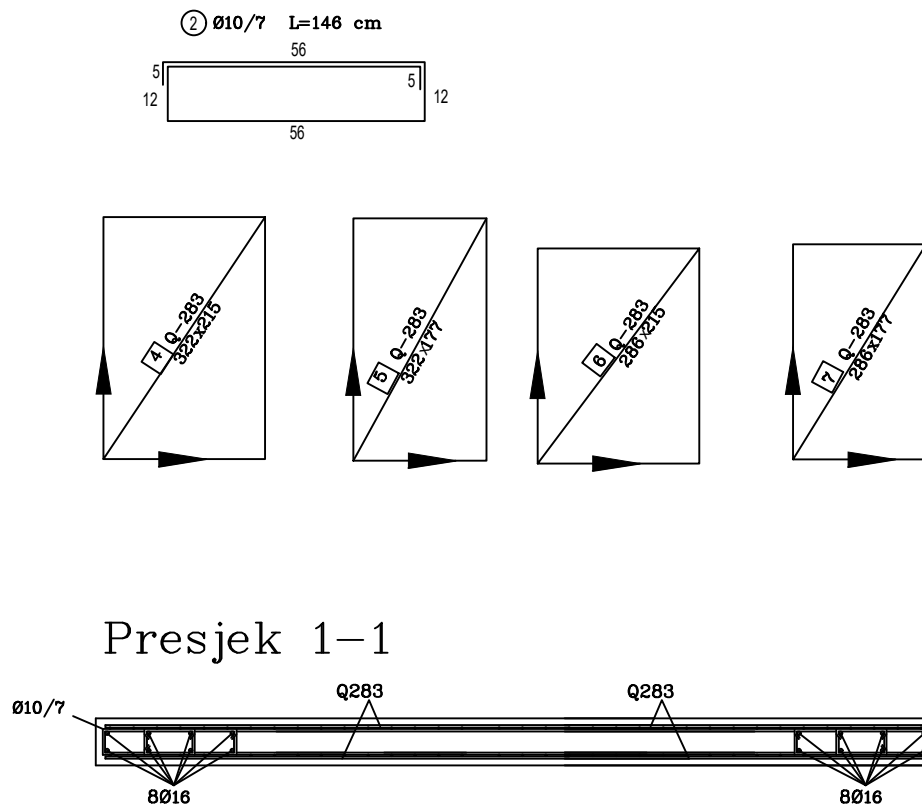
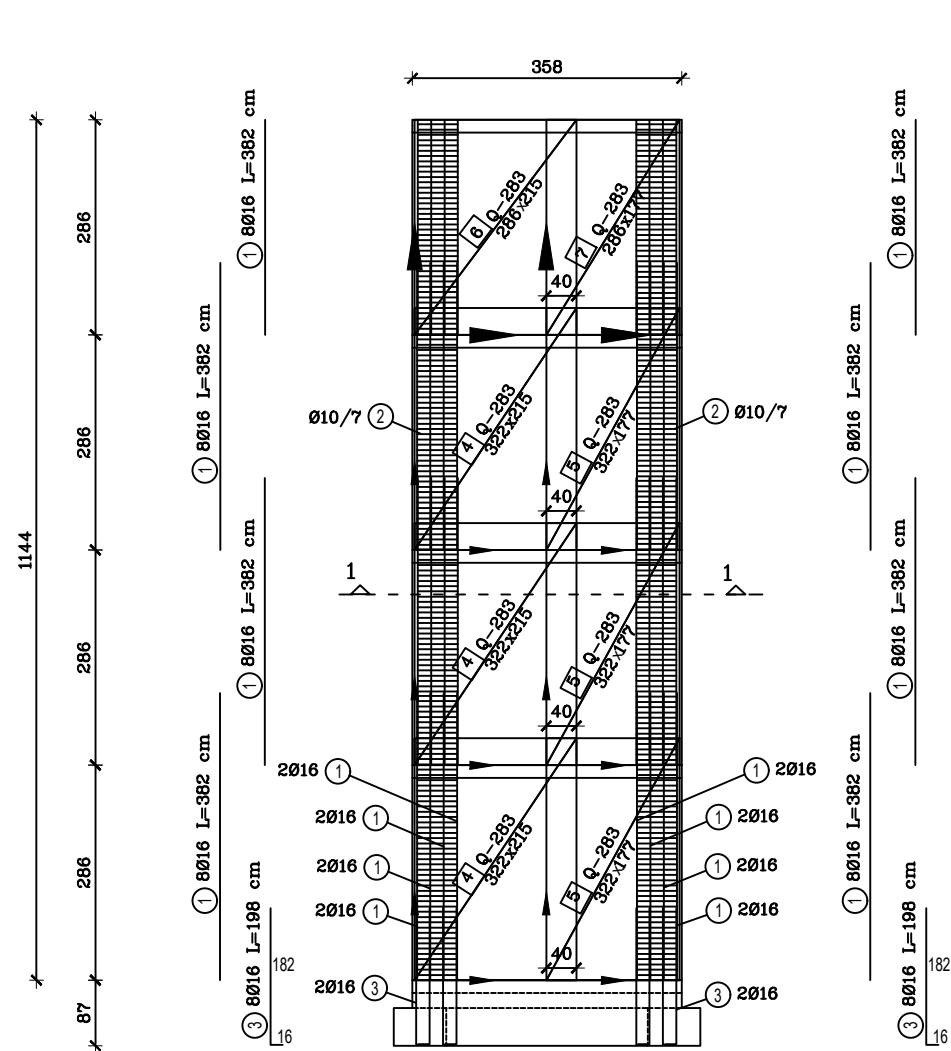
datum: 7/2019.

mentor: Hrvoje Smoljanović

sadržaj: Presjek 2-2

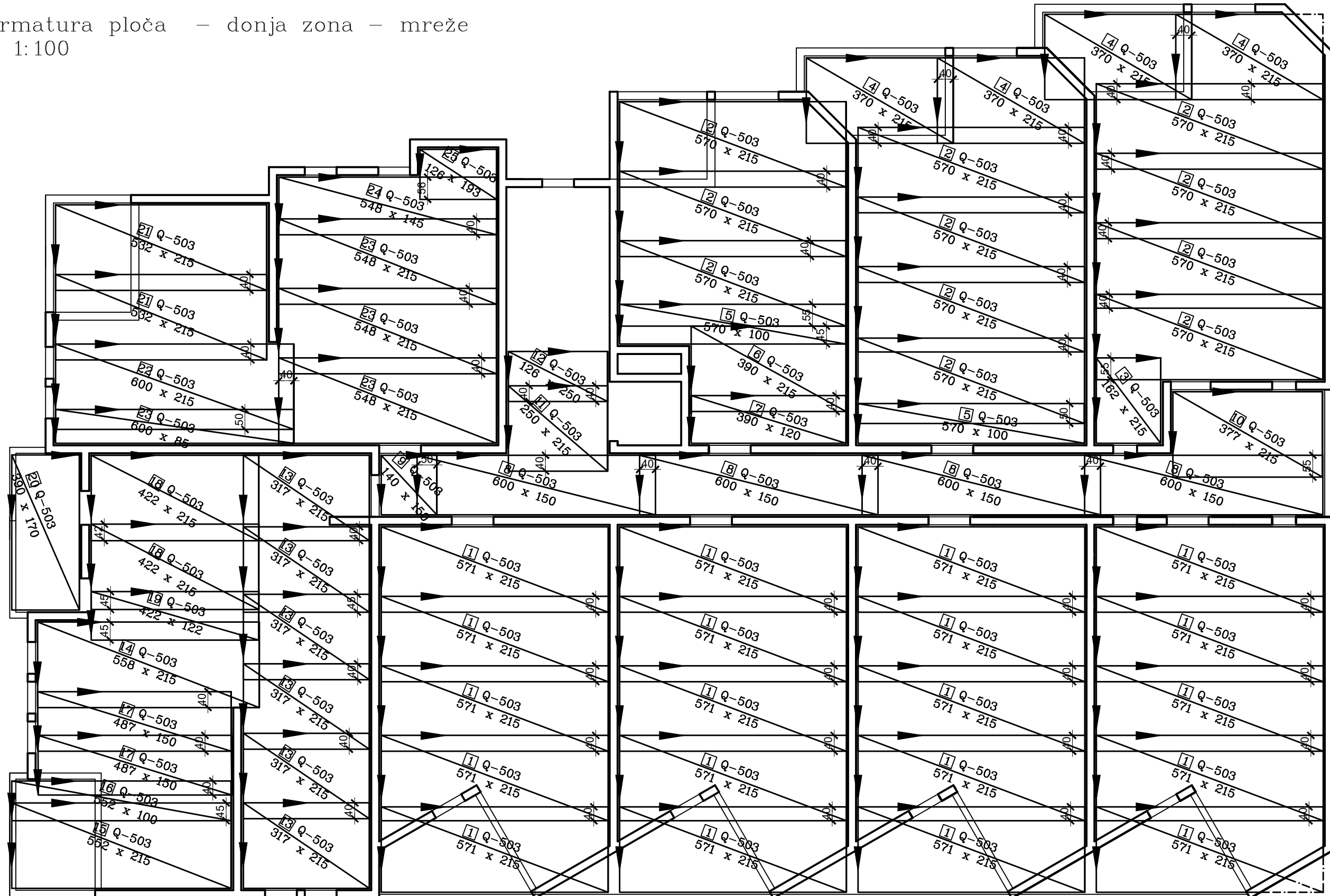
mjerilo: M 1:100 list: IV.

ARMATURA ZIDA U X SMJERU  
M 1:100

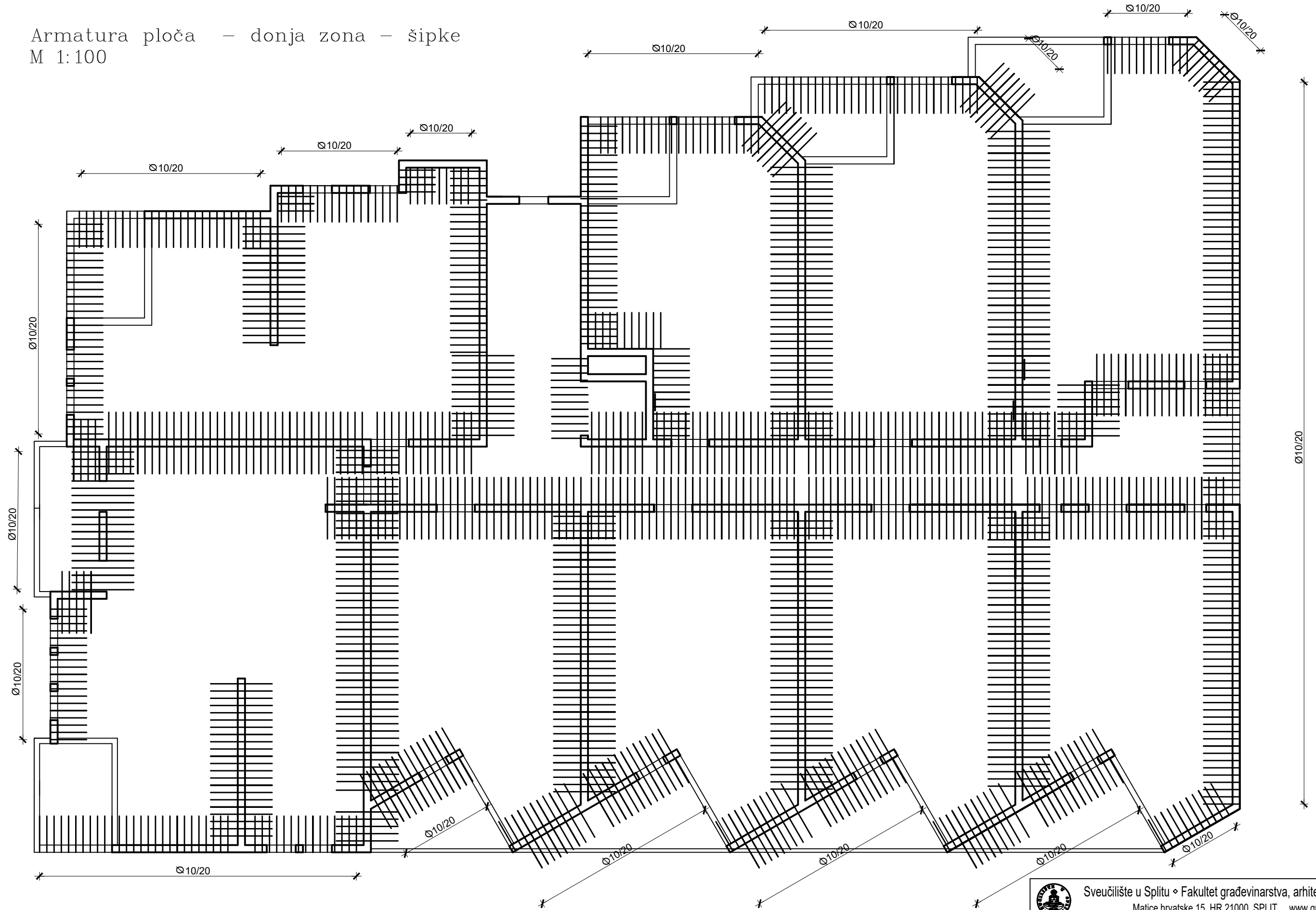


|   |  |                 |                           |
|---|--|-----------------|---------------------------|
|  | Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije<br>Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr |                 |                           |
|   | student:   | Alberto Marelić |                           |
| građevina:  | STAMBENA ZGRADA  |                 |                           |
| projekt:  | GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE  |                 | datum: 7/2019.            |
| mentor:   | Hrvoje Smoljanović   |                 |                           |
| sadržaj:  | Presjek kroz zid   |                 | mjerilo: M 1:100 list: V. |

Armatura ploča – donja zona – mreže  
M 1:100



Armatura ploča – donja zona – šipke  
M 1:100



Sveučilište u Splitu • Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije  
Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr

student: Alberto Marelič

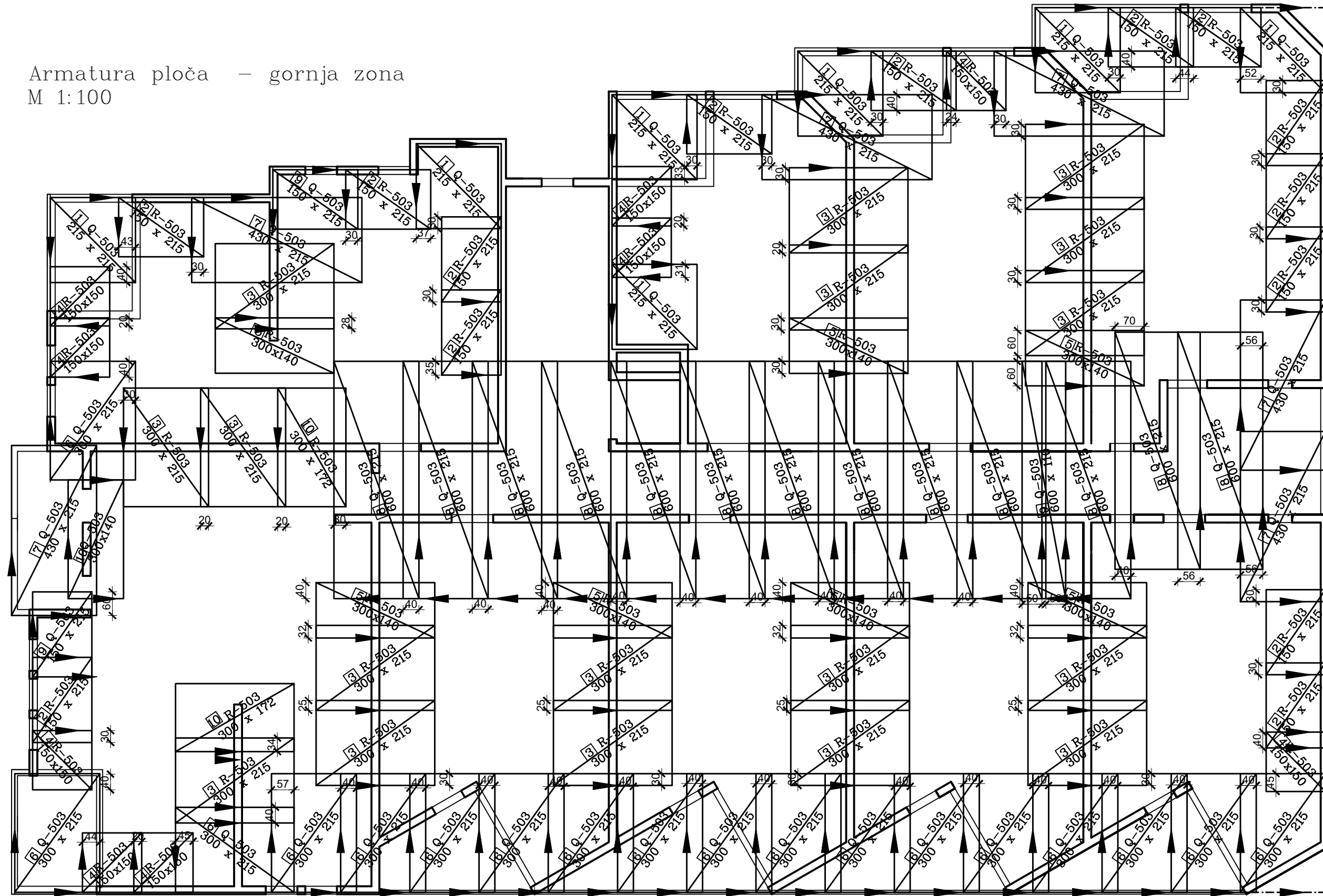
građevina: STAMBENA ZGRADA


projekt: GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE datum: 7/2019.

mentor: Hrvoje Smoljanović

sadržaj: Armatura ploče - donja zona - šipke mjerilo: M 1:100 list: VII.

Armatura ploča – gornja zona  
M 1:100



|   |  |                 |                              |
|---|--|-----------------|------------------------------|
|  | Sveučilište u Splitu ◊ Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije<br>Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT www.gradst.hr |                 |                              |
|   | student:   | Alberto Marelič |                              |
| građevina:  | STAMBENA ZGRADA  |                 |                              |
| projekt:  | GLAVNI PROJEKT KONSTRUKCIJE  |                 | datum: 7/2019.               |
| mentor:   | Hrvoje Smoljanović   |                 |                              |
| sadržaj:  | Armatura ploče - gornja zona   |                 | mjerilo: M 1:100 list: VIII. |