

# Ispitivanje hidrauličkih svojstava sustava odvodnje dijela naselja Brnaze

---

**Drmić, Petar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:961630>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Jakov Dodig**

**Split, 2024**

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

## **Projekt armiranobetonske zgrade u Zadru**

**Završni rad**

**Split, 2024**

***Sažetak:***

Projektni zadatak je izraditi proračun te odrediti potrebnu armaturu za zgrade koja je locirana u Zadru. Proračun je izvršen u programu SCIA Engineer 22.0 sa kombinacijama za granično stanje uporabljivosti (GSU), granično stanje nosivosti (GSN).

***Ključne riječi:***

Armiranobetonska zgrada, proračun, armaturni nacrt.

## **Reinforced concrete building project in Zadar**

***Abstract:***

The project task is to calculate the positions and determine the required reinforcement for individual parts of the concrete building in Zadar. The building model in the SCIA Engineer 22.0 program with combinations for the serviceability limit state (SLS), load-bearing limit state (ULS) .

***Keywords:***

Reinforced concrete building, calculation, armature drawing

# SADRŽAJ

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD .....</b>                                     | <b>6</b>  |
| <b>1. TEHNIČKI OPIS .....</b>                                           | <b>8</b>  |
| 1.1. Općenito.....                                                      | 8         |
| 1.2. Konstrukcija građevine.....                                        | 8         |
| 1.3. Temeljenje .....                                                   | 8         |
| 1.4. Materijali .....                                                   | 8         |
| 1.5. Opterećenja.....                                                   | 8         |
| 1.6. Posebne napomene uz izvođenje.....                                 | 8         |
| <b>2. PROGRAM KONROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....</b>                  | <b>9</b>  |
| 2.1. Općenito.....                                                      | 9         |
| 2.2. Svojstva građevnih proizvoda .....                                 | 9         |
| 2.2.1. Beton.....                                                       | 9         |
| 2.2.2. Armaturni čelik .....                                            | 10        |
| 2.3. Izvođenje AB konstrukcije .....                                    | 11        |
| 2.3.1. Općenito .....                                                   | 11        |
| 2.3.2. Nadzorne radnje .....                                            | 11        |
| 2.3.3. Ugranja betona .....                                             | 11        |
| 2.3.4. Njega betona .....                                               | 11        |
| 2.3.5. Oplata i skele.....                                              | 12        |
| 2.4. Ostale napomene u programu kontrole i osiguranja kvalitete .....   | 12        |
| 2.4.1. Iskolčenje i zahtjevana geometrija.....                          | 12        |
| <b>3. NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE .....</b> | <b>14</b> |
| <b>4. PRORAČUN KOSTRUKCIJE .....</b>                                    | <b>15</b> |
| 4.1. Plan pozicija .....                                                | 15        |
| 4.1.1. Plan pozicija visina .....                                       | 15        |
| 4.1.2. Plan pozicija 500 .....                                          | 16        |
| 4.1.3. Plan pozicija 400 .....                                          | 16        |
| 4.1.4. Plan pozicija 300 .....                                          | 17        |
| 4.1.5. Plan pozicija 200 .....                                          | 17        |
| 4.1.6. Plan pozicija 100 .....                                          | 18        |
| 4.2. Analiza opterećenja ploče .....                                    | 19        |
| Određivanje preliminarnih dimenzija konstrukcijskih elemenata .....     | 19        |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 Stalno opterećenje za poziciju 500 .....                           | 19        |
| 4.3. proračun ploče 500.....                                             | 22        |
| 4.4 Skice armature poz 500 .....                                         | 28        |
| 4.5 Dimenzioniranje poz 500.....                                         | 30        |
| 4.5.1. Dimenzioniranje na poprečne sile .....                            | 33        |
| 4.6.Provjera širine pukotina poz 500 .....                               | 38        |
| 4.6.1.presjek u polju – POZ 504.....                                     | 38        |
| 4.6.2. Stalno opterećenje za poziciju 100/200/300/400 .....              | 40        |
| 4.7 Skice armature 400.....                                              | 47        |
| 4.8.Dimenzioniranje poz 400.....                                         | 50        |
| 4.9 Dimenzioniranje na poprečne sile .....                               | 53        |
| 4.10 Provjera širina pukotina poz 400.....                               | 58        |
| <b>5.OPTEREĆENJE POTRESOM (<math>S_x</math>, <math>S_y</math>) .....</b> | <b>60</b> |
| <b>6.PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE.....</b>                    | <b>67</b> |
| 6.1Proračun zida .....                                                   | 69        |
| 6.2Dimenzioniranje zida i temelja .....                                  | 72        |
| <b>7.NACRTI .....</b>                                                    | <b>76</b> |
| <b>8.LITERATURA.....</b>                                                 | <b>80</b> |

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:               **STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO**

KANDIDAT:       JAKOV DODIG

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083230448

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

PREDMET:       Betonske konstrukcije 1

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Projekt armiranobetonske zgrade

Opis zadatka: Prema zadanim skicama u prilogu potrebno je izraditi projekt (tehnički opis, armiranobetonske građevine, armaturni nacrt). Projekt mora sadržavati tehnički opis, planove pozicija proračune i planove armature. Koristiti beton C 35/45 i armaturu: B 500B.

U Splitu 19.9.2024.

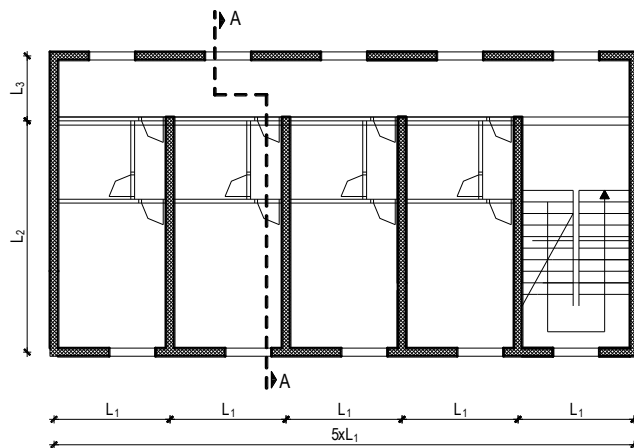
Voditelj završnog rada: doc. dr. sc. Ivan Banović, doc. dr. sc. Marina Nikolić

Prema zadanim skicama potrebno je izraditi projekt armiranobetonske građevine koji mora sadržavati:

1. Tehnički opis
2. Planove pozicija
3. Proračune
4. Planove armature

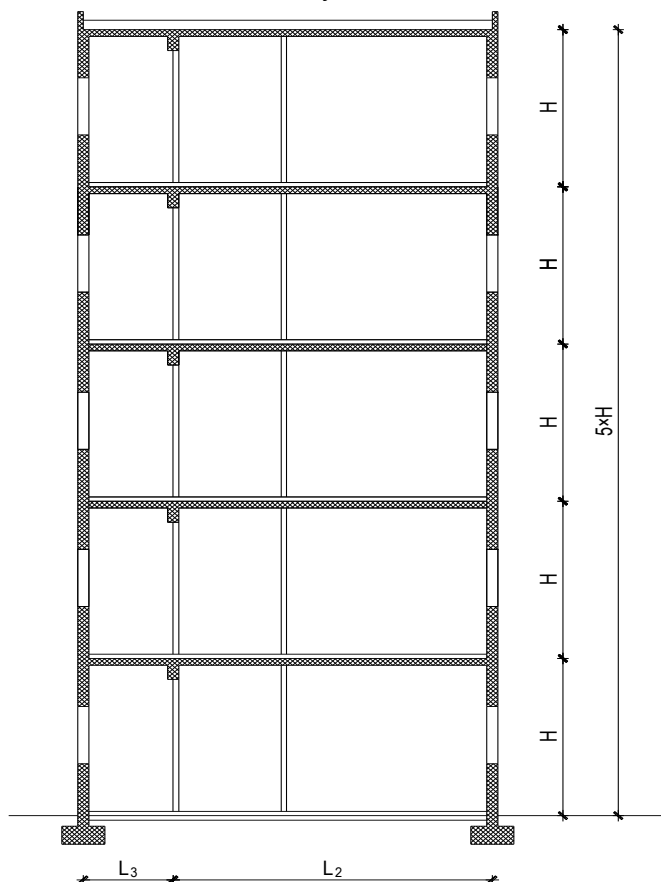
Koristiti beton **C35/45** i armaturu: **B 500B**.

Tlocrt karakterističnog kata



$L_1 = 5.9 \text{ m}$   
 $L_2 = 6.8 \text{ m}$   
 $L_3 = 3.6 \text{ m}$   
 $H = 3.3 \text{ m}$   
 $q = 2.3 \text{ kN/m}^2$   
 $v_{b0} = 40 \text{ m/s}$   
 $a_g = 0.20g$   
 $\sigma_{tla,dop} = 0.55 \text{ MPa}$

Presjek A-A



## **1. TEHNIČKI OPIS**

### ***1.1. Općenito***

Predmet ovog glavnog projekta je armiranobetonska građevina pravokutnog oblika. Građevina je tlocrtnih gabarita 10.4 x 29.5 m, sa ravnim krovom. Ukupna visina građevine od gotovog poda iznosi 16.5 m. Temeljne trake, podna ploča i nadzemna glavna konstrukcija su u AB izvedbi.

### ***1.2. Konstrukcija građevine***

Nosiva konstrukcija građevine je armiranobetonska, a čine ju zidovi, ploče i grede. Pomoću programa SCIA Engineer dobili smo rezne sile te momente u pločama i gredama. Sve armiranobetonske ploče su debljine  $d = 17$  cm, a sve armiranobetonske grede su dimenzija  $b/h = 30/50$  cm. Građevina ima i armiranobetonsko stubište za vertikalnu komunikaciju između katova.

### ***1.3. Temeljenje***

Temelji su izvedeni u obliku armiranobetonskih temeljnih traka dimenzija širine  $\bar{s} = 140$  cm i visine  $v = 70$  cm.

### ***1.4. Materijali***

Za izradu nosive konstrukcije koristi se beton C 35/45 te armaturni čelik B500B (rebrasta i mrežasta armatura).

### ***1.5. Opterećenja***

Opterećenja i kombinacije opterećenja na konstrukciju određene su prema HRN EN 1990, HRN EN 1991, HRN EN 1997 i HRN EN 1998. U pogledu opterećenja vjetrom, građevina se nalazi u vjetrovnom području sa osnovnom brzinom vjetra od 40 m/s prema HRN EN 1991-1-4:2012. Građevina se prema HRN EN 1998 nalazi u području s horizontalnim vršnim ubrzanjem tla  $a_g = 0,2$  g za povratni period od 475 godina.

### ***1.6. Posebne napomene uz izvođenje***

Propisuje se modul stišljivosti ispod temeljnih konstrukcija i podne ploče  $M_S \geq 100$  MPa. Nasip na koji se temelji podna ploča treba biti izrađen od dobro građuiranog kamenog materijala u slojevima od 30 cm te zbijen minimalno na propisan modul stišljivosti. Preporuča se stalni geotehnički nadzor u fazi pripreme temeljnog tla i izvedbe temeljnih konstrukcija.

## 2. PROGRAM KONROLE I OSIGURANJA KVALITETE

### 2.1. Općenito

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o gradnji (NN 153/13, NN 20/17, NN39/19). Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor, s posebnim naglaskom na nadzor od strane geomehaničara prilikom radova iskopa te samog temeljenja građevine. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Kao mjera kontrole kvalitete izvođenja propisuje se i obavezan projektantski nadzor nad izvođenjem nosive konstrukcije prema Zakonu o gradnji. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija i suglasnost projektanta. Sve izmjene obavezno je unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Mjerodavne podloge za upravljanje kvalitetom građevinskih proizvoda su Zakon o građevnim proizvodima (NN76/13, 30/14, 130/17 i 39/19), Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN 103/08, 147/09, 87/10, 129/11), Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda NN 113/08, Zakon o općoj sigurnosti proizvoda (NN 30/09, 139/10, 14/14) te Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, NN 75/20).

### 2.2. Svojstva građevnih proizvoda

#### 2.2.1. Beton

Za izvedbu nosive AB konstrukcije rabiti projektirani beton u svemu prema Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije, (NN 17/17, NN 75/20) (u daljnjem tekstu Propis).

#### Specificirana tehnička svojstva za beton

| razred tlačne čvrstoće | aditiv                                                                   | maksimalna nazivna veličina zrna agregata [mm] |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| C30/37                 | aditiv za poboljšanje ugradljivosti, vodocementni faktor $v/c \leq 0.45$ | 32                                             |
| C35/45                 | aditiv za poboljšanje ugradljivosti, vodocementni faktor $v/c \leq 0.45$ | 32                                             |

Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta. Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije. Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku

moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrnulog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Zbog opasnosti od korozije armature ne smiju se upotrebljavati betoni koji sadrže cemente tipa CEM III/C, CEM IV i CEM V prema normi HRN EN 197-1.

Bridove svih elemenata, koji su između ploha pod pravim kutem treba "skositi", tako da budu mehanički otporni i postojani. Bridovi elemenata trebaju biti precizno izvedeni, ravni i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. Voditi računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona, prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

### **Specificirana tehnička svojstva za pojedine elemente AB konstrukcije**

Temeljne: XC2, debljina zaštitnog sloja  $c_{min}=40$  mm; C35/45

AB podna ploča, AB temeljna greda: XC4, debljina zaštitnog sloja  $c_{min}=40$  mm; C35/45, hidroizolacija, dodatak betonu protiv smrzavanja

#### ***2.2.2. Armaturni čelik***

Armatura mora udovoljavati normama HRN 1130-1:2008; HRN 1130-2:2008; HRN 1130-3:2008; HRN 1130-4:2008; HRN 1130- 5:2008; HRN EN 10080:2005; i Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije.

Za izvedbu nosive AB konstrukcije upotrebljavati šipkastu (rebrastu) i mrežastu (rebrastu) armaturu (B500B).

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

## **2.3. Izvođenje AB konstrukcije**

### **2.3.1. Općenito**

Izvođač radova treba izvesti betonske i armirano-betonske radove u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670-1 - Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito i Propis. Pogon za proizvodnju betona mora ispunjavati zahtjeve norme HRN EN 206-1 - Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost. Za svaku vrstu betona proizvođač odnosno izvođač je dužan dostaviti odgovarajuću ispravu o sukladnosti.

### **2.3.2. Nadzorne radnje**

Nadzorni inženjer obvezno određuje neposredno prije ugradnje betona provedbu kontrolnih postupaka utvrđivanja svojstava svježeg betona i utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrslulog betona na mjestu ugradnje betona prema Propisu. Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju i pripremaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju prema HRN EN 12350, u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670 i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te, kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

Podaci o uzimanju uzoraka betona evidentiraju se uz obvezno navođenje oznake pojedinačnog elementa betonske konstrukcije i mjesta u elementu betonske konstrukcije na kojem se beton ugrađivao u trenutku uzimanja uzoraka. Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrslulog betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se prema Propisu i normama na koju Propis upućuje. Tlačna čvrstoća očvrslulog betona ispituje se na uzorku starom 28 dana. Uzimanje uzoraka betona, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava projektiranog betona (potvrđivanje sukladnosti tlačne čvrstoće i svojstava dodataka) provodi se prema normama - sukladno Propisu. Uzimanje uzoraka armature, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava armature provodi se prema normama - sukladno Propisu.

### **2.3.3. Ugradnja betona**

Ugradnja betona se provodi u skladu s HRN EN 13670-1, točkama 8, 9 i 10 i Dodatak E. Početna temperatura svježeg betona u fazi ugradnje ne smije biti niža od +5°C, ni viša od +30°C. U slučaju da je temperatura izvan ovih granica, treba poduzeti mjere u skladu s Propisom. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja. Transport svježeg betona do gradilišta te do samog mjesta ugradnje u oplatu treba biti takav da ne dolazi do pojave segregacije betona. Beton treba ugraditi što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Ugrađivanje betona u oplatu izvesti mehanički s potrebnim vibriranjem. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem.

### **2.3.4. Njega betona**

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi u skladu s HRN EN 13670-1, točka 8.5.

Neposredno nakon betoniranja, beton treba biti zaštićen od slijedećeg: prebrzog isušivanja, brze izmjene topline, oborinske i tekuće vode, vibracija koje mogu štetno utjecati na stvrdnjavanje betona. Beton se nakon ugradnje mora zaštititi da bi se osigurala zadovoljavajuća hidratacija na površini te izbjegla oštećenja zbog ranog i naglog skupljanja. Minimalno trajanje njege betona: minimalno 3 dana, a u slučaju velikih (ljetnih) vrućina 5 dana.

### **2.3.5. Oplata i skele**

Oplata i skele moraju biti u skladu s HRN EN 13670-1, točka 5. i Dodatak B. Skele i oplate moraju biti tako konstruirane i izvedene da mogu preuzeti opterećenja i utjecaje koji nastaju u izvođenju radova, bez štetnih slijeganja i deformacija, kako bi se osigurala sigurnost i točnost elemenata konstrukcije predviđena projektom konstrukcije. Oplata konstrukcije mora biti takva da se za vrijeme betoniranja na gube sastojci betona te da vanjsko lice betona ispunjava zahtjeve date u projektu konstrukcije (glatki beton, natur beton, i sl.). Oplata se mora lako i bez oštećenja skidati s još neočvrstlog betona. Njene unutarnje stranice moraju biti čiste i po potrebi premazane zaštitnim sredstvom, koje ne smije djelovati štetno na beton, mijenjati boju betona, utjecati na vezu armature i betona ili djelovati štetno na materijal koji se nakadno nanosi na betonsku konstrukciju.

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

## **2.4. Ostale napomene u programu kontrole i osiguranja kvalitete**

### **2.4.1. Iskolčenje i zahtjevana geometrija**

Od faze iskolčenja građevine, preko svih faza izgradnje, do završetka građevine, nužan je stalni geodetski nadzor. Tijekom građenja vršiti: stalnu kontrolu iskolčenja i druge geometrije svih elemenata (uključivo i elemenata zaštite građevne jame) kontrolu osiguranja svih točaka kontrolu repera i poligonih točaka.

### **2.4.2. Zemljani radovi**

#### **Iskopi**

Tijekom radova na iskopima potrebno je posvetiti pažnju slijedećem:

- da se iskop obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta, te propisanim nagibima pokosa iskopa (uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla),
- da tijekom rada ne dođe do potkopavanja ili oštećenja okolnih građevina ili okolnog tla
- da se ne vrše nepotrebno povećani ili štetni iskopi,
- za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na građevini Izvoditelj je dužan osigurati pravilnu odvodnju,
- ne smije se dozvoliti zadržavanje vode u iskopima,
- vrstu i karakteristiku temeljnog tla kontrolirati prema geotehničkom eleboratu, a dubine i gabarite iskopa prema građevinskom projektu građevine.

## Nasipi

Kontrolu kvalitete materijala za izradu nasipa vršiti prema važećim normama.

Kontrolom i tekućim ispitivanjima obuhvatiti:

- određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na Proctorov postupak (Sz) ili određivanje modula stižljivosti (MS), -

ispitivanje granulometrije nasipnog materijala.

Nasipavanje izvoditi u propisanim debljinama slojeva i s propisanom zbijenošću. Kontrola geometrije vrši se kontinuirano, vizualno i mjerenjem. Kontrola zbijenosti vrši se probno po slojevima i obvezno na vrhu.

## Temelji

Betoniranje temeljnih konstrukcija izvesti u primjerenoj oplati na prethodno postavljenoj termoizolaciji i hidroizolaciji. Nakon postavljanja s armaturom prema Izvedbenom projektu konstrukcije, može se krenuti u betoniranje temeljnih konstrukcija prema ovom projektu. Naročitu pažnju posvetiti zaštiti hidroizolacije, te traženim zaštitnim slojevima armature, posebno na mjestima oslabljenja presjeka instalacijskim kanalima. Betonirane temelja može započeti nakon što nadzorni inženjer, potvrdi da je temeljno tlo u skladu s pretpostavkama ove mape, pregleda postavljenu armaturu, nakon što su provjerene dimenzije temelja, te upisana dozvola o betoniranju u građevinski dnevnik. Zasipavanje oko izvedenih temelja izvesti nakon izrade i zaštite hidroizolacije i to u slojevima s potrebnim zbijanjem, kako ne bi došlo do naknadnog slijeganja nasutog tla. Nasuti materijal (iza i ispod ukopanih zidova) treba zadovoljavati mehaničke karakteristike predviđene ovim projektom, u suprotnom obavijestiti i zatražiti odobrenje za ugradnju od strane projektanta konstrukcija. Dozvoljena odstupanja prilikom izvođenja armirano-betonske konstrukcije temelja iznose  $\pm 2$  cm u tlocrtnim dimenzijama i visinskom pogledu.

### **3.NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE**

Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama TEHNIČKOG PROPISA ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE (NN 17/17, NN 75/20). Izjavu o izvedenim

radovima i uvjetima održavanja građevine dužan je prirediti Izvođač u skladu s pozitivnom regulativom RH, tehničkim propisima, normama na koje se oni pozivaju te glavnim i izvedbenim projektom. Redovite preglede u svrhu održavanja konstrukcije potrebno je provoditi svakih 5 godina. Način obavljanja pregleda je slijedeći:

- vizualni pregled konstrukcija, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina, relativni pomaci dilatacijskih cjelina, te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,

- utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature i antikorozivne zaštite

- utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata armirano-betonske i čelične konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda opisanog u podtočki

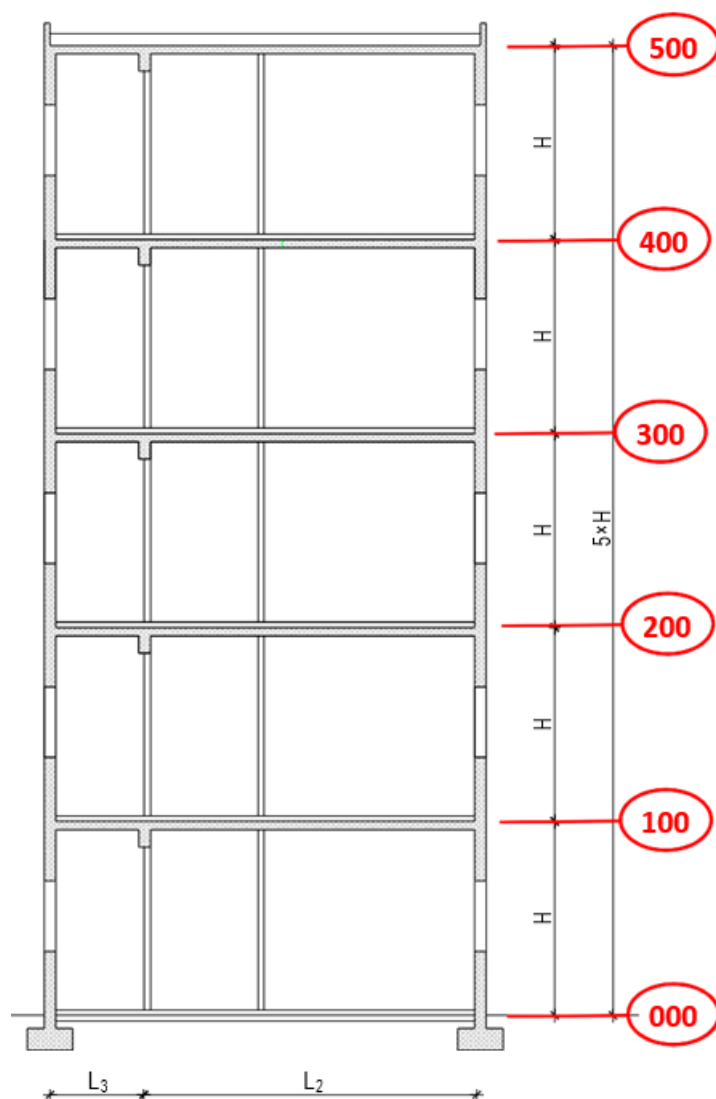
a) sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Dokumentaciju o izvršenim pregledima i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije i svih njenih elemenata dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Uporabni vijek predmetne građevine je najmanje 50 godina. Ova vrijednost predstavlja polazište na osnovu kojeg su definirani zahtjevi za beton, izvođenje radova i održavanje konstrukcije. Nepovoljni klimatski faktori lokacije zahtijevaju povećanu mjeru opreza i pojačani nadzor nad svim elementima (konstruktivnim i nekonstruktivnim) građevine. Preporučuje se da korisnici i suvlasnici građevine vrše godišnje preglede i ukoliko primijete neku nepravilnost na konstrukciji zatraže redoviti ili izvanredni pregled i prije roka predviđenog ovim projektom.

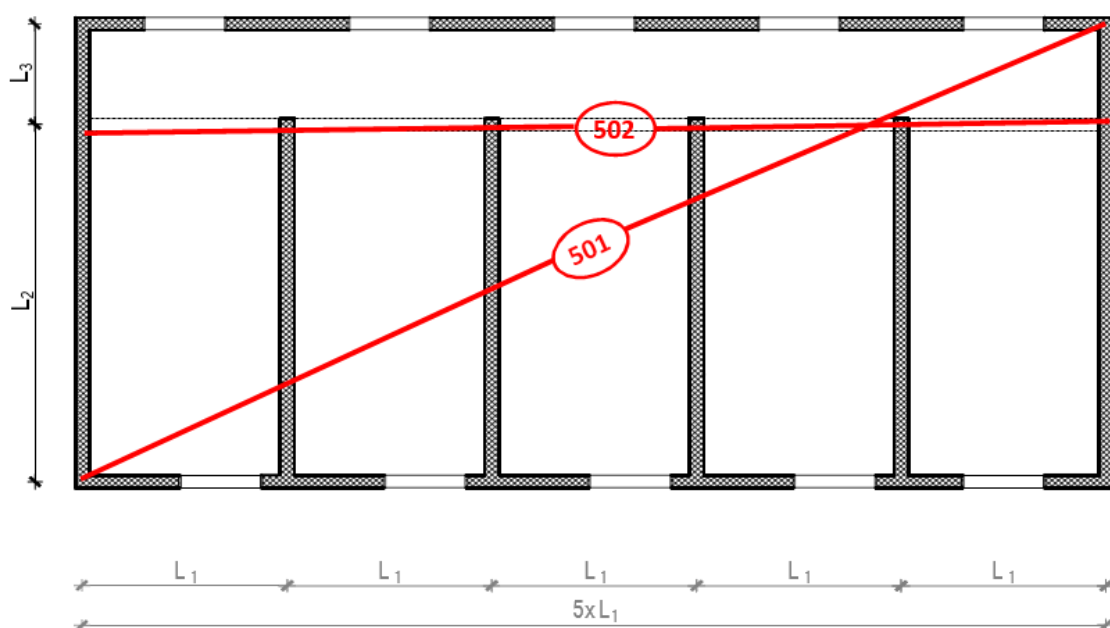
## 4.PRORAČUN KOSTRUKCIJE

### 4.1.Plan pozicija

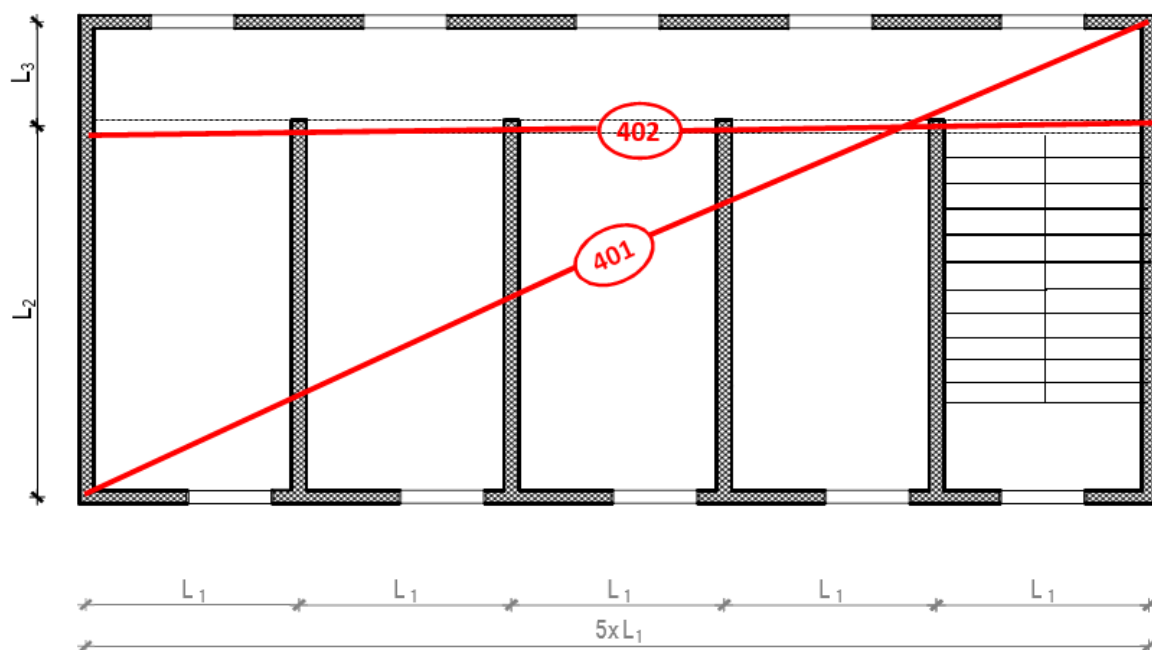
#### 4.1.1.Plan pozicija visina



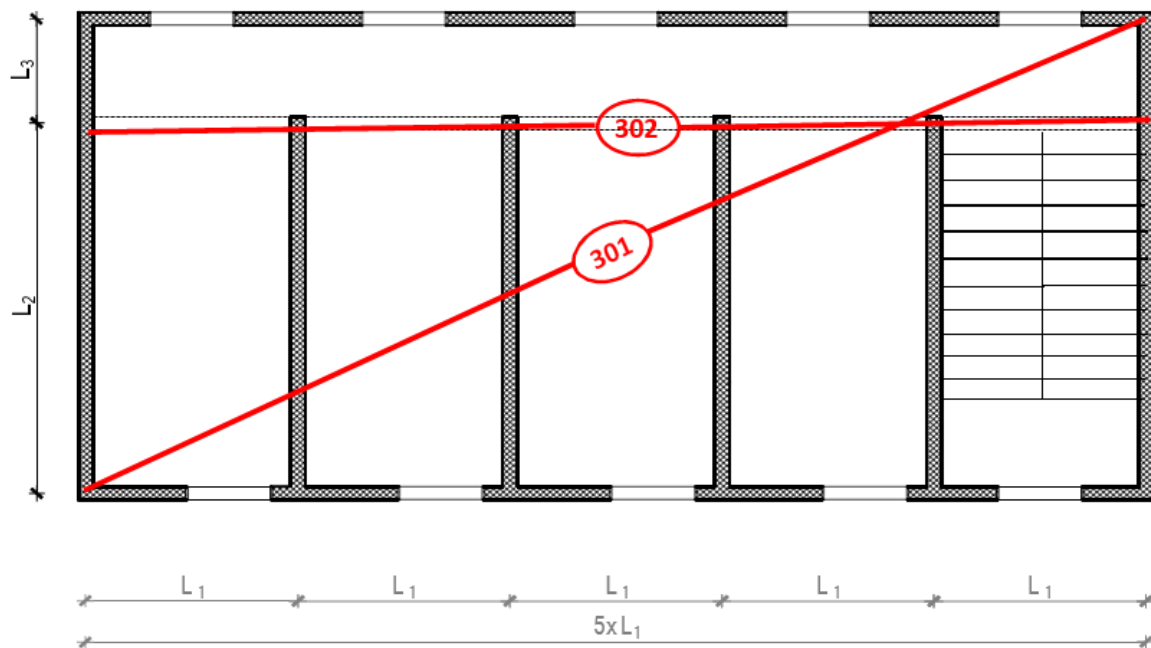
#### 4.1.2. Plan pozicija 500



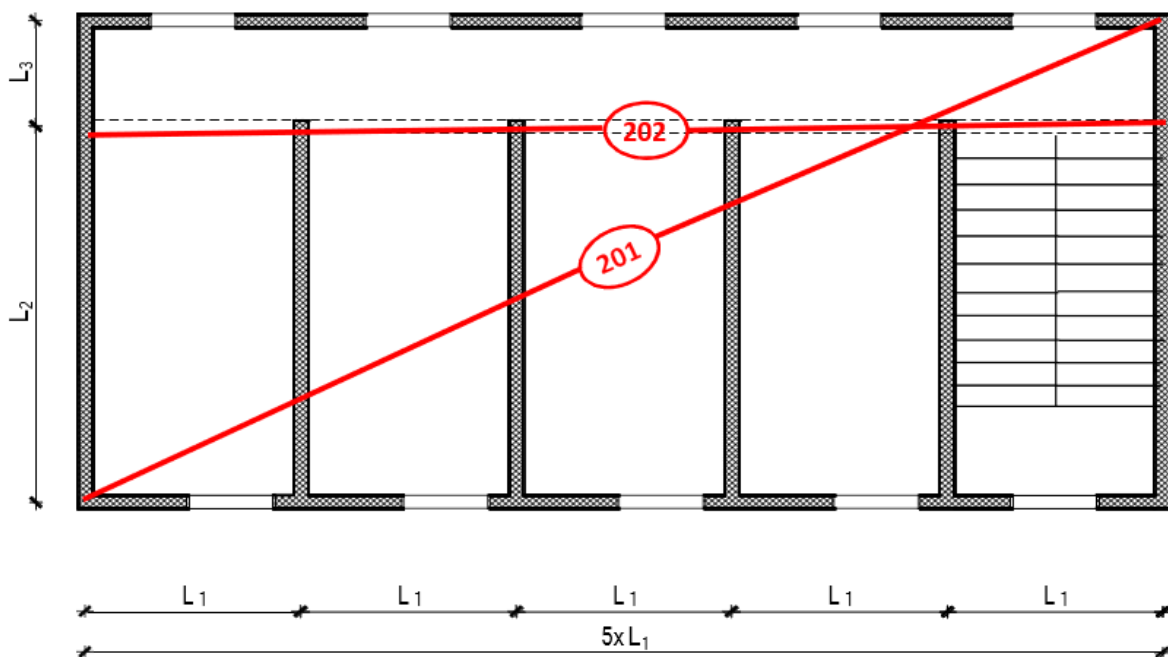
#### 4.1.3. Plan pozicija 400



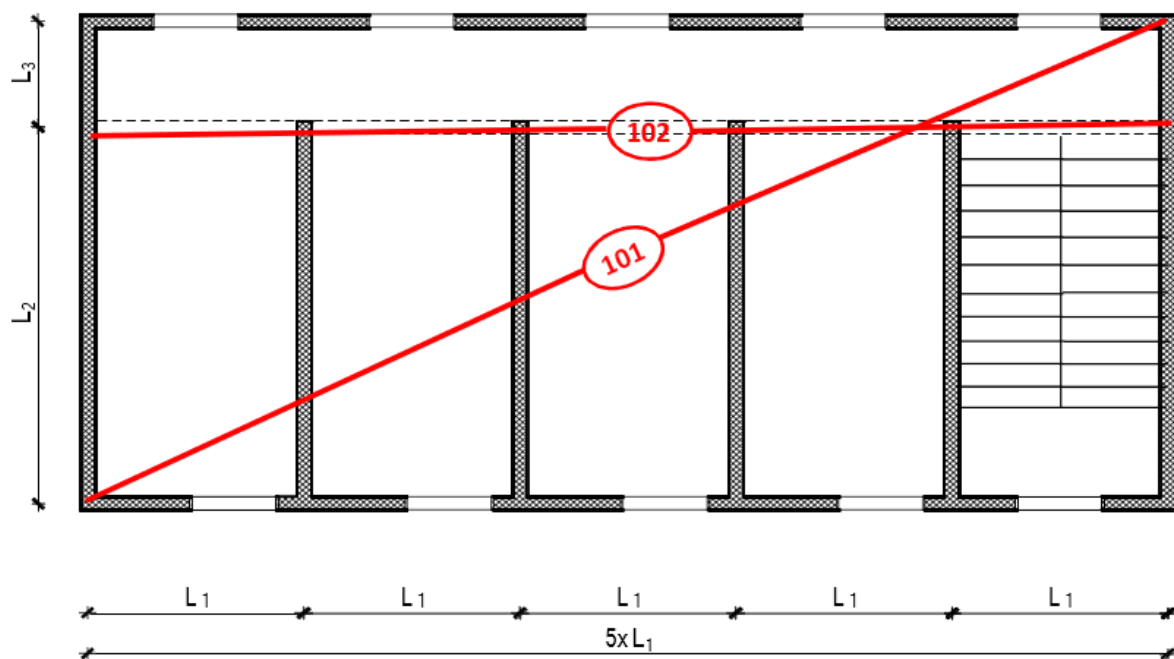
#### 4.1.4. Plan pozicija 300



#### 4.1.5. Plan pozicija 200



#### 4.1.6. Plan pozicija 100



## 4.2 Analiza opterećenja ploče

### Određivanje preliminarnih dimenzija konstrukcijskih elemenata

Visina ploče:

$$L_0 = L_2 = 5,9 \text{ (m)}$$

$$h_{pl} = \frac{L_0}{35} = \frac{590}{35} = 16,86 \text{ (cm)}$$

**Odabrana debljina ploče -  $h_{pl} = 17 \text{ (cm)}$**

Visina grede:

$$h_{grede,1} = \frac{L_1}{10} = \frac{0,85 * 590}{10} = 50,0 \text{ (cm)}$$

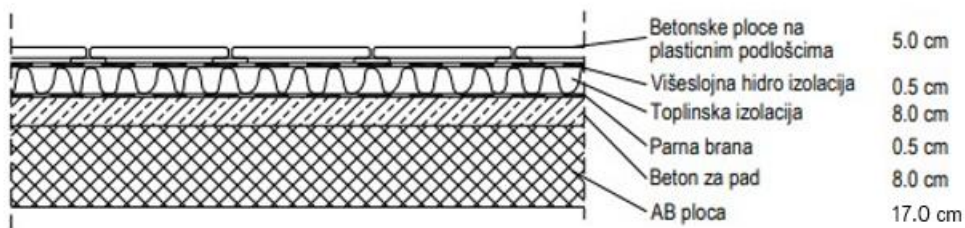
**Odabrana visina grede -  $h_{grede,1} = 50 \text{ (cm)}$**

**Odabrana širina grede -  $b_{gred} = 30 \text{ (cm)}$**

### 4.2.1 Stalno opterećenje za poziciju 500

|                                         | $d \text{ (m)}$ | $g \text{ (kN/m}^3\text{)}$ | $d \times g$ |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------|
| Betonske ploče na plastičnim podloščima | 0.05            | 25.0                        | 1.25         |
| Hidroizolacija + parna brana            | 0.01            | 20.0                        | 0.20         |
| Toplinska izolacija                     | 0.08            | 5.0                         | 0.40         |
| Beton za pad                            | 0.08            | 24.0                        | 1.92         |
| AB. ploča                               | 4.25            | 25.0                        | 4.25         |

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{500} = 8.02 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

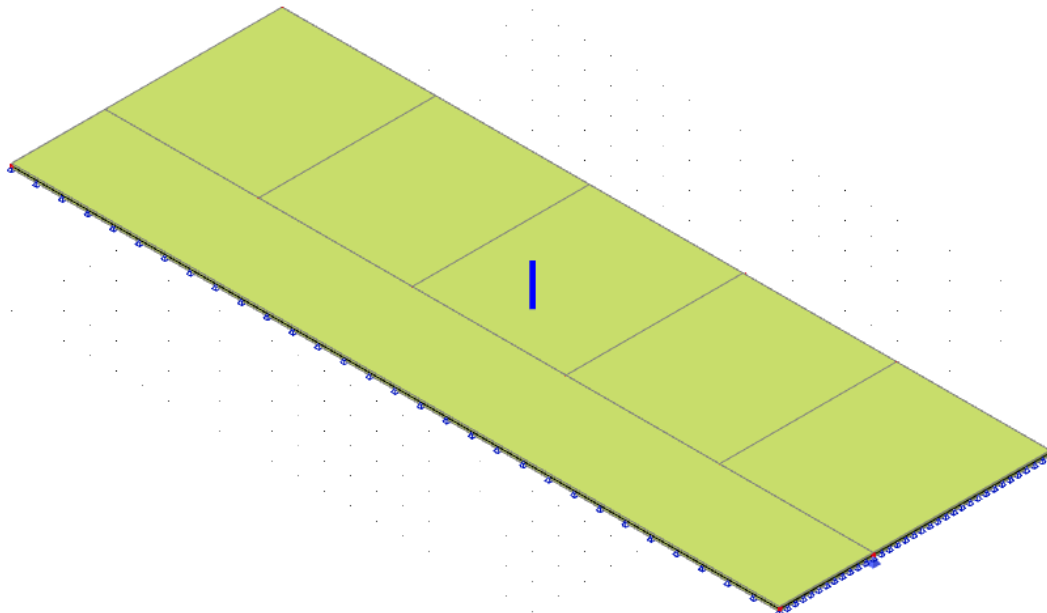


*Prikaz slojeva ploče – pozicija 500*

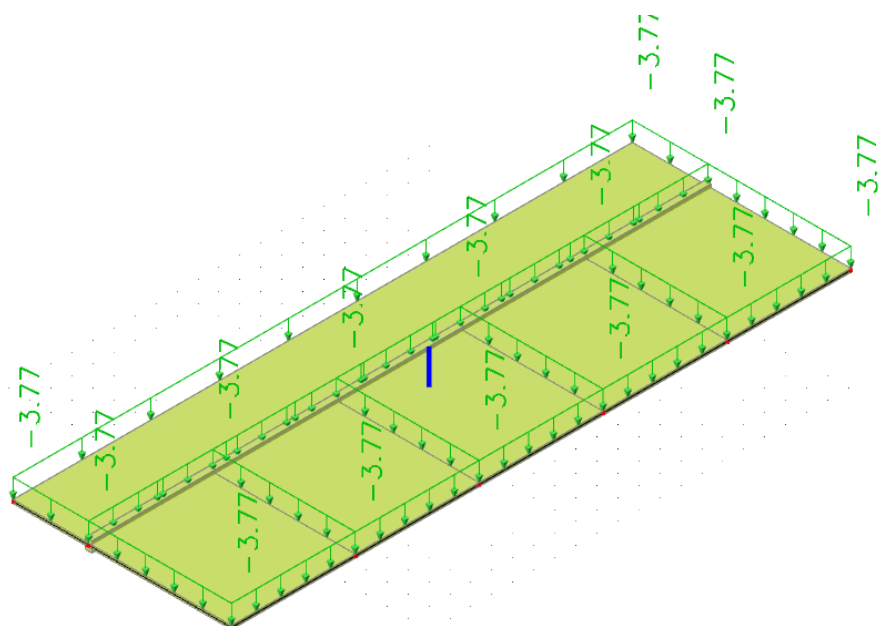
#### a) pokretno opterećenje

Za pokretno opterećenje uzima se opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za ravne krovove, u područjima gdje je snijeg rijedak (prema pravilniku) iznosi  $0.50 \text{ kN/m}^2$ , pa se za pokretno opterećenje neprohodnih ravnih krovova može uzeti zamjenjujuća vrijednost:

$$Q_{500} = s + w \approx 1.5 \text{ kN/m}^2$$

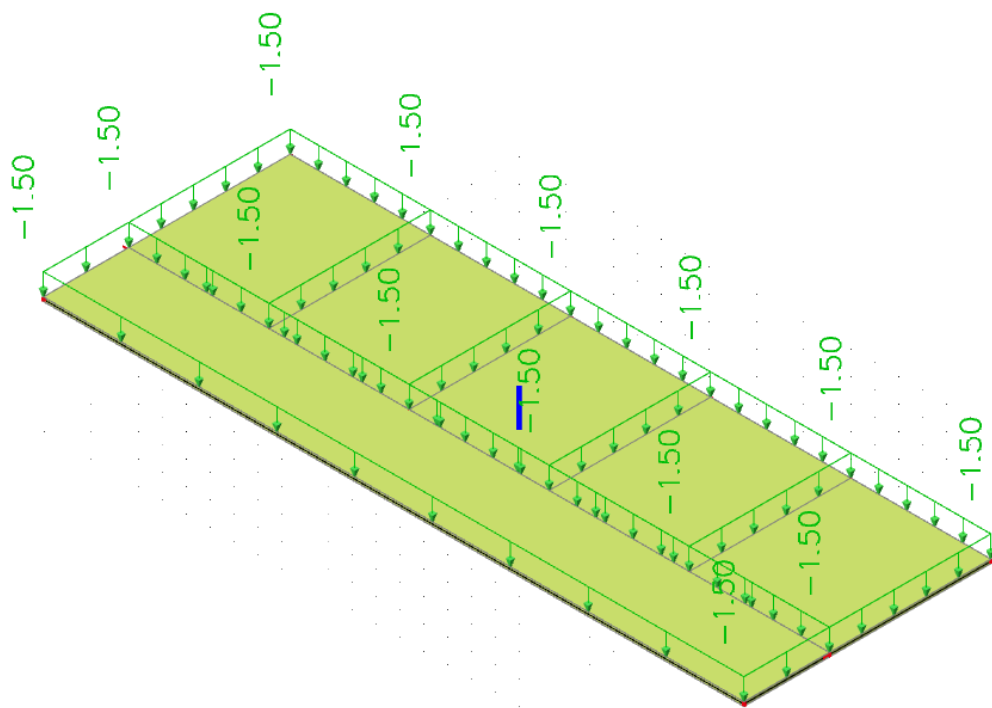


*Prikaz opterećenja vlastite težine  $g_{500}$  – pozicija 500*



*Prikaz dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta q_{500}$  – pozicija 500 (AB ploča uračunata)*

Za pokretno opterećenje međukatnih konstrukcija pozicije 500 uzima se iznos  $q_{500} = 1,50$  (kN/m<sup>2</sup>)



*Prikaz pokretnog / korisnog opterećenja  $q_{500}$  – pozicija 500*

### 4.3. proračun ploče 500

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_d} = \frac{35}{1.5} = 23.3 \text{ MPa} \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_d} = \frac{500}{1.5} = 434.8 \text{ MPa}$$

$h=17 \text{ cm}$        $d=17-3= 14 \text{ cm}$        $d_1= 3 \text{ cm}$

#### Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot [f_{ct,m} / f_{yk}] \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$b_t$  – širina vlačne zone

$d$  – statička visina presjeka

$f_{yk}$  – karakt. granica popuštanja čelika u  $\text{N/mm}^2$

[ $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  za čelik B 500B]

$f_{ct,m}$  - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

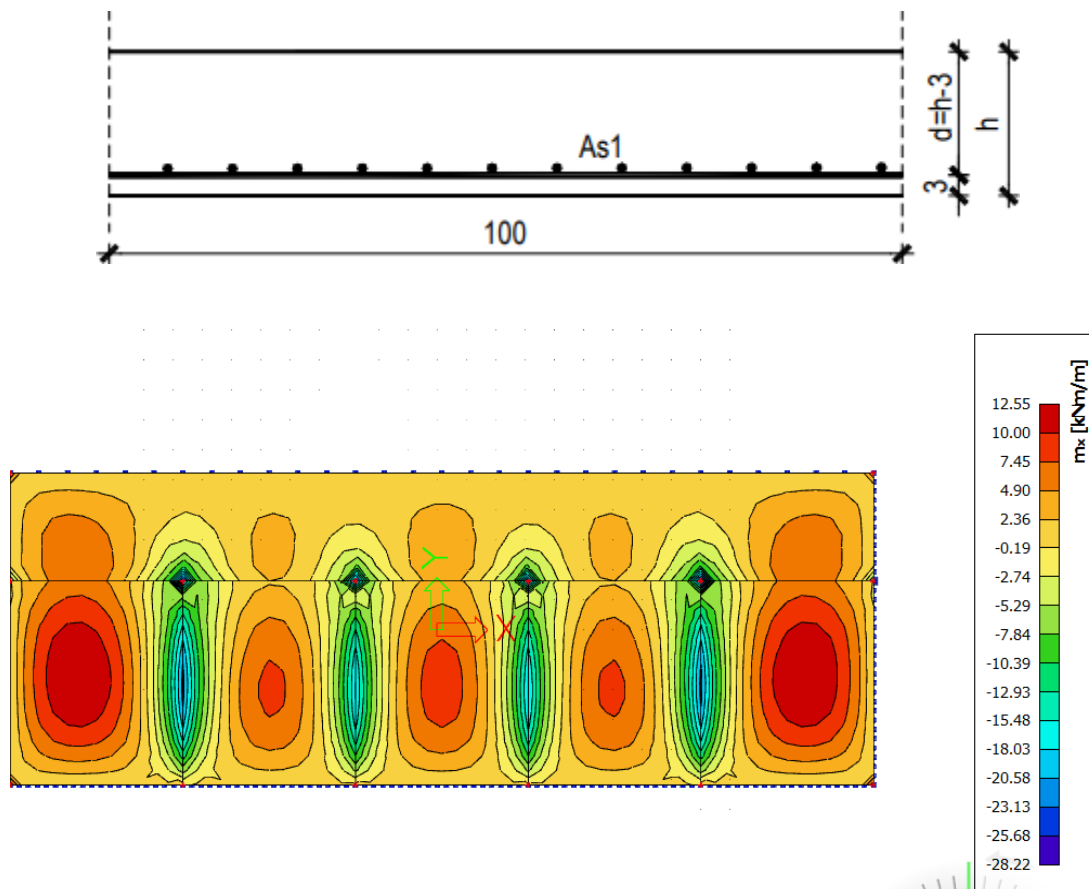
[ $f_{ctm} = 3.2 \text{ N/mm}^2$ ]

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot 3.2/500 \cdot 100 \cdot 14 = \mathbf{2.33 \text{ cm}^2/m}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 14 = 1.82 \text{ cm}^2/m$$

**MJERODAVNA JE VEĆA POVRŠINA !**

# 1) POLJE-KOJE NOSI U 2 SMJERA



$$M_{ed} = 12.55 \text{ kNm}$$

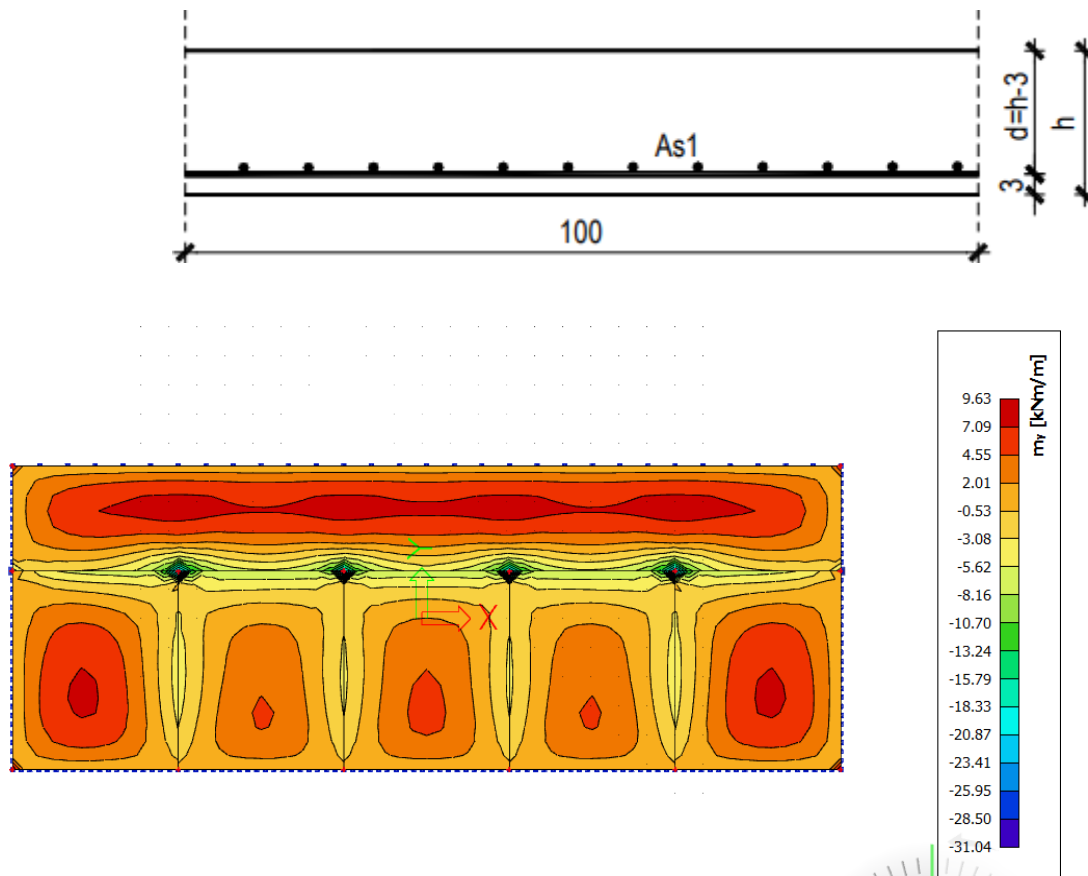
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{1255}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.009$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.5 \text{ ‰} \quad \xi = 0.984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{1255}{0.984 \times 14 \times 43.48} = 2.1 \text{ cm}^2$$

MREŽA Q-257  $A_{s1} = 2.57 \text{ cm}^2$

## 2) POLJE-KOJI NOSI U JEDNOM SMJERU



$$M_{ed} = 9.63 \text{ kNm}$$

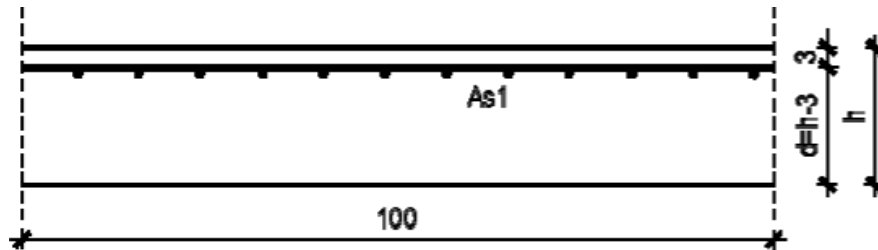
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{963}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.008$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.5 \text{ ‰} \quad \xi = 0.984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{963}{0.984 \times 14 \times 43.48} = 1.61 \text{ cm}^2$$

$$\text{MREŽA R-257 } A_{s1}=2.57 \text{ cm}^2 \quad A_{s2}=0.78 \text{ cm}^2$$

### 3)LEŽAJ-X SMJER



$$M_{ed} = 28.22 \text{ kNm}$$

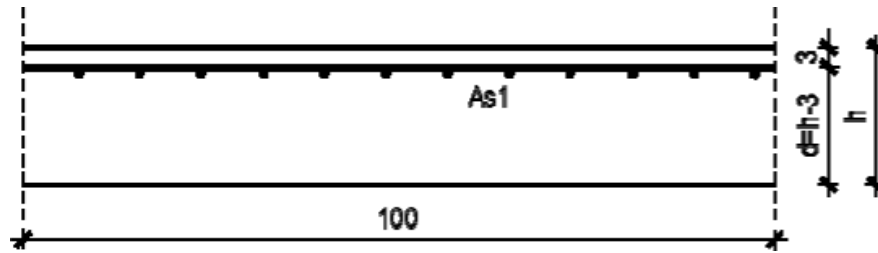
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{2822}{30 \times 14^2 \times 233} = 0.02$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.8 \text{ ‰} \quad \xi = 0.977$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{2822}{0.977 \times 14 \times 43.48} = 4.75 \text{ cm}^2$$

MREŽA R-503  $As1=5.03 \text{ cm}^2$   $As2=1.13 \text{ cm}^2$

4) LEŽAJ-Y SMJER



$$M_{ed} = 31.04 \text{ kNm}$$

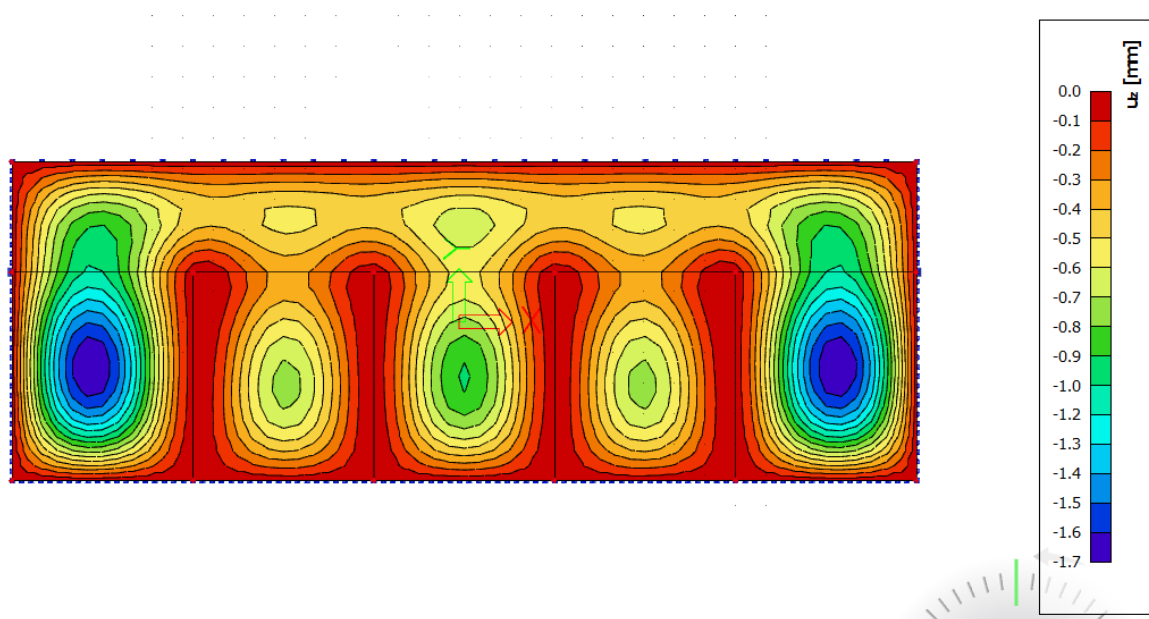
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{3104}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.023$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.8 \text{ ‰} \quad \xi = 0.974$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{3104}{0.974 \times 14 \times 43.48} = 5.24 \text{ cm}^2$$

MREŽA R-524  $A_{s1}=5.24 \text{ cm}^2$   $A_{s2}=1.13 \text{ cm}^2$

## 5) KONTROLA PROGIBA



### • KONTROLA PROGIBA (GSU)

Maksimalni očitani linearni progib iznosi 1.7 mm.

Nelinearni dugotrajni progib se procenjuje 2.5 veći:

$$v = 2.5 \cdot 0.17 \approx 0.43 \text{ cm}$$

Maksimalni dozvoljeni progib:

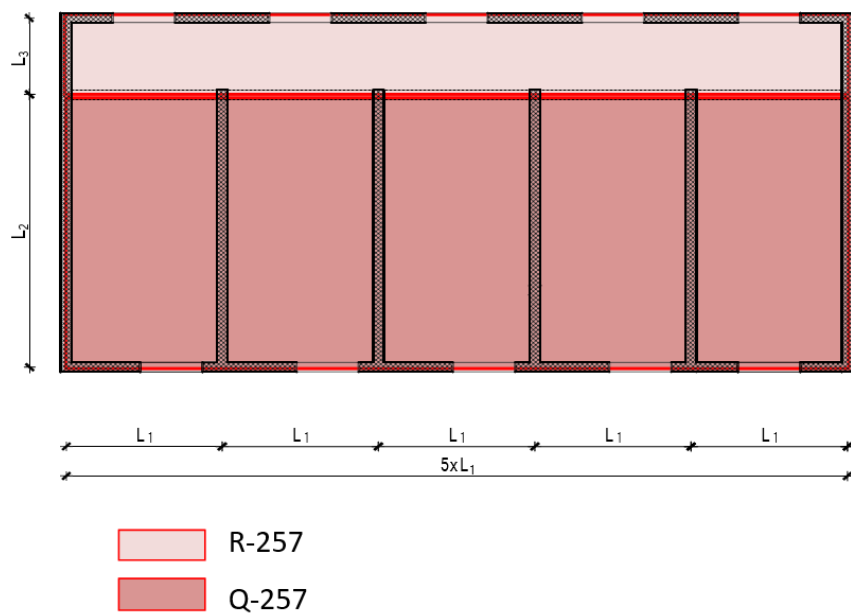
$$v_{\max} = \frac{L_1}{300} = \frac{590}{300} = 1,97$$

$$v < v_{\max}$$

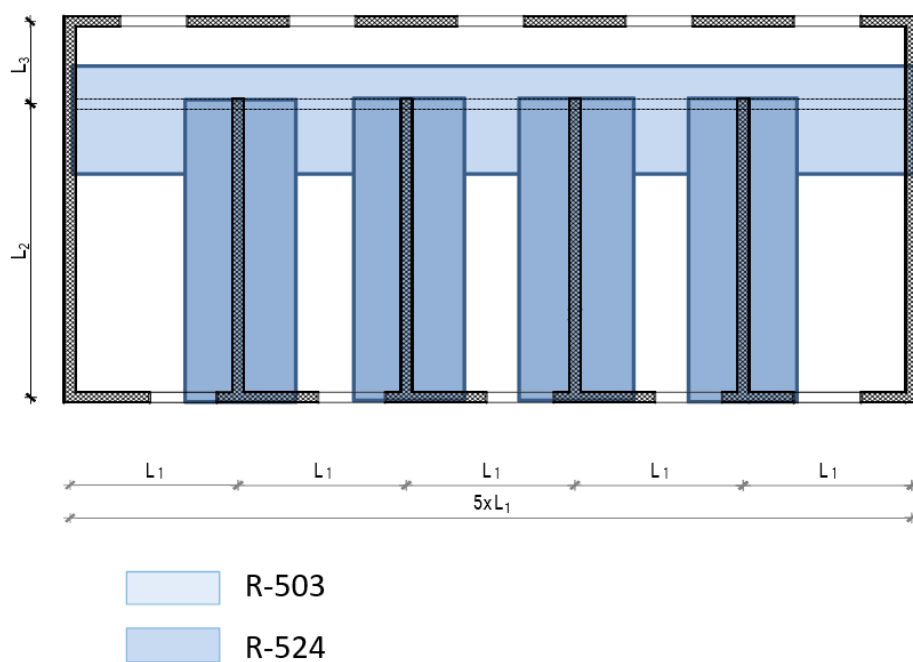
→ Progibi zadovoljavaju!

#### 4.4 Skice armature poz 500

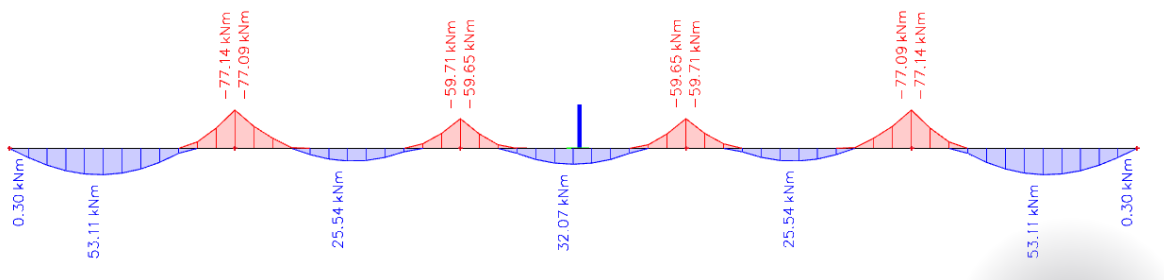
SKICA ARMATURE POZ 500- polje



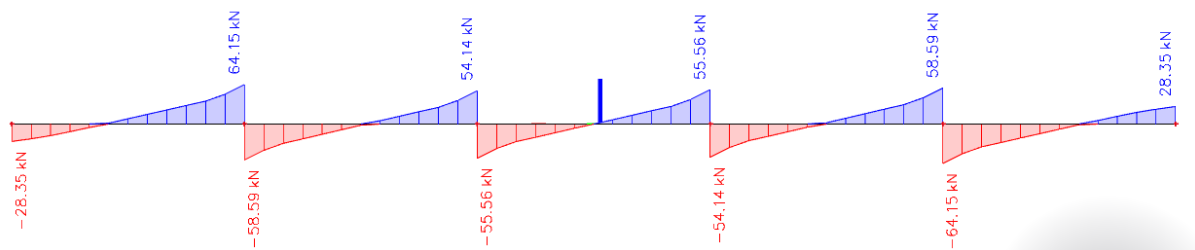
SKICA ARMATURE POZ 500 - ležaj



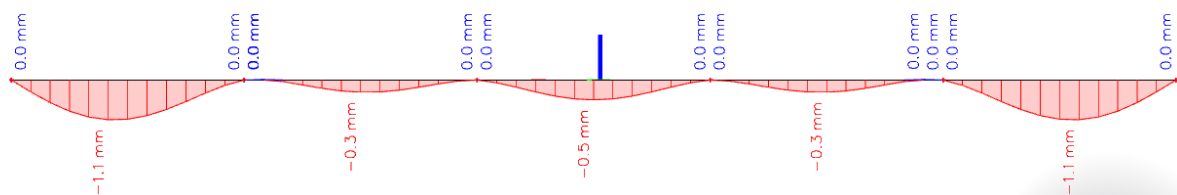
### My dijagram KGS1 kombinacija



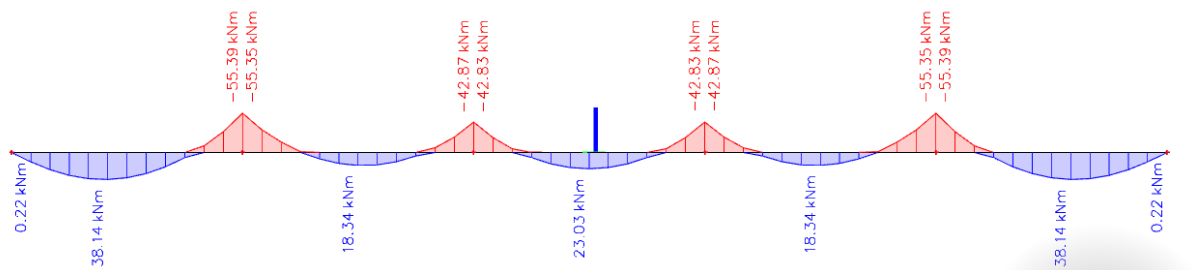
### Vz dijagram KGS1 kombinacija



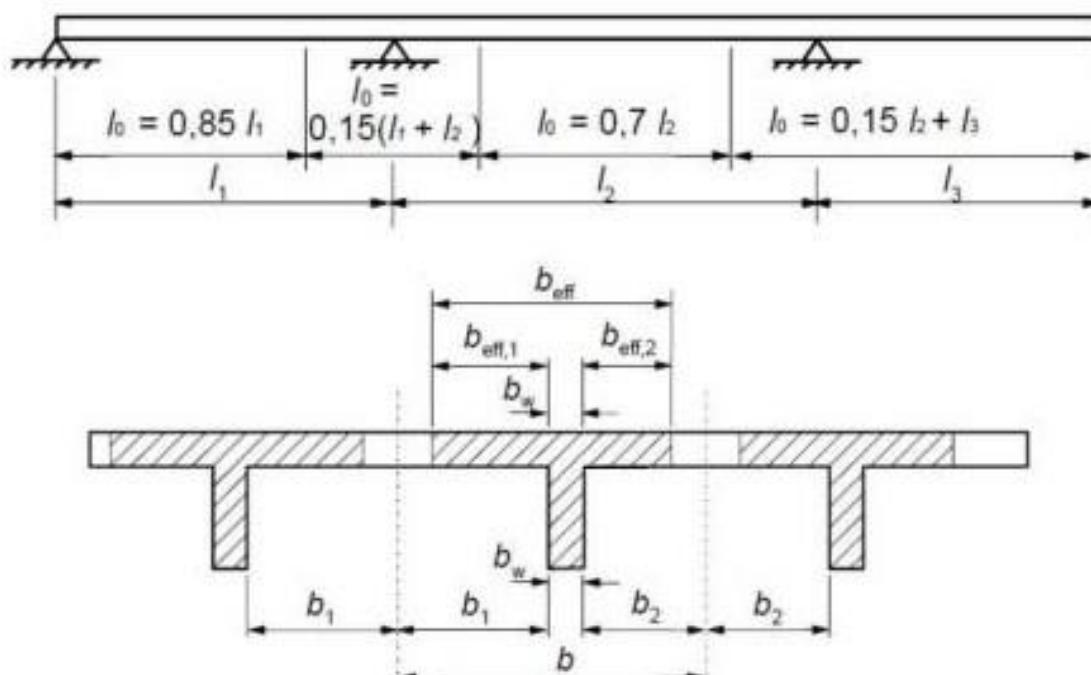
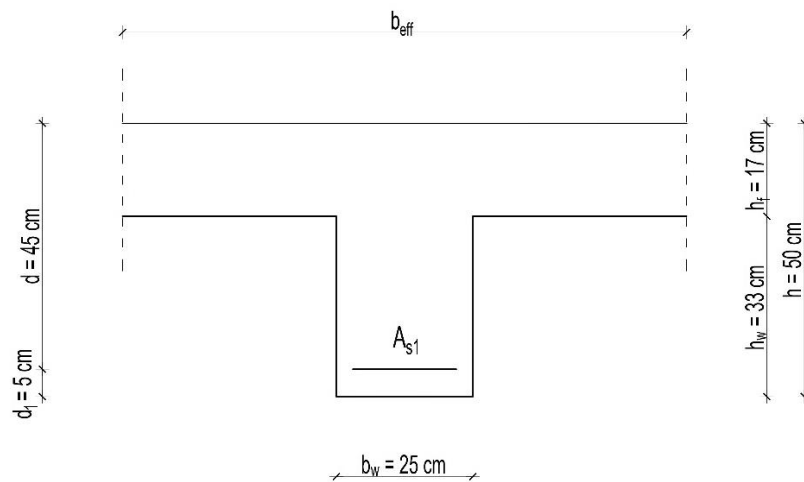
### Uz dijagram GSU1 opterećenje



### My opterećenje GSU1 opterećenje



#### 4.5 Dimenzioniranje poz 500



$$b_{eff} = \Sigma b_{eff} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 \cdot l_0 \leq b_i$$

**Polje 1:**  $b_{eff} = b_w + 0,85 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,85 \cdot 5,9/5 = 1,30 \text{ m}$

**Polje 2 i 3:**  $b_{eff} = b_w + 0,70 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,70 \cdot 5,9/5 = 1,13 \text{ m}$

### **polje 1**

$$beff = 30 + 0.85 \times \frac{590}{5} = 130 \text{ cm} \quad M_{ed} = 53.11 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{beff \times d^2 \times f_{cd}} = 0.009 \approx 0.011$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.5 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.984 \quad \zeta = 0.048 \quad x = \xi \cdot d = 44.28 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 2.16 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 2.76 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 4\emptyset 12 \quad A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$$

### **polje 3**

$$beff = 30 + 0.7 \times \frac{590}{5} = 113 \text{ cm} \quad M_{ed} = 32.07 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{beff \times d^2 \times f_{cd}} = 0.006 \approx 0.007$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.4 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.987 \quad \zeta = 0.038 \quad x = \xi \cdot d = 44.42 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 1.71 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 1.66 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 3\emptyset 12 \quad A_{s1} = 3.39 \text{ cm}^2$$

### **1ežaj 1**

$$M_{ed} = 77.14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{bw \times d^2 \times f_{cd}} = 0.055 \approx 0.056$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 1.3 \text{ ‰} \quad \xi = 0.959 \quad \zeta = 0.115 \quad x = \xi \cdot d = 43.16 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 5.18 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 4.11 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 4\emptyset 12 \quad A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$$

## Ležaj 2

$$M_{ed} = 59.7 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b w \times d^2 \times f_{cd}} = 0.043 \approx 0.043$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 1.1 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.965 \quad \zeta = 0.099 \quad x = \xi \cdot d = 43.43 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 4.46 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 3.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 3\emptyset 12 \quad A_{s1} = 3.39 \text{ cm}^2$$

#### 4.5.1. Dimenzioniranje na poprečne sile

##### Ležaj 0

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 28.35 \text{ kN}$$

##### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0,02 = 4.52/30 \times 45 = 0,0033 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{sl} = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \times 1,67 \times (100 \times 0,0033 \times 35)^{1/3} + 0,15 \times 0,0] \times 300 \times 450 = 61154 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 61.1 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

##### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 28.4 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 28.4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 28.4/811.5 \approx 0.03 \rightarrow V_{Ed} = 0.03 \times V_{Rd,max} < 0.3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0.75 \times d = 0.75 \times 450 = 33.75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona reznost spona: $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \times s_{max} \times b_w}{m} = \frac{0.0011 \times 25 \times 30}{2} = 0.41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0.79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{25} \times (0.9 \times 45) \times 43.48 \times 2 \times 1 = 111.29 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 45.8 \text{ kN}$$

### Ležaj 1

$$V_{Ed} = V_{Ed,1}^L = 64.15 \text{ kN}$$

### Dio poprečne sile koju preuzima beton

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1.67 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.67$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0.02 = 7.91/30 \times 45 = 0.0059 \leq 0.02$$

$$\Sigma A_{sl} = 3.39 + 4.52 = 7.91 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \times 1.67 \times (100 \times 0.0059 \times 35)^{1/3} + 0.15 \times 0.0] \times 300 \times 450 = 74222 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 74.2 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 64.2 \text{ kN}$$

### **Maksimalni razmak spona**

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 64.2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 64.2/811.5 \approx 0,08 \rightarrow V_{Ed} = 0,8 \times V_{Rd,max} < 0,3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \times d = 0,75 \times 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### **Minimalna površina jedne grane spona**

**reznost spona:  $m = 2$**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \times s_{max} \times b_w}{m} = \frac{0,0011 \times 25 \times 30}{2} = 0,41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: **Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )**

### **Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)**

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \times (0,9 \times 45) \times 43,48 \times 2 \times 1 = 111,29 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 64.2 \text{ kN}$$

## Ležaj 2

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 55.56 \text{ kN}$$

### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0,02 = 6.78/30 \times 45 = 0,005 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{sl} = 3.39 + 3.39 = 6.78 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \times 1,67 \times (100 \times 0,005 \times 35)^{1/3} + 0,15 \times 0,0] \times 300 \times 450 = 70239 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 70.2 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 55.6 \text{ kN}$$

### **Maksimalni razmak spona**

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 55.6 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 55.6/811.5 \approx 0.06 \rightarrow V_{Ed} = 0.06 \times V_{Rd,max} < 0.3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min (0.75 \times d = 0.75 \times 450 = 33.75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### **Minimalna površina jedne grane spona**

**reznost spona:  $m = 2$**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} * s_{max} * b_w}{m} = \frac{0.0011 * 25 * 30}{2} = 0.41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: **Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0.79 \text{ cm}^2$ )**

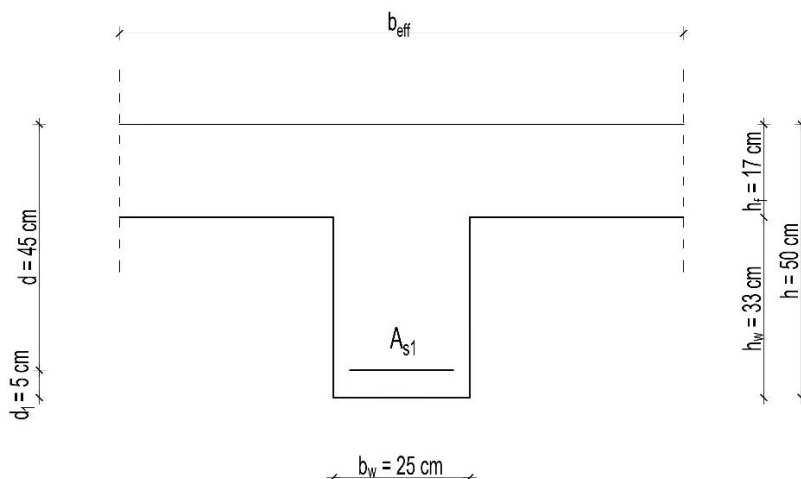
**Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)**

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{25} * (0.9 * 45) * 43.48 * 2 * 1 = 111.29 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 88.63 \text{ kN}$$

#### 4.6. Provjera širine pukotina poz 500

##### 4.6.1. presjek u polju – POZ 504



$$M_{Ed} = 38.14 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = 4 \text{ } \varnothing 14 \text{ (4.52 cm}^2\text{)}$$

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

$$c = d_1 - (14/2) = 50 - (14/2) = 43 \text{ mm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:**

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

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

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t * \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 * \frac{\sigma_s}{E_s}$$

**Položaj neutralne osi:**

$$x = \frac{\alpha_{el} * A_{s1}}{b} * \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} * A_{s1}}} \right) = \frac{5,71 * 4.52}{30} * \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 30 * 45}{5,71 * 4.52}} \right) = 7.98 \text{ cm}$$

**Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:**

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z * A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left( d - \frac{x}{3} \right) * A_s} = \frac{38.14 * 100}{\left( 45 - \frac{7.98}{3} \right) * 4.52} = 19.93 \text{ kN/cm}^2 = 199.3 \text{ MPa}$$

|                                                 |                                       |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| $k_t = 0,4$                                     | → za dugotrajno opterećenje           |
| $E_s = 200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa}$  | → modul elastičnosti armature         |
| $E_{cm} = 35 \text{ GPa} = 34\,000 \text{ MPa}$ | → modul elastičnosti betona (C 40/50) |
| $\alpha_e = E_s/E_{cm} = 200/34 = 5,71$         | → omjer modula elastičnosti           |

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.52}{30 * 7.98} = 0,0189$$

→ koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$A_{c,eff} = 2,5 \times b_w \times d_1$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{199.2 - 0,4 * \frac{3,4}{0,0189} * (1 + 5,71 * 0,0189)}{200000} \geq 0,6 * \frac{195.1}{200000}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0006 \geq 0,00058$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,0006$$

#### Najveći razmak pukotina:

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

|                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| $\emptyset = 14 \text{ mm}$ | → promjer najdeblje šipke        |
| $c = 43 \text{ mm}$         | → zaštitni sloj uzdužne armature |
| $k_1 = 0,8$                 | → rebrasta armatura              |
| $k_2 = 0,5$                 | → savijanje                      |
| $k_3 = 3,4$                 |                                  |
| $k_4 = 0,425$               |                                  |

$$s_{r,max} = 3,4 * 43 + 0,8 * 0,5 * 0,425 * \frac{14}{0,0189} = 272.2 \text{ mm}$$

#### Proračunska (karakteristična) širina pukotine:

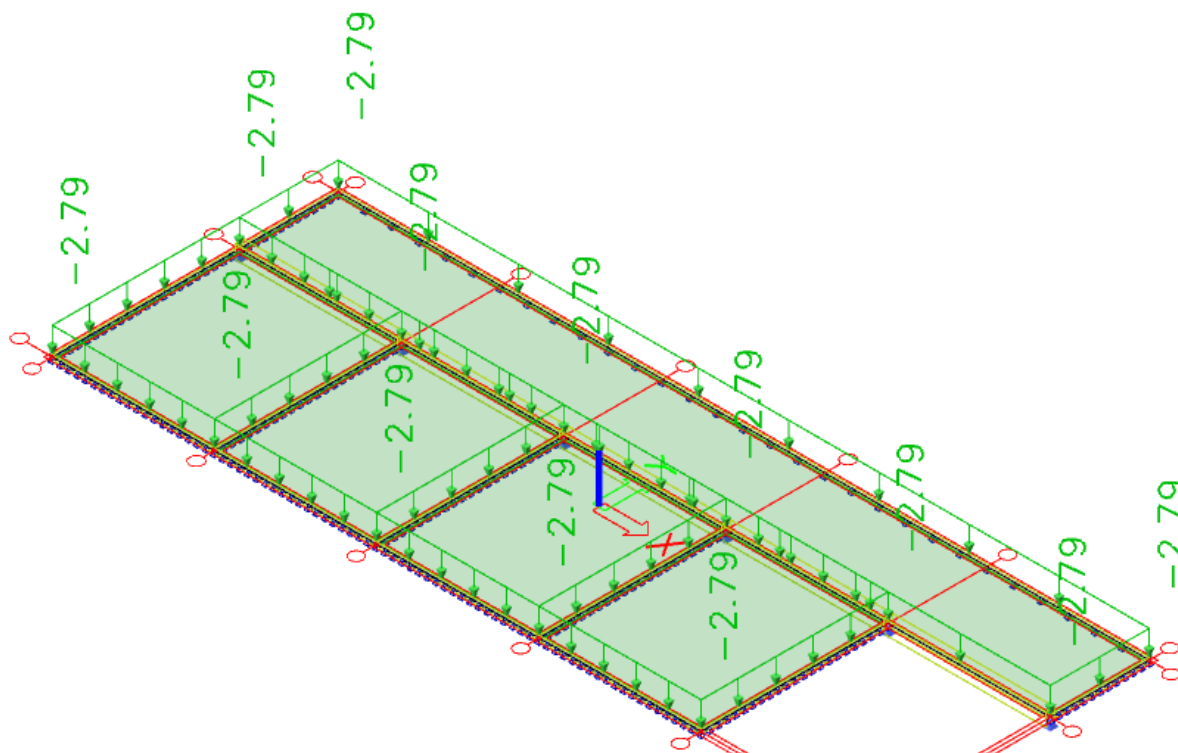
$$w_k = s_{r,max} \times (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 272.2 \times 0,0006 = \mathbf{0,16 \text{ mm}} < w_g = \mathbf{0,30 \text{ mm}}$$

#### 4.6.2. Stalno opterećenje za poziciju 100/200/300/400

|                              | d (m) | g (kN/m <sup>3</sup> ) | d × g |
|------------------------------|-------|------------------------|-------|
| Pregrade                     |       |                        | 1.00  |
| Završna obrada poda – parket | 0.02  | 12.0                   | 0.24  |
| AB estrih                    | 0.05  | 25.0                   | 1.25  |
| Toplinska izolacija          | 0.04  | 5.0                    | 0.20  |
| Hidroizolacija               | 0.005 | 20.0                   | 0.10  |
| AB. ploča                    | 0.17  | 25.0                   | 4.25  |

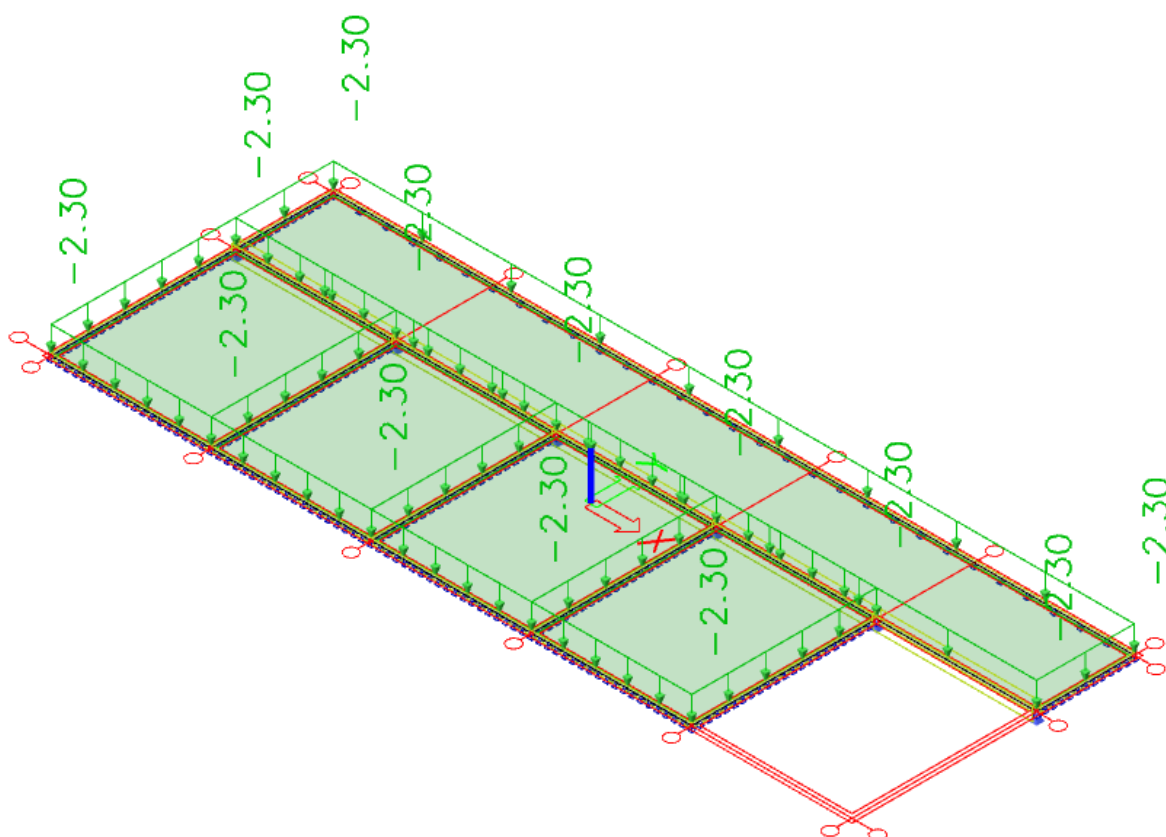
Ukupno stalno opterećenje:  $g_{200} = 7.04 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Zadano  $q_{200} = 2.3 \text{ kN/m}^2$



Prikaz dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta g_{400/300/200/100}$  – pozicija 400

Za pokretno opterećenje međukatnih konstrukcija pozicije 400 uzima se iznos  $q_{400/300/200/100} = 2,30 \text{ (kN/m}^2\text{)}$



iz

*Prikaz pokretnog / korisnog opterećenja  $q_{400/300/200/100}$  – pozicija 400*

### Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot [f_{ct,m} / f_{yk}] \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$b_t$  – širina vlačne zone

$d$  – statička visina presjeka

$f_{yk}$  – karakt. granica popuštanja čelika u  $\text{N/mm}^2$

[ $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  za čelik B 500B]

$f_{ct,m}$  – srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

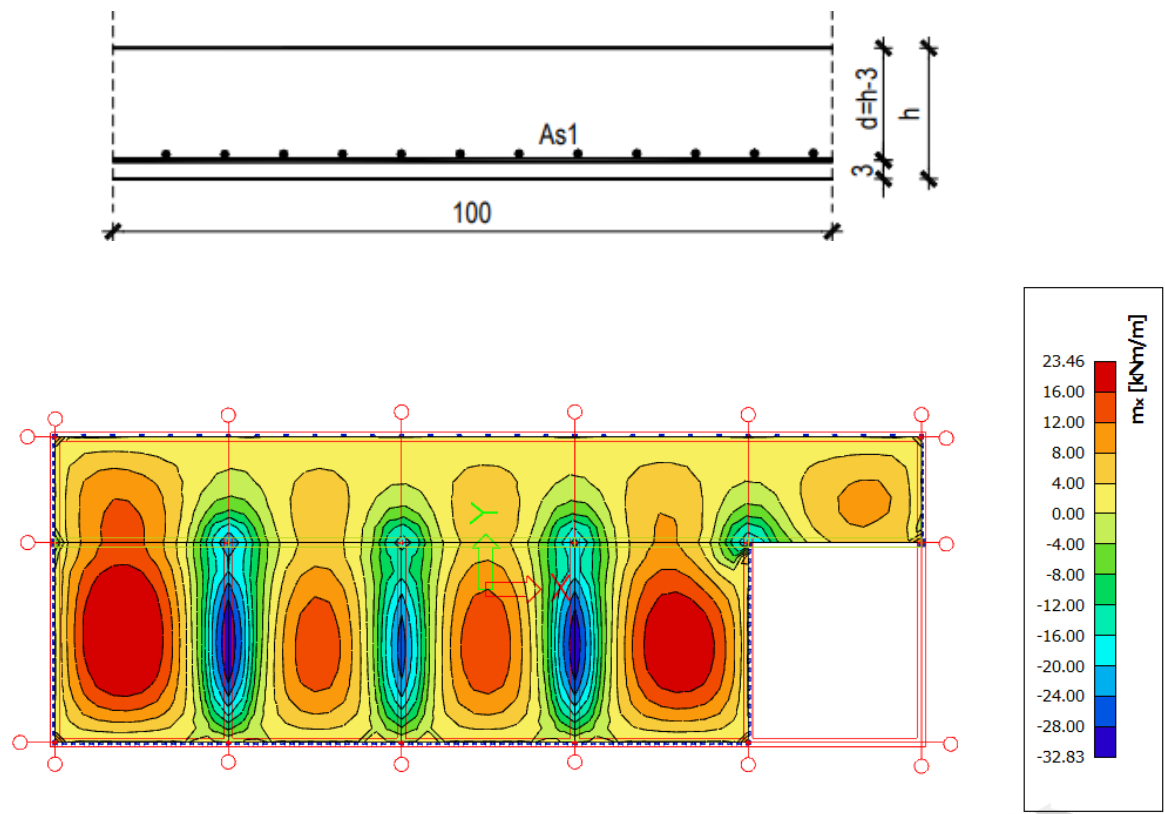
[ $f_{ctm} = 3,2 \text{ N/mm}^2$ ]

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot 3,2/500 \cdot 100 \cdot 14 = 2,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 14 = 1,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**MJERODAVNA JE VEĆA POVRŠINA !**

1) POLJE-KOJE NOSI U 2 SMJERA



$$M_{ed} = 23.46 \text{ kNm}$$

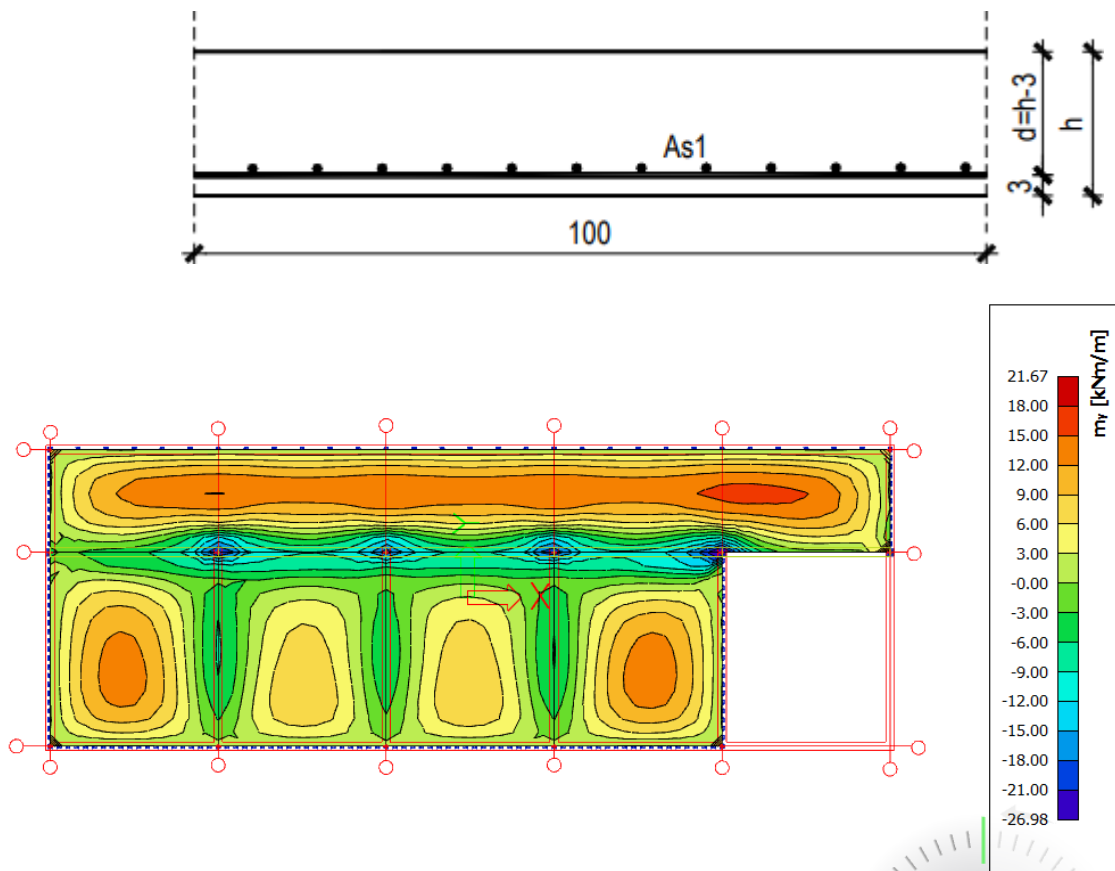
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{2346}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.0171$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.977$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{2346}{0.977 \times 14 \times 43.48} = 3.94 \text{ cm}^2$$

MREŽA Q-424  $A_{s1} = 4.24 \text{ cm}^2$

## 2) POLJE-KOJI NOSI U JEDNOM SMJERU



$$M_{ed} = 21.67 \text{ kNm}$$

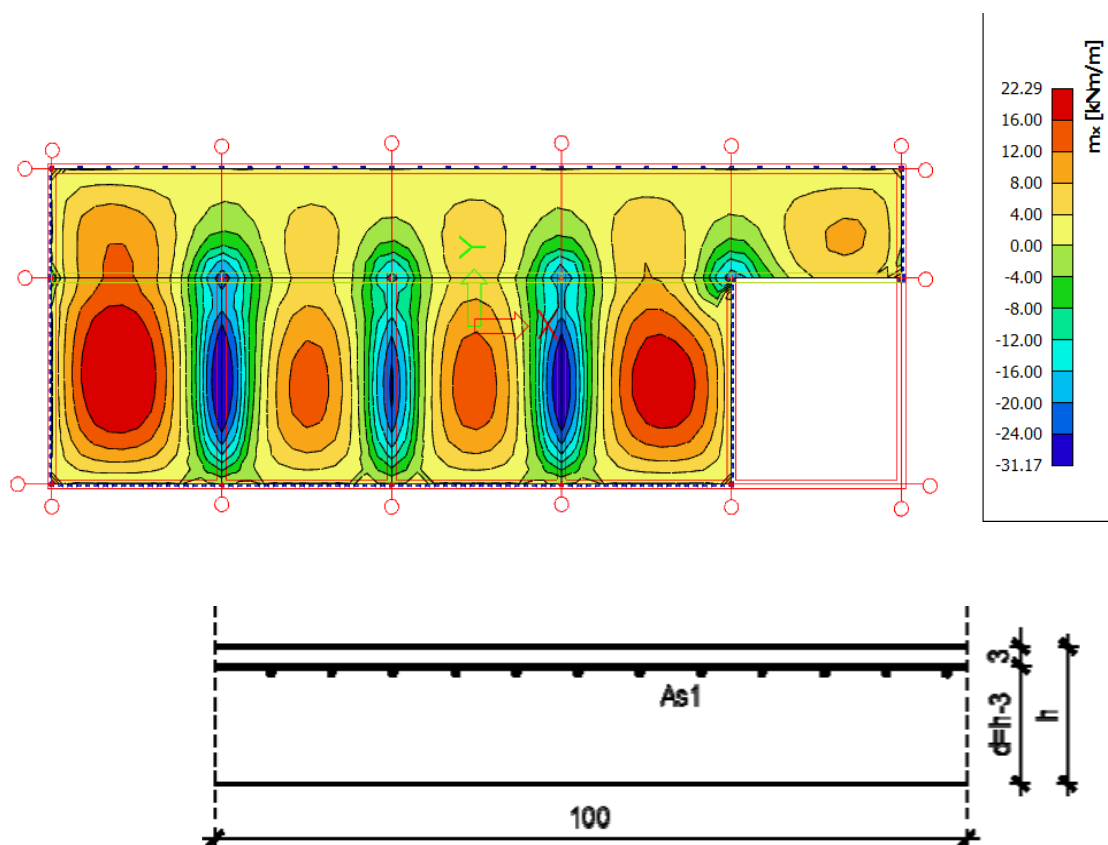
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{2167}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.016$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.977$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{2167}{0.977 \times 14 \times 43.48} = 3.64 \text{ cm}^2$$

MREŽA R-385  $A_{s1}=3.85 \text{ cm}^2$   $A_{s2}=0.78 \text{ cm}^2$

### 3)LEŽAJ-X SMJER



$$M_{ed} = 31.17 \text{ kNm}$$

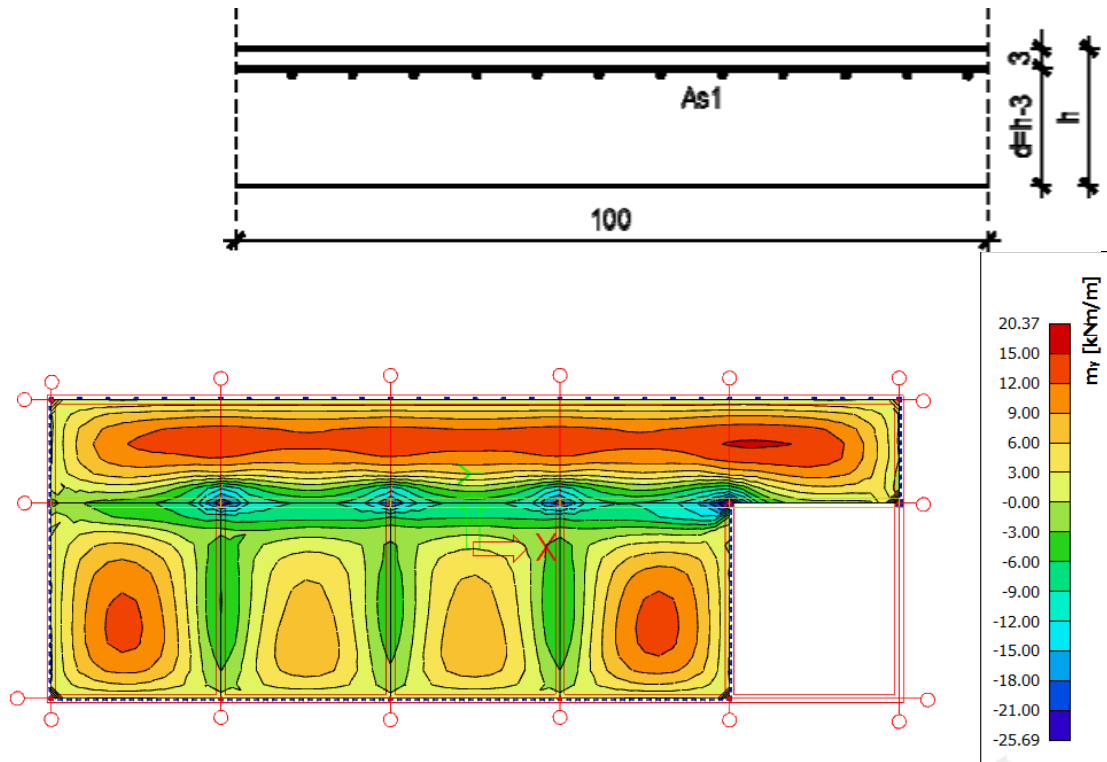
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{3117}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.023$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.8 \text{ ‰} \quad \xi = 0.974$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{3117}{0.977 \times 14 \times 43.48} = 5.25 \text{ cm}^2$$

MREŽA R-636  $A_{s1}=6.36 \text{ cm}^2$   $A_{s2}=1.13 \text{ cm}^2$

#### 4)LEŽAJ-Y SMJER



$$M_{ed} = 25.69 \text{ kNm}$$

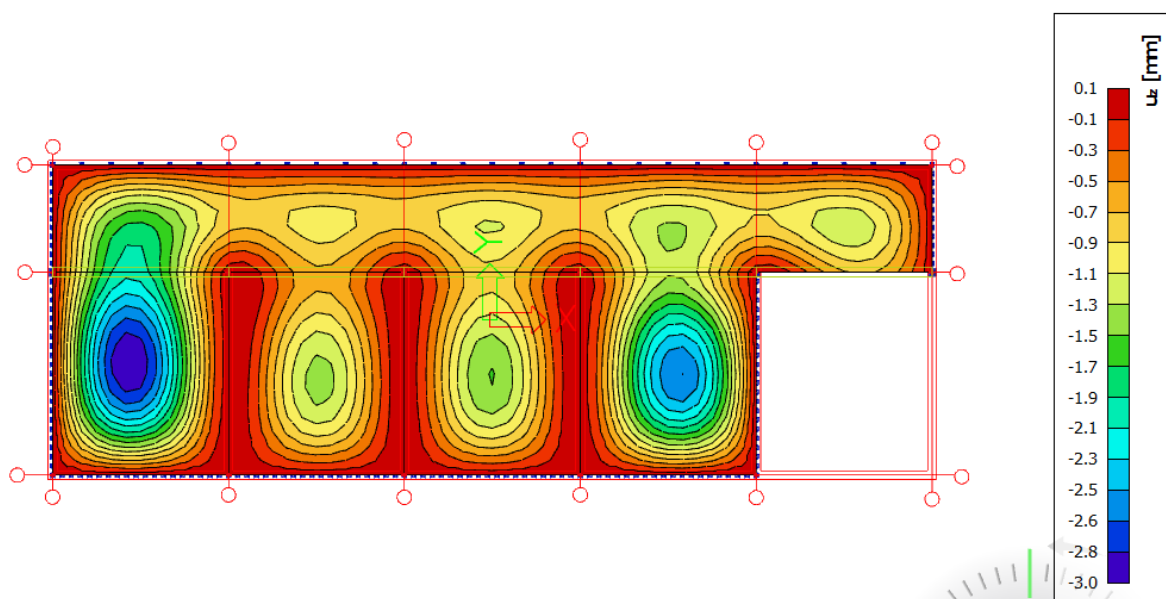
$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{2569}{30 \times 14^2 \times 23.3} = 0.019$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.977$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\xi \times d \times f_{yd}} = \frac{2569}{0.977 \times 14 \times 43.48} = 4.32 \text{ cm}^2$$

MREŽA R-503 As1=5.03 cm<sup>2</sup> As2=1.13 cm<sup>2</sup>

## 5) KONTROLA PROGIBA



- KONTROLA PROGIBA (GSU)

Maksimalni očitani linearni progib iznosi 1.7 mm.

Nelinearni dugotrajni progib se procenjuje 2.5 veći:

$$v = 2.5 \cdot 0.17 \approx 0.43 \text{ cm}$$

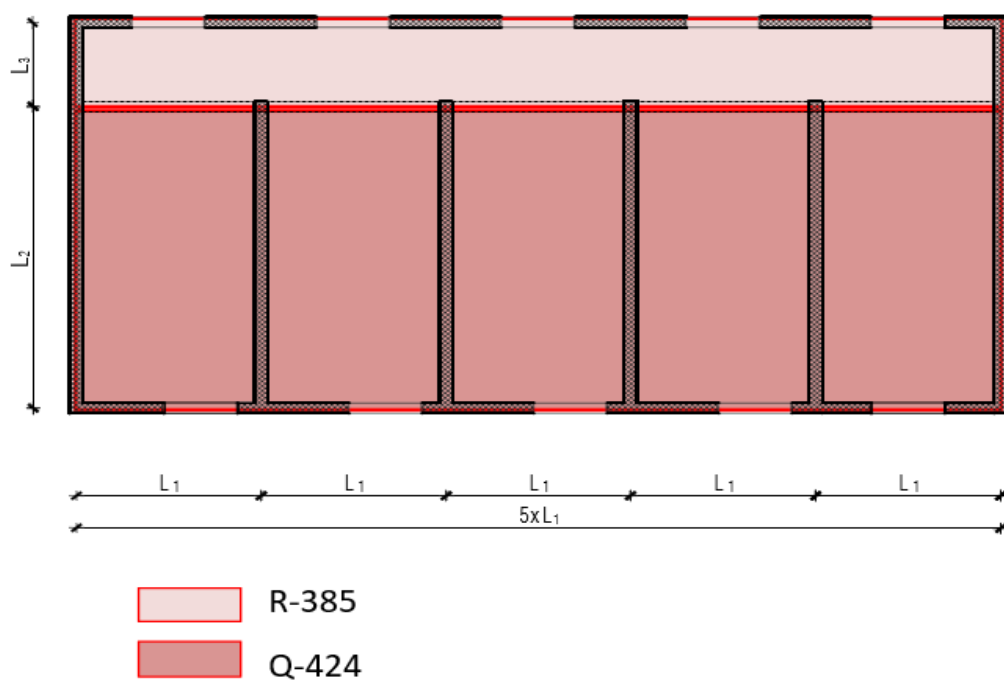
Maksimalni dozvoljeni progib:

$$v_{\max} = \frac{L_1}{300} = \frac{590}{300} = 1,97$$

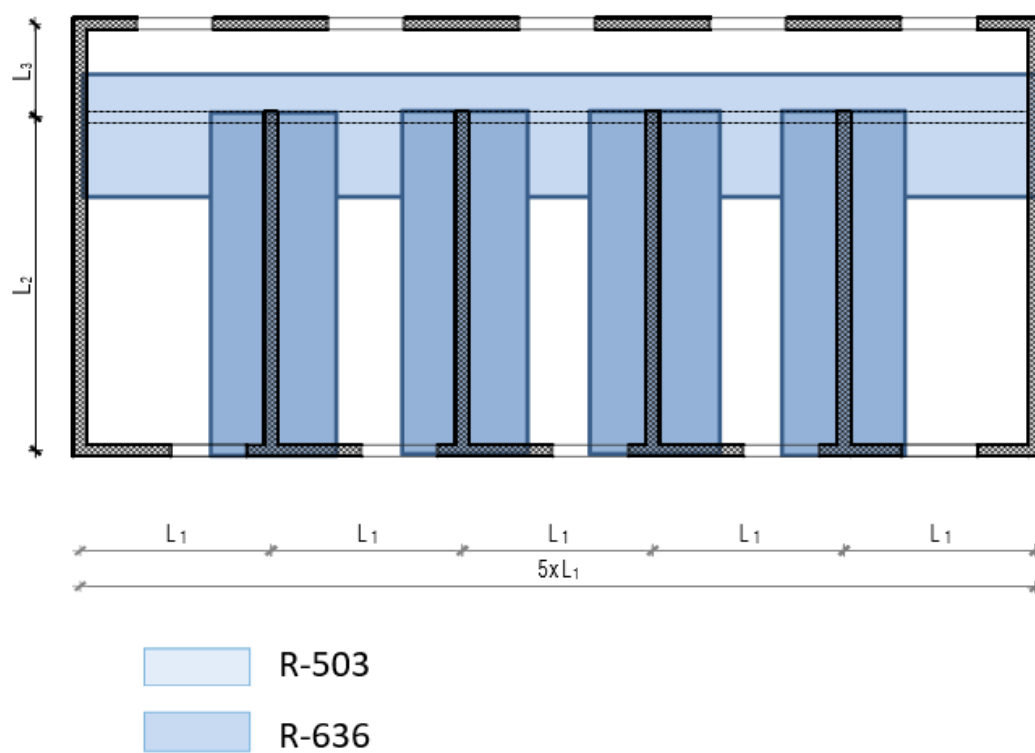
$$v < v_{\max} \rightarrow \text{Progibi zadovoljavaju!}$$

#### 4.7 Skice armature 400

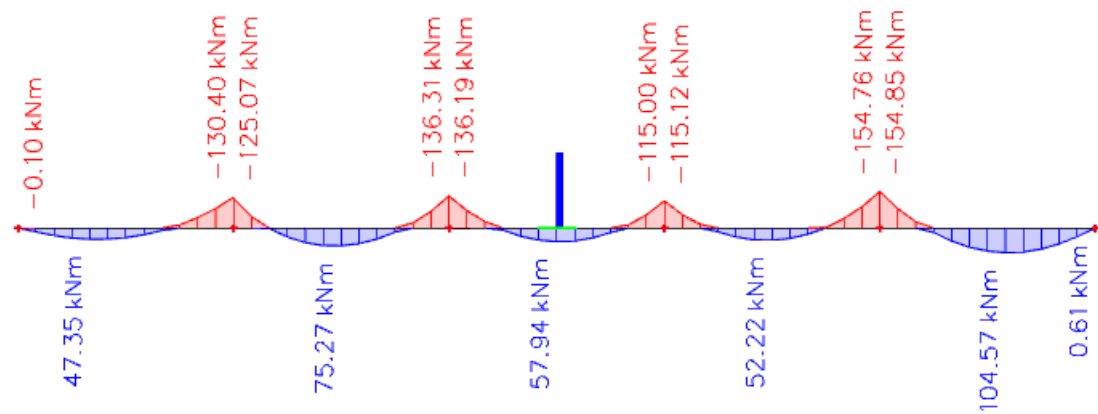
##### polje



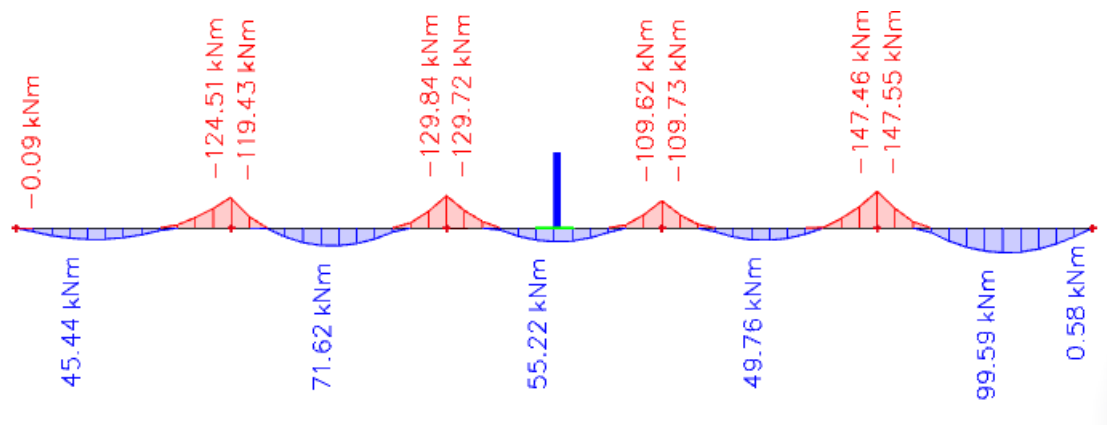
##### ležaj



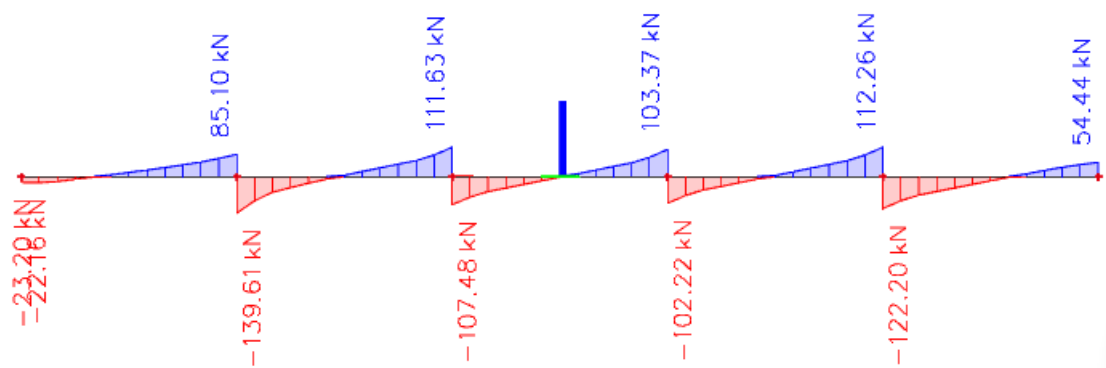
### My diagram KGS1 kombinacija



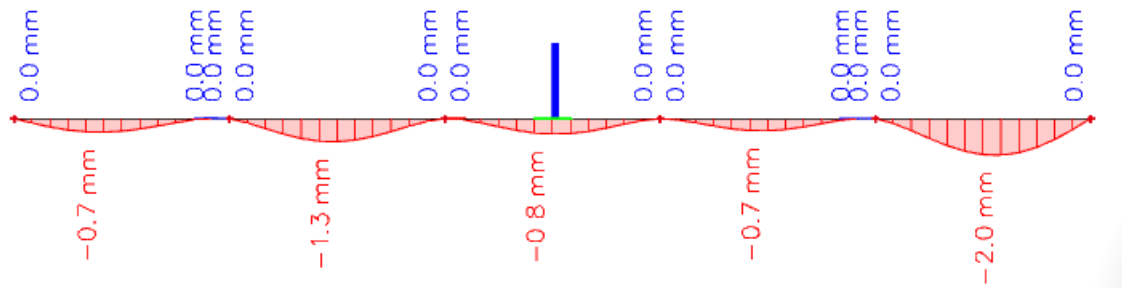
### My diagram KGS2 kombinacija



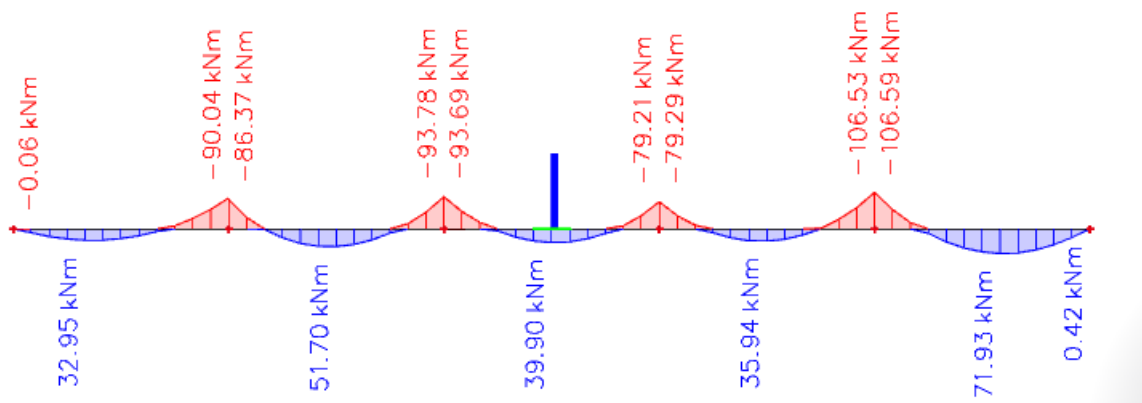
### Vz diagram KGS2 kombinacija



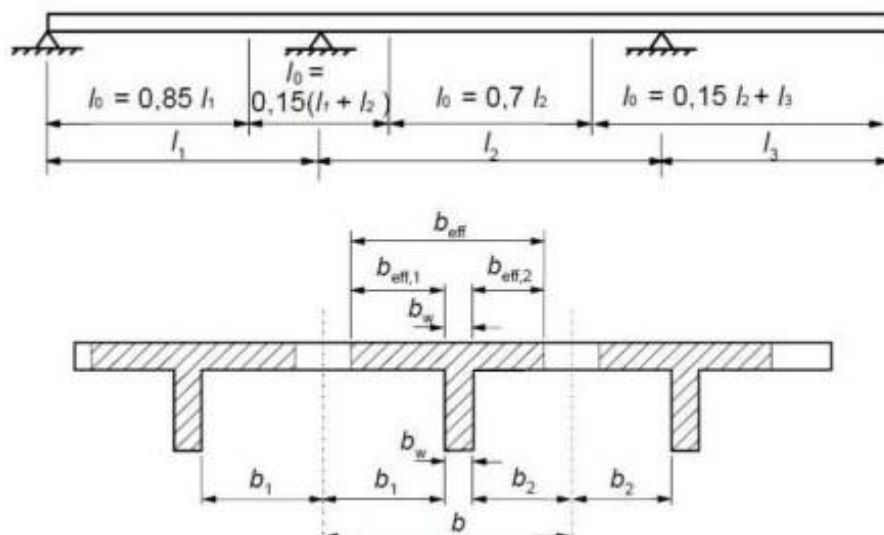
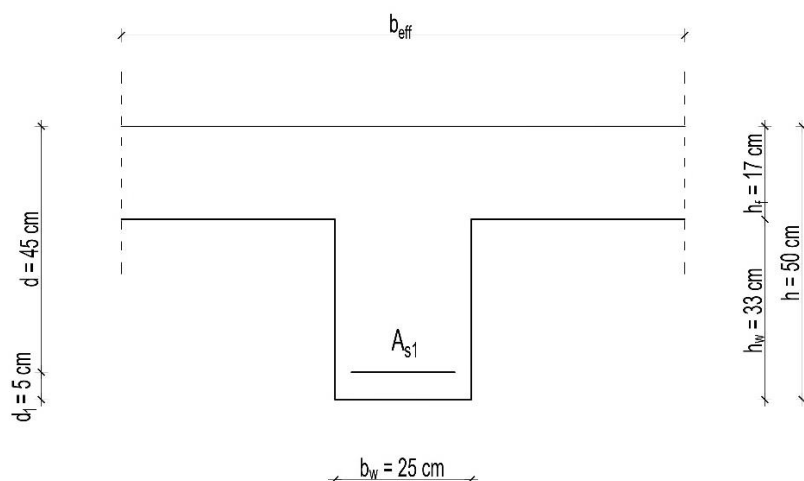
### Uz dijagram GSU1 opterećenje



### My opterećenje GSU1 opterećenje



#### 4.8. Dimenzioniranje poz 400



$$b_{\text{eff}} = \Sigma b_{\text{eff}} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 0,2 \cdot b_i +$$

$$0,1 \cdot 10 \leq 0,2 \cdot 10$$

$$\text{beff} \leq \text{bi}$$

**Polje 1:**  $b_{\text{eff}} = b_w + 0,85 \cdot L_1/5 = 0,30 + 0,85 \cdot 5,9 / 5 = 1,30 \text{ m}$

**Polje 2 i 3:**  $b_{\text{eff}} = b_w + 0,70 \cdot L_{1/5} = 0,30 + 0,70 \cdot 5,9 / 5 = 1,13 \text{ m}$

### **POLJE 1**

$$b_{eff} = 30 + 0.85 \times \frac{590}{5} = 130 \text{ cm}$$

$$M_{ed} = 104.57 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \times d^2 \times f_{cd}} = 0.017 \approx 0.02$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.977 \quad \zeta = 0.065 \quad x = \xi \cdot d = 43.97 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 2.93 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 5.47 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 4\emptyset 14 \quad A_{s1} = 6.16 \text{ cm}^2$$

### **POLJE 2**

$$b_{eff} = 30 + 0.7 \times \frac{590}{5} = 113 \text{ cm} \quad M_{ed} = 75.27 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \times d^2 \times f_{cd}} = 0.014 \approx 0.015$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.981 \quad \zeta = 0.057 \quad x = \xi \cdot d = 44.15 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 2.57 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 3.92 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 3\emptyset 14 \quad A_{s1} = 4.62 \text{ cm}^2$$

### **POLJE 3**

$$b_{eff} = 30 + 0.85 \times \frac{590}{5} = 130 \text{ cm} \quad M_{ed} = 57.94 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \times d^2 \times f_{cd}} = 0.009 \approx 0.011$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 0.5 \text{ ‰} \quad \xi = 0.984 \quad \zeta = 0.048 \quad x = \xi \cdot d = 44.28 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \cdot d = 2.16 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 3.01 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 3\emptyset 14 \quad A_{s1} = 4.62 \text{ cm}^2$$

### **LEŽAJ 1**

$$M_{ed} = 147.55 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b w \times d^2 \times f_{cd}} = 0.105 \approx 0.111$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 2.1 \text{ ‰} \quad \xi = 0.934 \quad \zeta = 0.118 \quad x = \xi \cdot d = 42.03 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 5.31 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 8.07 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 6\emptyset 14 \quad A_{s1} = 9.24 \text{ cm}^2$$

### **LEŽAJ 2**

$$M_{ed} = 129.84 \text{ kNm}$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b w \times d^2 \times f_{cd}} = 0.093 \approx 0.097$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 1.9 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.941 \quad \zeta = 0.104 \quad x = \xi \cdot d = 42.35 \text{ cm} \quad z = \zeta \cdot d = 4.68 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \times d \times \xi} = 7.05 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrano } 5\emptyset 14 \quad A_{s1} = 7.70 \text{ cm}^2$$

#### 4.9 Dimenzioniranje na poprečne sile

##### Ležaj 0

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 54.44 \text{ kN}$$

##### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0,02 = 6.16/30 \times 45 = 0,0091 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{sl} = 6.16 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \times 1,67 \times (100 \times 0,0091 \times 35)^{1/3} + 0,15 \times 0,0] \times 300 \times 450 = 85756 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 85.8 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

##### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 54.4 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 54.4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 54.4/811.5 \approx 0.06 \rightarrow V_{Ed} = 0.06 \times V_{Rd,max} < 0.3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0.75 \times d = 0.75 \times 450 = 33.75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona reznost spona: $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \times s_{max} \times b_w}{m} = \frac{0.0011 \times 25 \times 30}{2} = 0.41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0.79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{25} \times (0.9 \times 45) \times 43.48 \times 2 \times 1 = 111.29 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 54.4 \text{ kN}$$

### Ležaj 1

$$V_{Ed} = V_{Ed,1}^L = 139.61 \text{ kN}$$

### Dio poprečne sile koju preuzima beton

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1.67 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.67$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0.02 = 15.4/30 \times 45 = 0.0114 \leq 0.02$$

$$\Sigma A_{sl} = 6.16 + 9.24 = 15.4 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0.12 \times 1.67 \times (100 \times 0.0114 \times 35)^{1/3} + 0.15 \times 0.0] \times 300 \times 450 = 92446 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 92.4 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 139.61 \text{ kN}$$

### **Maksimalni razmak spona**

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 139.61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 139.61/811.5 \approx 0,17 \rightarrow V_{Ed} = 0,06 \times V_{Rd,max} < 0,3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min (0,75 \times d = 0,75 \times 450 = 33,75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### **Minimalna površina jedne grane spona reznost spona: m = 2**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{\min} \times s_{\max} \times b_w}{m} = \frac{0,0011 \times 25 \times 30}{2} = 0,41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### **Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)**

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{25} \times (0,9 \times 45) \times 43,48 \times 2 \times 1 = 111,29 \text{ kN} < V_{Ed,max} = 139.6 \text{ kN}$$

(nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

### **Potrebni razmak spona**

$$s_{\text{pot}} = \frac{m \times A_{sw} \times f_{ywd} \times z}{V_{Ed}} = \frac{2 \times 0,79 \times 43,48 \times (0,9 \times 45)}{139.6} = 20 \text{ cm}$$

odabrane spona: Ø 10/20 cm ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

## Ležaj 2

$$V_{Ed} = V_{Ed,0} = 111.63 \text{ kN}$$

### **Dio poprečne sile koju preuzima beton**

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0 \quad (N_{Ed} = 0,0)$$

$$\rho_l = \Sigma A_{sl}/b \times d \leq 0,02 = 12.32/30 \times 45 = 0,0091 \leq 0,02$$

$$\Sigma A_{sl} = 4,62 + 7,7 = 12.32 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$d = 450 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \times 1,67 \times (100 \times 0,0091 \times 35)^{1/3} + 0,15 \times 0,0] \times 300 \times 450 = 85756 \text{ N}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,67^{3/2} \times 35^{1/2} = 0,44$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,44 \times 300 \times 450 \geq 59400,0 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 85.7 \text{ kN} \geq 59.4 \text{ kN} \text{ (uvjet zadovoljen)}$$

### **Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala**

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

$$v = 0,6 \times [1,0 - f_{ck}/250] = 0,6 \times [1,0 - 35/250] = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times 0,516 \times 300 \times 450 \times 23.3 = 8115390 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 811.5 \text{ kN} > V_{Ed} = 111.63 \text{ kN}$$

### Maksimalni razmak spona

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 111.63 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 111.63/811.5 \approx 0.137 \rightarrow V_{Ed} = 0.137 \times V_{Rd,max} < 0.3 \times V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0.75 \times d = 0.75 \times 450 = 33.75 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 25 \text{ cm}$$

### Minimalna površina jedne grane spona reznost spona: $m = 2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \times s_{max} \times b_w}{m} = \frac{0.0011 \times 25 \times 30}{2} = 0.41 \text{ cm}^2$$

odabrani profil spona: Ø 10/25 cm ( $A_{sw} = 0.79 \text{ cm}^2$ )

### Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom (Ø 10/25 cm)

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

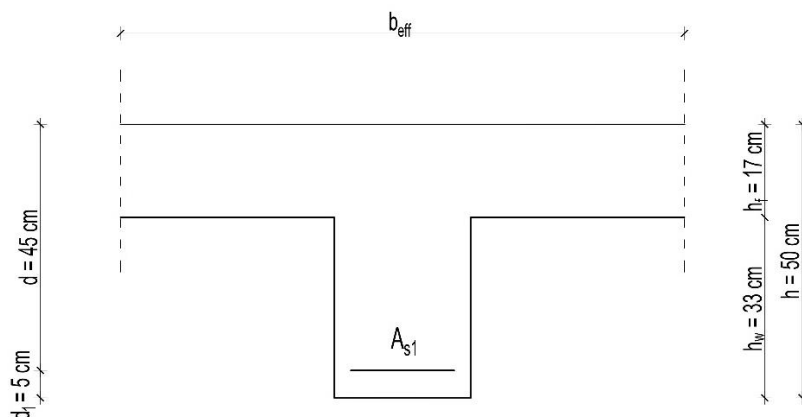
$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{25} \times (0.9 \times 45) \times 43.48 \times 2 \times 1 = 111.29 \text{ kN} < V_{Ed,max} \\ = 111.63 \text{ kN}$$

### Potrebni razmak spona

$$s_{pot} = \frac{m \times A_{sw} \times f_{ywd} \times z}{V_{Ed}} = \frac{2 \times 0.79 \times 43.48 \times (0.9 \times 45)}{111.63} = 24.9 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

odabrane spona: Ø 10/20 cm ( $A_{sw} = 0.79 \text{ cm}^2$ )

#### 4.10 Provjera širina pukotina poz 400



$$M_{Ed} = 71.93 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = 5\emptyset 14 (6.16 \text{ cm}^2)$$

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

$$c = d_1 - (16/2) = 50 - (16/2) = 42 \text{ mm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine određuje se prema izrazu:**

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

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

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t * \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 * \frac{\sigma_s}{E_s}$$

**Položaj neutralne osi:**

$$x = \frac{\alpha_{el} * A_{s1}}{b} * \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} * A_{s1}}} \right) = \frac{5,71 * 6.16}{30} * \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 30 * 45}{5,71 * 6.16}} \right) = 9.17 \text{ cm}$$

**Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:**

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z * A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) * A_s} = \frac{71.93 * 100}{\left(45 - \frac{9.17}{3}\right) * 6.16} = 27.84 \text{ kN/cm}^2 = 278.4 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
k_t &= 0,4 && \rightarrow \text{za dugotrajno opterećenje} \\
E_s &= 200 \text{ GPa} = 200\,000 \text{ MPa} && \rightarrow \text{modul elastičnosti armature} \\
E_{cm} &= 34 \text{ GPa} = 34\,000 \text{ MPa} && \rightarrow \text{modul elastičnosti betona (C 40/50)} \\
\alpha_e &= E_s/E_{cm} = 200/34 = 5,71 && \rightarrow \text{omjer modula elastičnosti}
\end{aligned}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{6.16}{30 * 9.17} = 0,0224$$

→ koef. armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$A_{c,eff} = 2,5 \times b_w \times d_1$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{278.4 - 0,4 * \frac{3,4}{0,0224} * (1 + 5,71 * 0,0224)}{200000} \geq 0,6 * \frac{278.4}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00105 \geq 0,00084$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00105$$

**Najveći razmak pukotina:**

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

$$\begin{aligned}
\varnothing &= 14 \text{ mm} && \rightarrow \text{promjer najdeblje šipke} \\
c &= 43 \text{ mm} && \rightarrow \text{zaštitni sloj uzdužne armature} \\
k_1 &= 0,8 && \rightarrow \text{rebrasta armatura} \\
k_2 &= 0,5 && \rightarrow \text{savijanje} \\
k_3 &= 3,4 \\
k_4 &= 0,425
\end{aligned}$$

$$s_{r,max} = 3,4 * 43 + 0,8 * 0,5 * 0,425 * \frac{16}{0,0224} = 267,6 \text{ mm}$$

**Proračunska (karakteristična) širina pukotine:**

$$w_k = s_{r,max} \times (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 267,6 \times 0,00105 = \mathbf{0,28 \text{ mm}} < w_g = \mathbf{0,30 \text{ mm}}$$

## 5. OPTEREĆENJE POTRESOM ( $S_x, S_y$ )

Potresne sile proračunate su postupkom spektralne analize prema HRN EN 1998 (EN 1998-1:2004/A1:2013 & EN 1998-2:2005+AC:2010+A1:2009+A2:2011). Građevina se nalazi u zoni projektnog ubrzanja tla  $a_g = 0.18g$ , prema važećoj seizmičkoj karti (povratni period 475 godina).

Ukupna masa konstrukcije proračunata je računalnim programom na osnovi zadane stalnog opterećenja i dijela uporabnog opterećenja (30%).

$$W = \Sigma G + \Sigma \varphi \cdot \psi_{2i} \cdot Q_i = 1.0 \times G + (0.5 \times 0.6 \times Q)$$

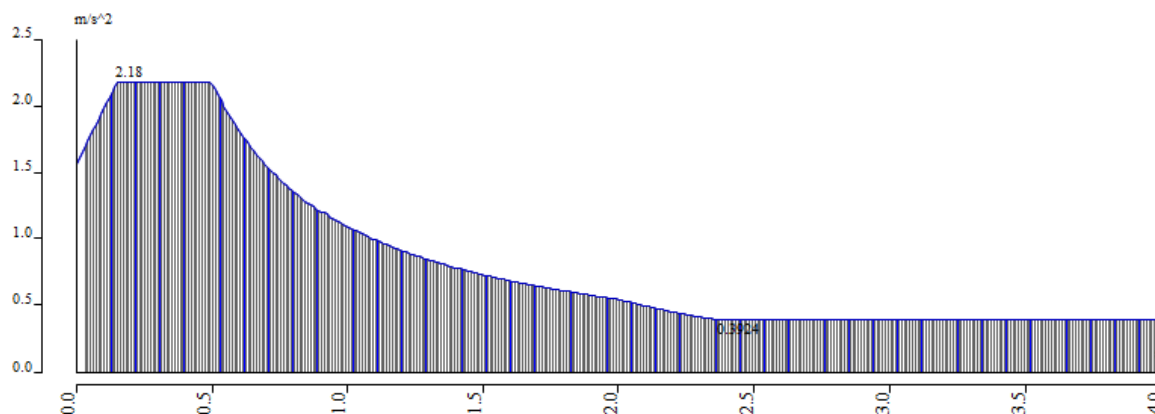
Koeficijenti za proračun ordinata spektra odgovora

Faktor važnosti  $\psi = 1.0$

Faktor ponašanja  $q = q_0 k_w = 3.3 \times 1.0 \times 0.8 = 2.6$

$S = 1.0, \beta_0 = 2.5, T_B = 0.15 \text{ s}, T_C = 0.4 \text{ s}, T_D = 2.0 \text{ s}$

Računsko ubrzanje tla  $a_g = 0.2g$  Kategorija tla A.



*Računski spektar odgovora*

Proračun konstrukcije izvršen je metodom spektra odgovora. Kombinacija modova izračunata prema SRSS metodi.

Tablica: Rezultati modalne analize

Relative modal masses

| Mode | mega [rad/ε] | Period [s] | Freq. [Hz] | W <sub>xi</sub> /W <sub>xtot</sub> | W <sub>yi</sub> /W <sub>y<sub>tot</sub></sub> | W <sub>zi</sub> /W <sub>z<sub>tot</sub></sub> | N <sub>xi_R</sub> /W <sub>xtot_F</sub> | N <sub>yi_R</sub> /W <sub>y<sub>tot</sub>_F</sub> | N <sub>zi_R</sub> /W <sub>z<sub>tot</sub>_F</sub> |
|------|--------------|------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1    | 52.1057      | 0.12       | 8.29       | 0.0000                             | 0.6769                                        | 0.0107                                        | 0.2268                                 | 0.0001                                            | 0.0000                                            |
| 2    | 73.8219      | 0.09       | 11.75      | 0.6238                             | 0.0000                                        | 0.0002                                        | 0.0000                                 | 0.0563                                            | 0.0034                                            |
| 3    | 75.4249      | 0.08       | 12.00      | 0.0008                             | 0.0001                                        | 0.0002                                        | 0.0000                                 | 0.0007                                            | 0.0001                                            |
| 4    | 81.6183      | 0.08       | 12.99      | 0.0204                             | 0.0000                                        | 0.0026                                        | 0.0003                                 | 0.0107                                            | 0.0122                                            |
| 5    | 82.0351      | 0.08       | 13.06      | 0.1560                             | 0.0003                                        | 0.0002                                        | 0.0003                                 | 0.0203                                            | 0.0267                                            |
| 6    | 83.7398      | 0.08       | 13.33      | 0.0003                             | 0.0000                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0000                                            | 0.0000                                            |
| 7    | 87.1926      | 0.07       | 13.88      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0004                                            | 0.0000                                            |
| 8    | 89.9131      | 0.07       | 14.31      | 0.0003                             | 0.0002                                        | 0.0004                                        | 0.0000                                 | 0.0288                                            | 0.0399                                            |
| 9    | 90.1339      | 0.07       | 14.35      | 0.0004                             | 0.0001                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0028                                            | 0.0042                                            |
| 10   | 90.5659      | 0.07       | 14.41      | 0.0002                             | 0.0000                                        | 0.0002                                        | 0.0000                                 | 0.0004                                            | 0.0001                                            |
| 11   | 91.7471      | 0.07       | 14.60      | 0.0004                             | 0.0002                                        | 0.0000                                        | 0.0001                                 | 0.0074                                            | 0.0030                                            |
| 12   | 93.4577      | 0.07       | 14.87      | 0.0004                             | 0.0000                                        | 0.0021                                        | 0.0000                                 | 0.0010                                            | 0.0873                                            |
| 13   | 93.946       | 0.07       | 14.95      | 0.0001                             | 0.0001                                        | 0.0003                                        | 0.0002                                 | 0.0131                                            | 0.4032                                            |
| 14   | 95.862       | 0.07       | 15.26      | 0.0002                             | 0.0000                                        | 0.0033                                        | 0.0000                                 | 0.0013                                            | 0.0362                                            |
| 15   | 96.7742      | 0.06       | 15.40      | 0.0018                             | 0.0147                                        | 0.1680                                        | 0.0031                                 | 0.0088                                            | 0.0089                                            |
| 16   | 97.0165      | 0.06       | 15.44      | 0.0001                             | 0.0001                                        | 0.0049                                        | 0.0000                                 | 0.0023                                            | 0.0335                                            |
| 17   | 99.9799      | 0.06       | 15.91      | 0.0003                             | 0.0001                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0062                                            | 0.0096                                            |
| 18   | 101.367      | 0.06       | 16.13      | 0.0003                             | 0.0004                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0388                                            | 0.0231                                            |
| 19   | 101.782      | 0.06       | 16.20      | 0.0124                             | 0.0024                                        | 0.0142                                        | 0.0001                                 | 0.0088                                            | 0.0322                                            |
| 20   | 102.705      | 0.06       | 16.35      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0074                                            | 0.0052                                            |
| 21   | 104.03       | 0.06       | 16.56      | 0.0002                             | 0.0001                                        | 0.0001                                        | 0.0001                                 | 0.0223                                            | 0.0069                                            |
| 22   | 105.674      | 0.06       | 16.82      | 0.0006                             | 0.0070                                        | 0.1128                                        | 0.0011                                 | 0.0024                                            | 0.0030                                            |
| 23   | 107.144      | 0.06       | 17.05      | 0.0000                             | 0.0008                                        | 0.0066                                        | 0.0002                                 | 0.0023                                            | 0.0001                                            |
| 24   | 108.811      | 0.06       | 17.32      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0055                                        | 0.0003                                 | 0.0006                                            | 0.0000                                            |
| 25   | 109.376      | 0.06       | 17.41      | 0.0001                             | 0.0001                                        | 0.0021                                        | 0.0008                                 | 0.0069                                            | 0.0001                                            |
| 26   | 109.717      | 0.06       | 17.46      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0004                                        | 0.0000                                 | 0.0041                                            | 0.0000                                            |
| 27   | 109.933      | 0.06       | 17.50      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0273                                        | 0.0039                                 | 0.0005                                            | 0.0000                                            |
| 28   | 113.397      | 0.06       | 18.05      | 0.0001                             | 0.0006                                        | 0.0064                                        | 0.0012                                 | 0.0066                                            | 0.0001                                            |
| 29   | 116.908      | 0.05       | 18.61      | 0.0000                             | 0.0002                                        | 0.0003                                        | 0.0004                                 | 0.0004                                            | 0.0003                                            |
| 30   | 117.666      | 0.05       | 18.73      | 0.0004                             | 0.0030                                        | 0.0057                                        | 0.0062                                 | 0.0089                                            | 0.0063                                            |
| 31   | 119.315      | 0.05       | 18.99      | 0.0000                             | 0.0008                                        | 0.0013                                        | 0.0017                                 | 0.0000                                            | 0.0011                                            |
| 32   | 119.395      | 0.05       | 19.00      | 0.0000                             | 0.0114                                        | 0.0088                                        | 0.0271                                 | 0.0009                                            | 0.0034                                            |
| 33   | 121.106      | 0.05       | 19.27      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0000                                        | 0.0001                                 | 0.0001                                            | 0.0001                                            |
| 34   | 121.373      | 0.05       | 19.32      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0000                                        | 0.0001                                 | 0.0000                                            | 0.0001                                            |
| 35   | 122.592      | 0.05       | 19.51      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0014                                        | 0.0003                                 | 0.0029                                            | 0.0000                                            |
| 36   | 123.597      | 0.05       | 19.67      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0001                                        | 0.0003                                 | 0.0003                                            | 0.0000                                            |
| 37   | 125.639      | 0.05       | 20.00      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0000                                        | 0.0000                                 | 0.0001                                            | 0.0000                                            |
| 38   | 126.744      | 0.05       | 20.17      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0021                                        | 0.0012                                 | 0.0040                                            | 0.0000                                            |
| 39   | 127.554      | 0.05       | 20.30      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0000                                        | 0.0002                                 | 0.0000                                            | 0.0002                                            |
| 40   | 127.818      | 0.05       | 20.34      | 0.0000                             | 0.0031                                        | 0.0002                                        | 0.0061                                 | 0.0006                                            | 0.0027                                            |
| 41   | 130.532      | 0.05       | 20.77      | 0.0000                             | 0.0001                                        | 0.0005                                        | 0.0002                                 | 0.0005                                            | 0.0003                                            |
| 42   | 132.018      | 0.05       | 21.01      | 0.0001                             | 0.0009                                        | 0.0002                                        | 0.0029                                 | 0.0016                                            | 0.0000                                            |
| 43   | 132.574      | 0.05       | 21.10      | 0.0000                             | 0.0000                                        | 0.0008                                        | 0.0000                                 | 0.0010                                            | 0.0000                                            |
| 44   | 133.642      | 0.05       | 21.27      | 0.0000                             | 0.0002                                        | 0.0022                                        | 0.0009                                 | 0.0012                                            | 0.0000                                            |
| 45   | 133.709      | 0.05       | 21.28      | 0.0000                             | 0.0012                                        | 0.0054                                        | 0.0020                                 | 0.0000                                            | 0.0015                                            |
| 46   | 134.78       | 0.05       | 21.45      | 0.0000                             | 0.0077                                        | 0.0063                                        | 0.0227                                 | 0.0000                                            | 0.0023                                            |
| 47   | 136.355      | 0.05       | 21.70      | 0.0004                             | 0.0000                                        | 0.0010                                        | 0.0001                                 | 0.0278                                            | 0.0070                                            |
| 48   | 137.347      | 0.05       | 21.86      | 0.0000                             | 0.0108                                        | 0.0392                                        | 0.0342                                 | 0.0031                                            | 0.0000                                            |
| 49   | 138.445      | 0.05       | 22.03      | 0.0004                             | 0.0003                                        | 0.0009                                        | 0.0005                                 | 0.0175                                            | 0.0050                                            |
| 50   | 140.239      | 0.04       | 22.32      | 0.0001                             | 0.0001                                        | 0.0001                                        | 0.0010                                 | 0.0263                                            | 0.0025                                            |
|      |              |            |            | 0.8211                             | 0.7443                                        | 0.4453                                        | 0.3466                                 | 0.3584                                            | 0.7716                                            |

Obzirom da zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi cca 80 % ukupne mase konstrukcije u kombinacijama koje uključuju djelovanje potresa, djelovanja  $S_x$  i  $S_y$  će se množiti korekcijskim koeficijentima  $k_x$  i  $k_y$ :

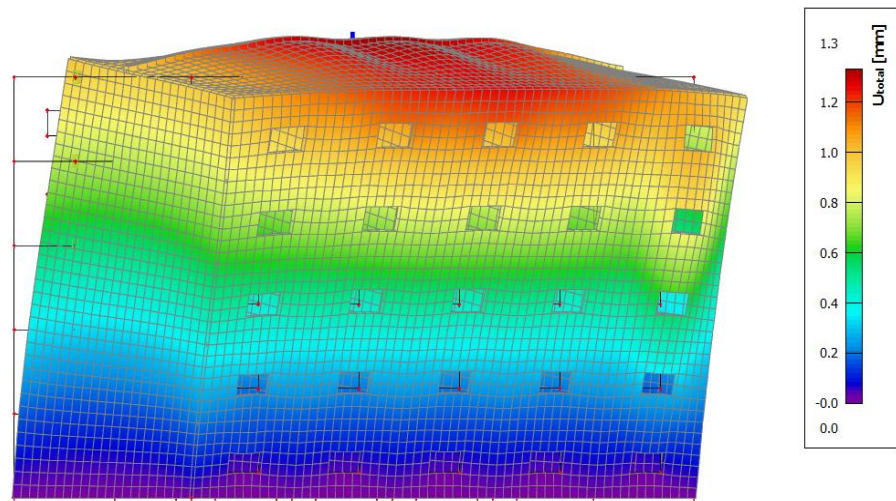
$$k_x = 1.000/0.80 = 1.25$$

$$k_y = 1.000/0.80 = 1.25$$

## Mod 1 – ukupni pomak :

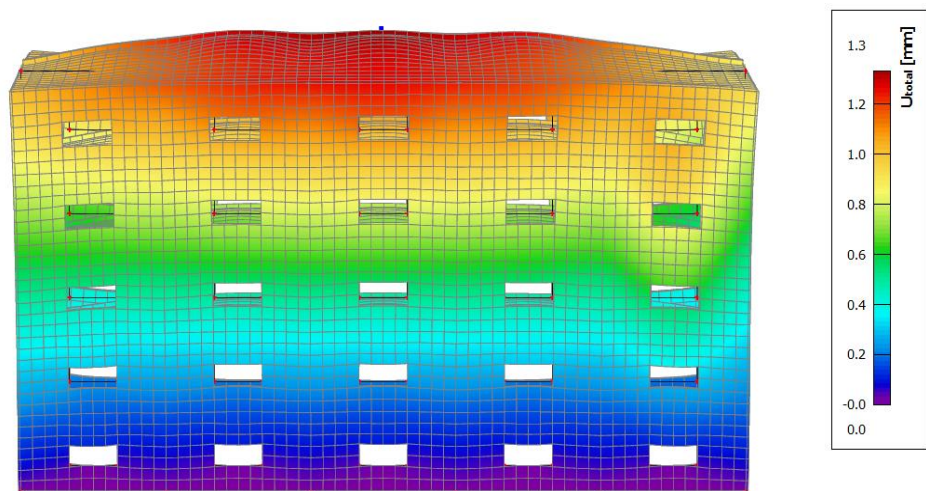
### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/1 - 8.29  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/1 - 8.29  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

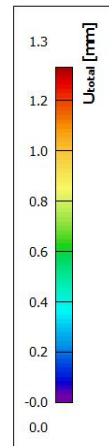
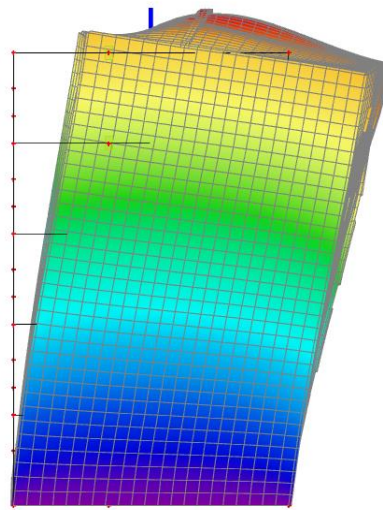
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/1 - 8.29

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



Mod 2 – ukupni pomak :

### 3D displacement

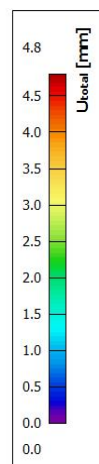
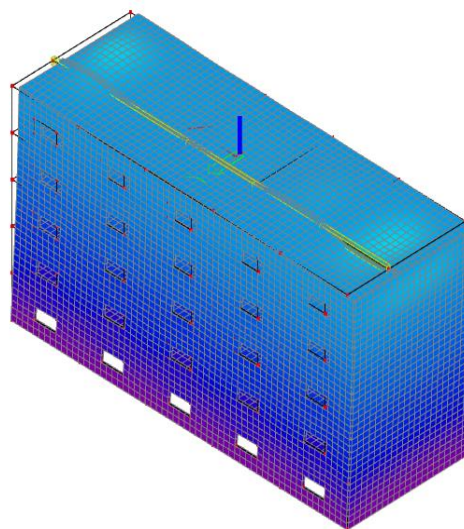
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/2 - 11.75

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

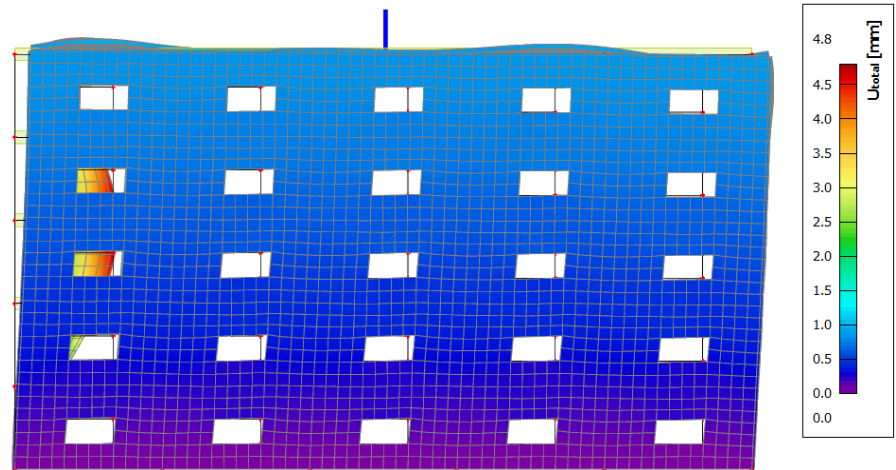
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/2 - 11.75

Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

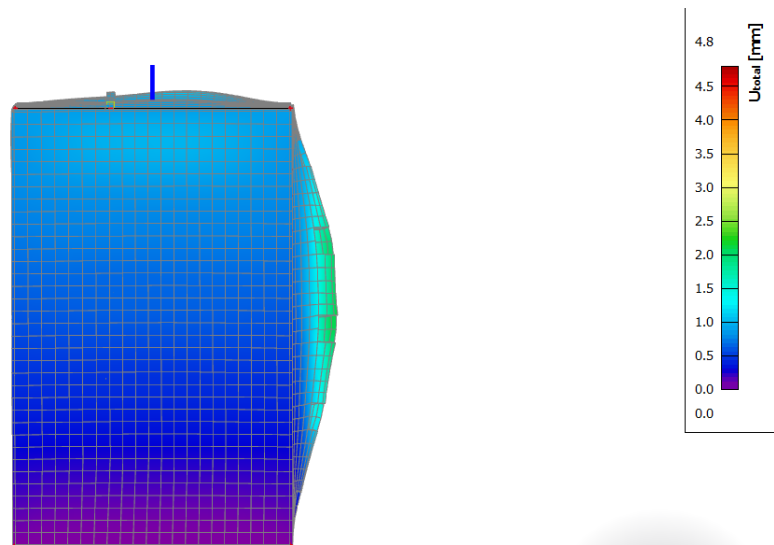
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/2 - 11.75

Selection: All

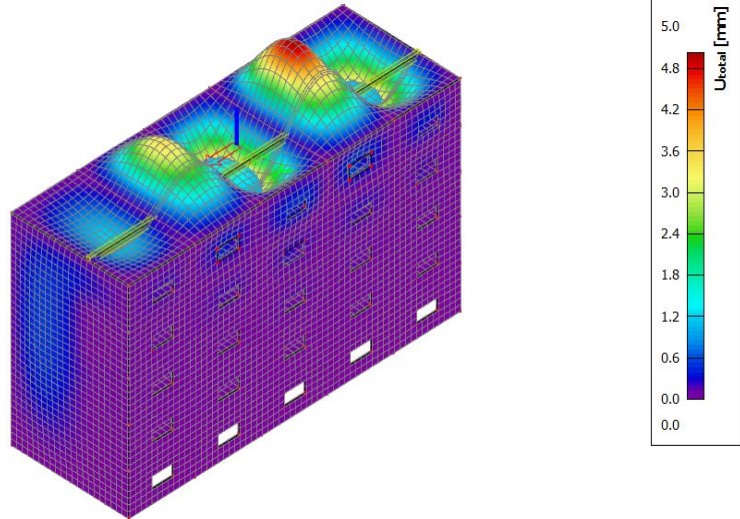
Location: In nodes avg.. System: Global



## Mod 3 – ukupni pomak :

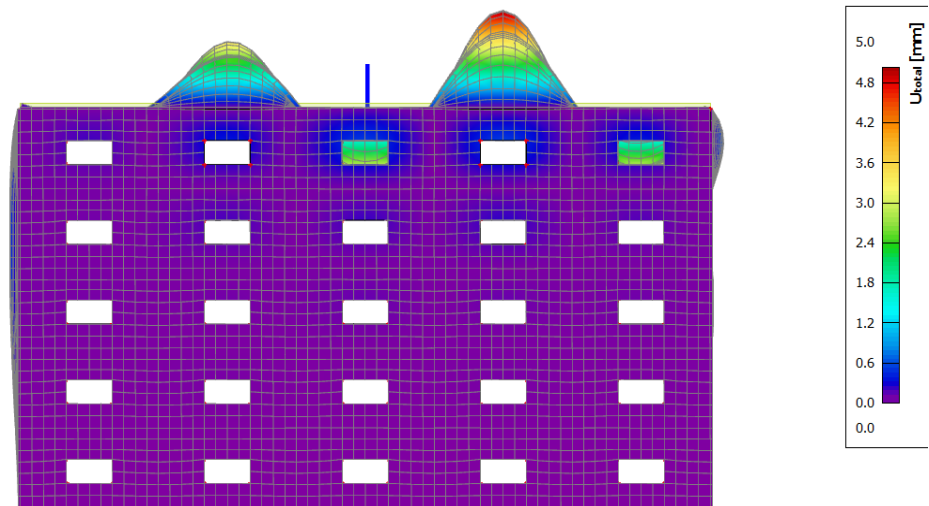
### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/3 - 12.00  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
 Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
 Mass combination: CM1/3 - 12.00  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System: Global



### 3D displacement

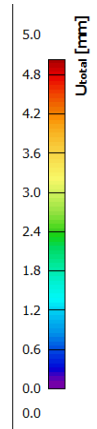
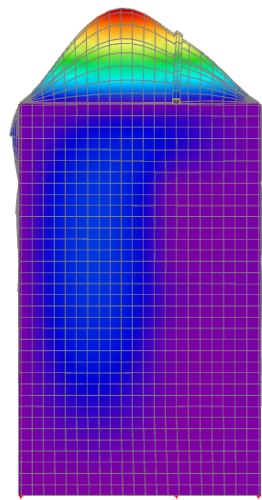
Values:  $U_{total}$

Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.

Mass combination: CM1/3 - 12.00

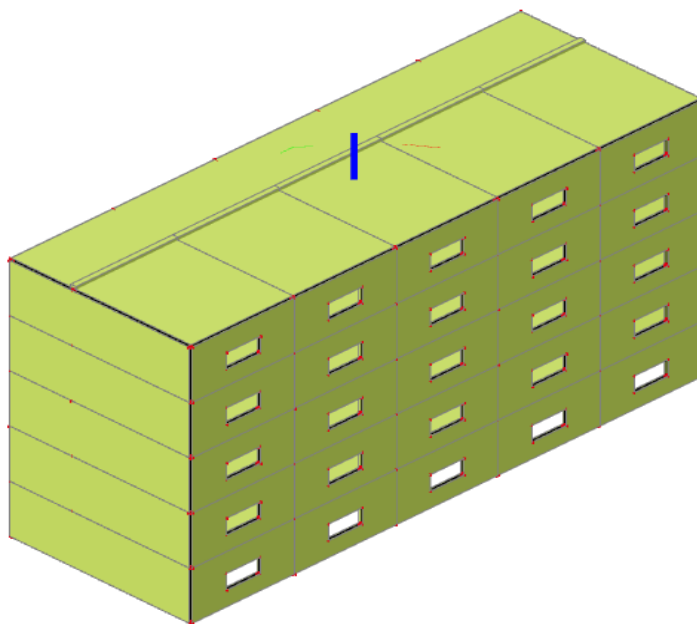
Selection: All

Location: In nodes avg.. System: Global

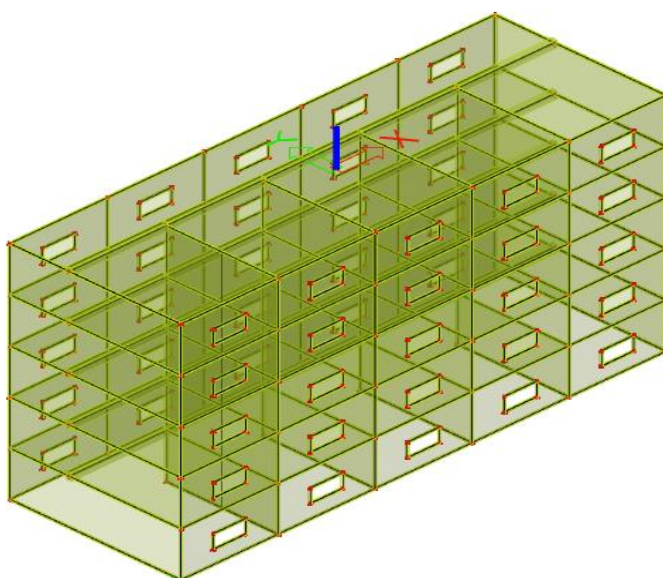


## 6.PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE

Za potrebe proračuna vertikalne nosive konstrukcije zgrade, napravljen je 3D numerički model.



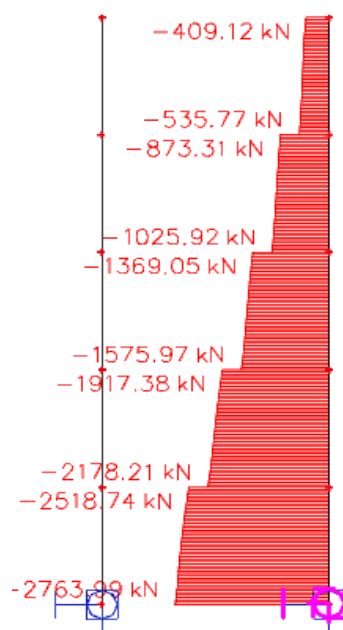
*Žičani model konstrukcije (poprečni presjeci su označeni raznim bojama)*



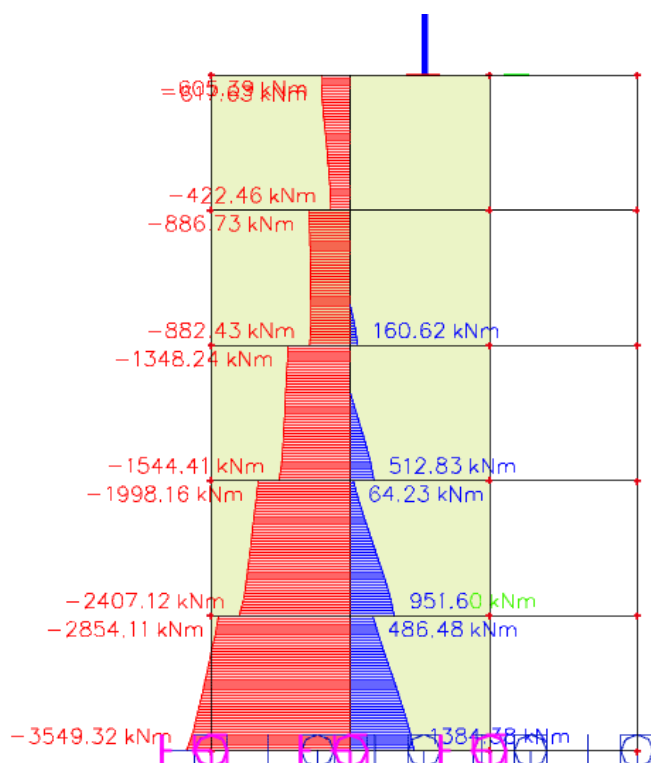
*Renderirani model konstrukcije (poprečni presjeci su označeni raznim bojama)*

Za opterećenja prikazana u Poglavlju 2, izrađeno je nekoliko kombinacija opterećenja:

- Potresna kombinacija x:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot s_x + 0,3 \cdot s_y$
- Potresna kombinacija y:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 0,3 \cdot s_x + 1,0 \cdot s_y$
- Rezultati su prikazani na jedan unutarnji zid u y- smjeru



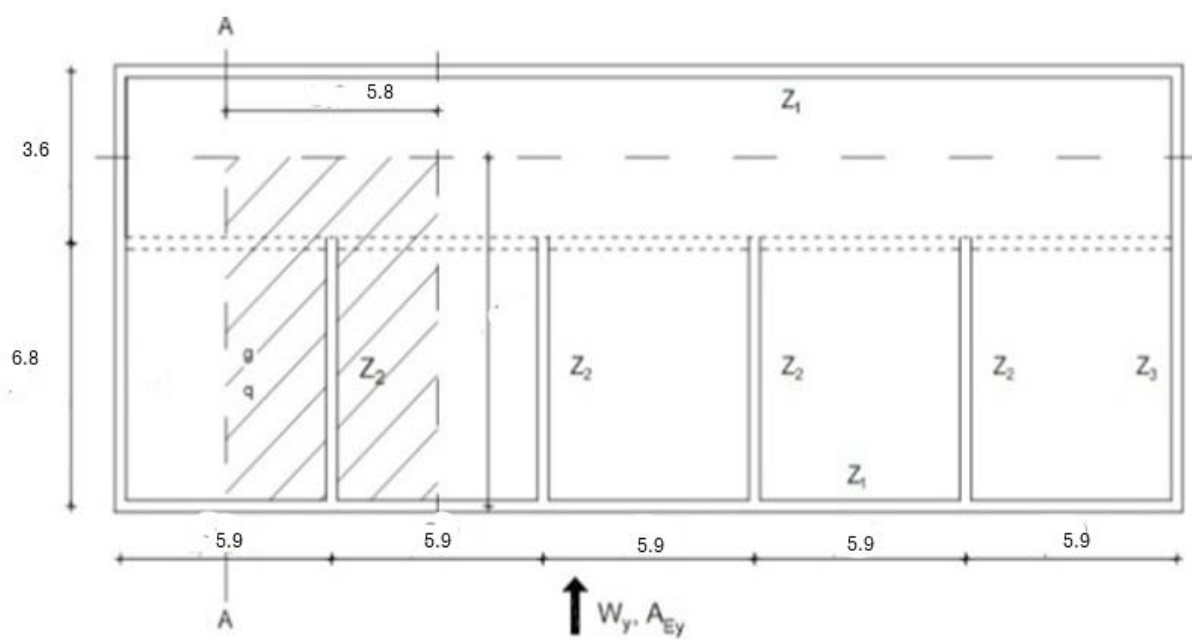
*sila u zidu y2 za potresnu kombinaciju y*



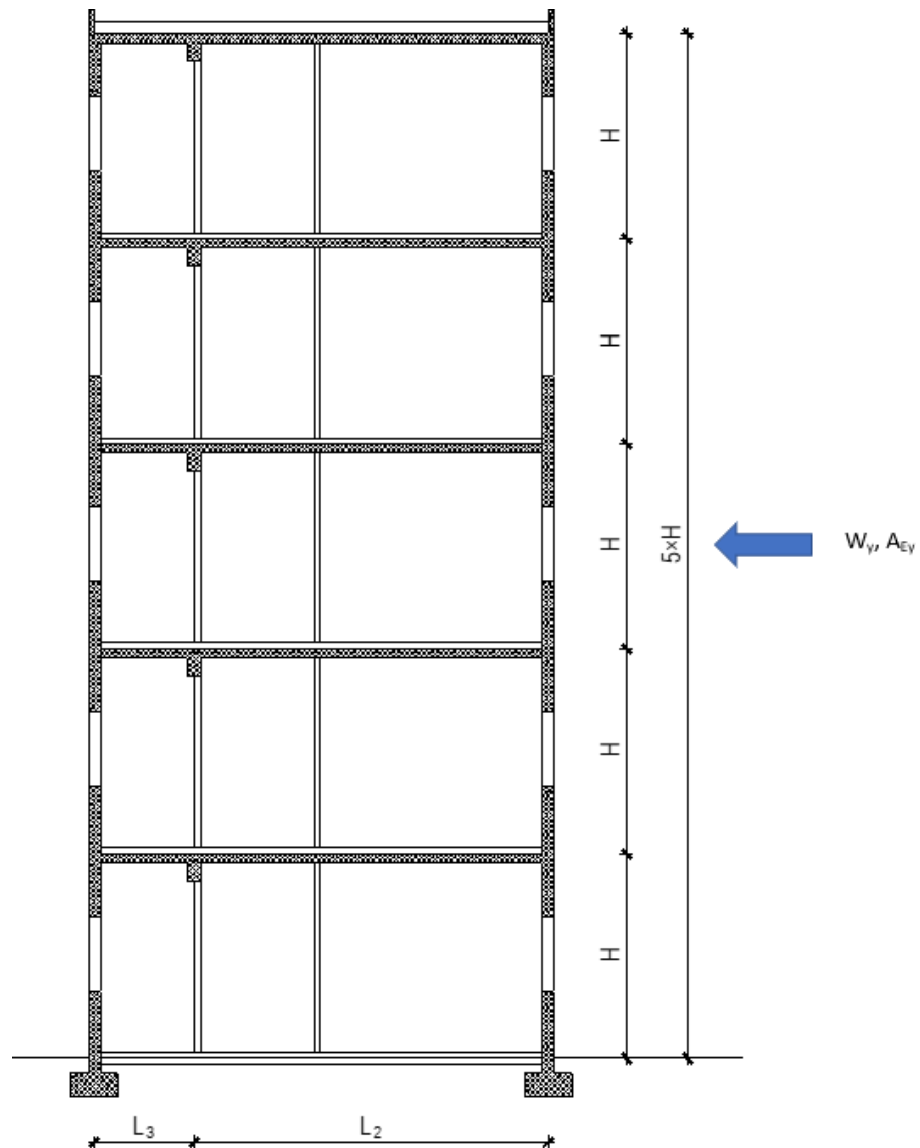
*Momet savijanja u zidu y2 za potresnu kombinaciju y*

## 6.1 Proračun zida

TLOCRT



# PRESJEK A-A



## **OPTEREĆENJE:**

- Vertikalno: *stalno g, promjenljivo (korisno)q*
- Horizontalno: *vjetar W, potres A*

Beton: C 35/45;  $f_{ck} = 35,0$  (MPa);  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 35,0/1,5 = 23,3$  (MPa)

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0$  (MPa);  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,8$  (MPa)

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

$$d = L_2 - d_1 = 680 - 5 = 675 \text{ cm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 607,5 \text{ cm}$$

-POTRESNA KOMBINACIJA

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot L_2/2 = 3549,32 + 2763,99 \cdot 6,8/2 = 12946,9 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = ( M_{Eds} / (z \cdot f_{yd} )) - (N_{Ed} / f_{yd} )$$

$$A_{s1} = (12946,9 \cdot 100 / ( 607,5 \cdot 43,48 )) - (2763,99 / 43,48) = -14,55 \text{ cm}^2$$

Naponi su tlačni pa armatura nije potrebna.

Ne treba računski nego samo konstruktivna armatura :

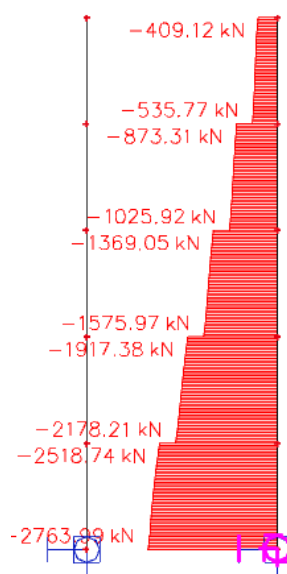
$$A_{kutevi} = 0,0015 \cdot 13600$$

$$= 20,4 \text{ cm}^2$$

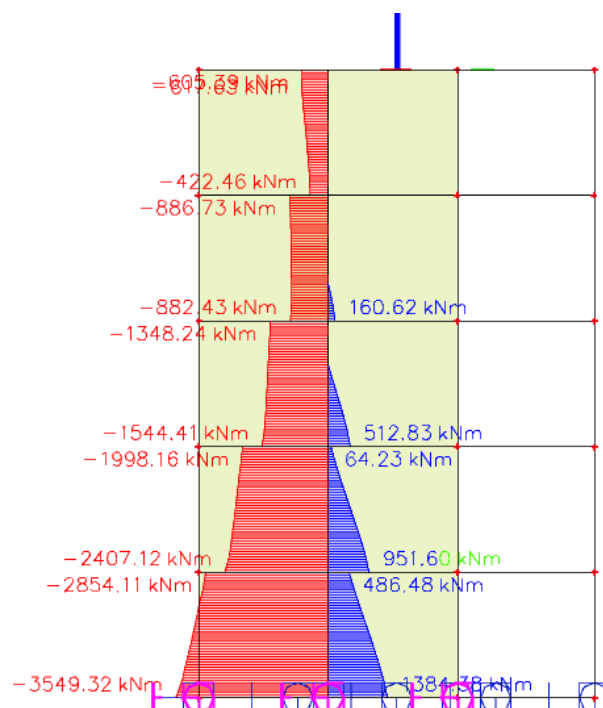
Odabrano 6Ø22 ( 22,81  
cm<sup>2</sup> )

## 6.2 Dimenzioniranje zida i temelja

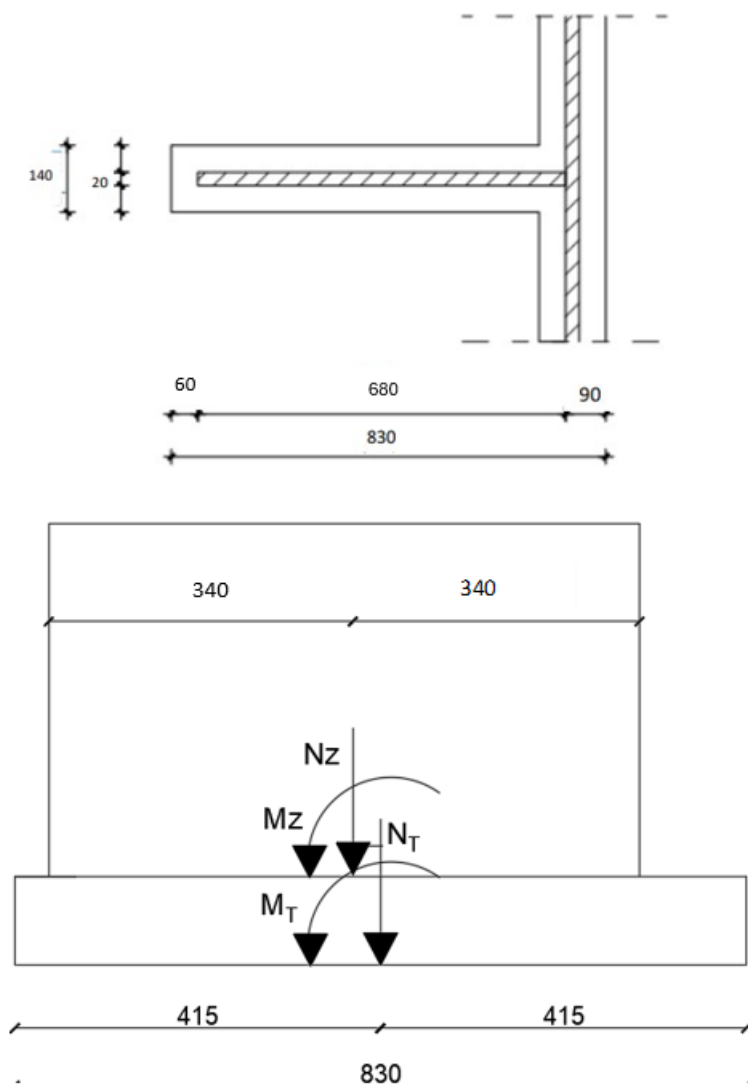
Za potrebe dimenzioniranja temelja iz proračunskog 3D modela su prikazane reakcije ispod promatranog zida.



Reakcija N ispod promatranog zida za Potresnu kombinaciju y



Reakcija Mx ispod promatranog zida za Potresnu kombinaciju y



$$h_l = 70 \text{ cm}$$

$$L_t = L_2 + 60 + 60 + b = 830 \text{ cm}$$

$$a_t = 20 + 60 + 60 = 140 \text{ cm}$$

- Provjera naprezanja u tlu

$$G_T = a_T \cdot L_T \cdot h_T \cdot \gamma_T = 1,4 \cdot 8,3 \cdot 0,7 \cdot 25 = 232,4 \text{ kN}$$

$$A_T = a_T \cdot L_T = 1,4 \cdot 8,3 = 11,62 \text{ m}^2$$

$$W_T = (a_T \cdot L_T^2)/6 = (1,4 \cdot 8,3^2)/6 = 16,07 \text{ m}^3$$

$$M_t = 3549.32 \text{ kNm}$$

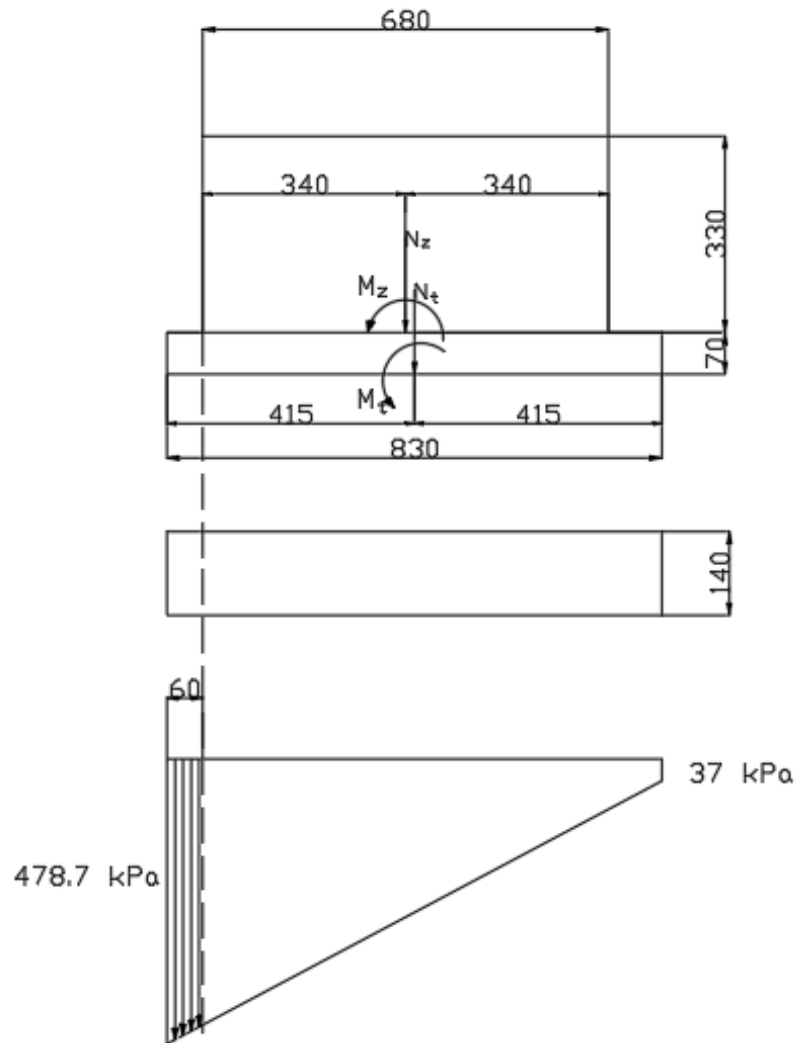
$$N_Z = 2763.99 \text{ kN}$$

$$N_t = N_Z + G_T = 2763.99 + 232,4 = 2996.4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = N_t / A_T \pm M_t / W_T \leq \sigma_{\text{tla,dop}} = 550 \text{ kPa}$$

$$\sigma_1 = N_t / A_T + M_t / W_T = 2996.4 / 11.62 + 3549.32 / 16.07 = 478.7 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = N_t / A_T - M_t / W_T = 2996.4 / 11.62 - 3549.32 / 16.07 = 37 \text{ kPa}$$



### Dimenzioniranje temelja

Moment savijanja u presjeku 2-2  $\sigma_1 = 478.7$  kPa

$$M^{2-2} = \sigma_1 \cdot 0.6 \cdot 1.4 \cdot 0.3 = 478.7 \cdot 1.4 \cdot 0.6 \cdot 0.3 = 120.63 \text{ kNm}$$

**Proračunska vrijednost momenta u presjeku 2-2 :**

$$M_{Ed}^{2-2} = 1.00 \cdot M^{2-2} = 1.0 \cdot 120.63 = 120.63 \text{ kNm}$$

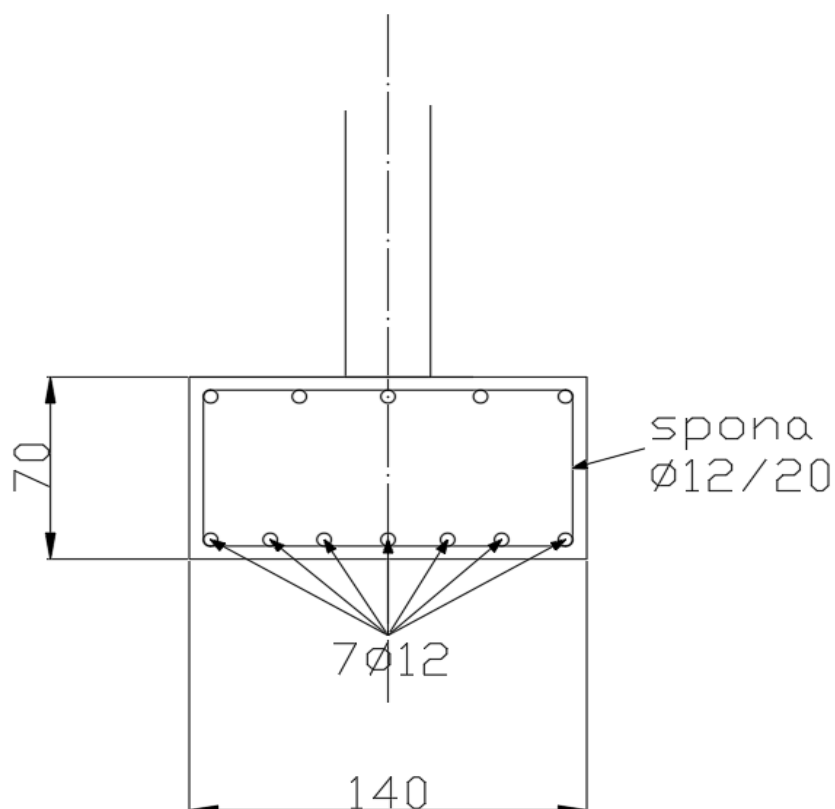
**Površina armature :**

$$z = 0.8 \cdot d = 0.8 \cdot 65 = 52 \text{ cm}$$

$$d = h_t - d_1 = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

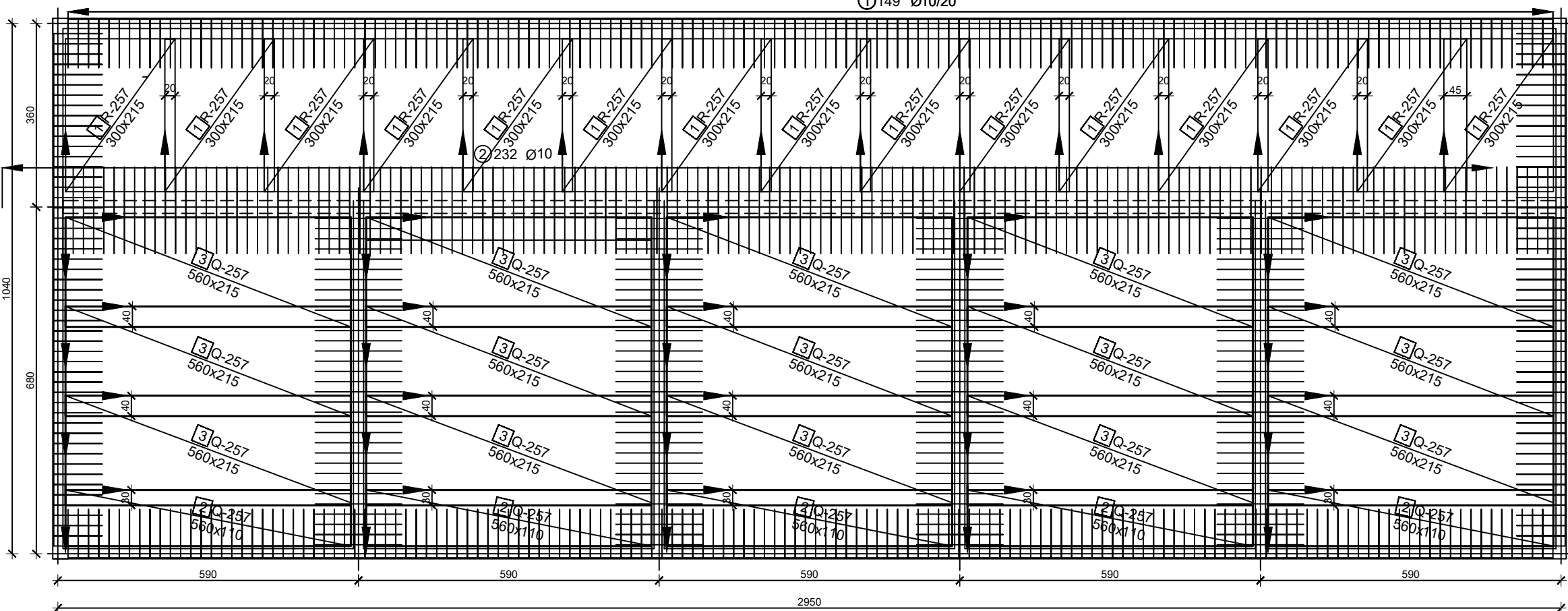
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}^{2-2}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{120.63 \times 100}{52 \times 43.48} = 5.34 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 7Ø12 ( 7.92 cm<sup>2</sup> )

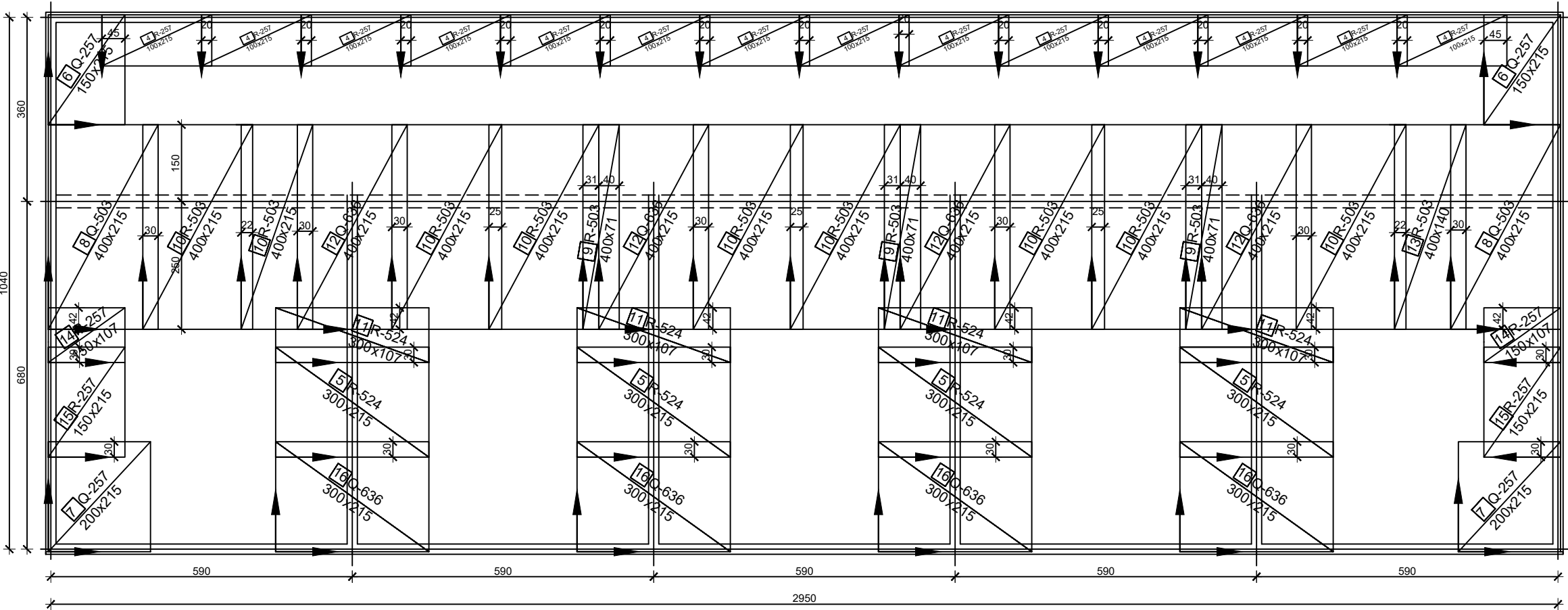


## 7.NACRTI

Armatura ploče pozicija 500 - donja zona 1:100



Armatura ploče pozicija 500 - gornja zona zona 1:100



ISKAZ REBRASTE ARMATURE  
Čelik B500B

| POZ.        | OBLIK | Ø  | JED. MASA<br>(kg/m) | KOM. | L(cm) |
|-------------|-------|----|---------------------|------|-------|
| 1           | 20 95 | 10 | 0,649               | 382  | 210   |
| 2           | 170   | 10 | 0,649               | 419  | 170   |
| UKUPNA MASA |       |    | 534 kg              |      |       |

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE  
Čelik B500B

| POZ.    | TIP<br>MREŽE | OBLIK   | DIMENZIJE<br>(cm) | KOM. | UKUPNA<br>MASA |
|---------|--------------|---------|-------------------|------|----------------|
| 1       | R-257        | 215 300 | 300x215           | 15   | 268.5          |
| 2       | Q-257        | 110 560 | 560x110           | 5    | 120            |
| 3       | Q-257        | 215 560 | 560x215           | 15   | 660            |
| 4       | R-257        | 215 100 | 100x215           | 14   | 83.5           |
| 5       | R-524        | 215 300 | 300x215           | 4    | 136            |
| 6       | Q-257        | 215 150 | 150x215           | 2    | 27.5           |
| 7       | Q-257        | 215 200 | 200x215           | 2    | 35             |
| 8       | Q-503        | 215 400 | 400x215           | 2    | 159            |
| 9       | R-503        | 21 400  | 400x71            | 3    | 51             |
| 10      | R-503        | 215 400 | 400x215           | 9    | 405            |
| 11      | R-524        | 107 300 | 300x107           | 4    | 68             |
| 12      | Q-636        | 215 400 | 400x215           | 4    | 180            |
| 13      | R-503        | 140 400 | 400x140           | 1    | 27             |
| 14      | R-257        | 107 150 | 150x107           | 2    | 9              |
| 15      | R-257        | 215 150 | 150x215           | 2    | 18             |
| 16      | Q-636        | 215 300 | 300x150           | 4    | 157            |
| UKUPNO: |              |         | 2404.5 kg         |      |                |

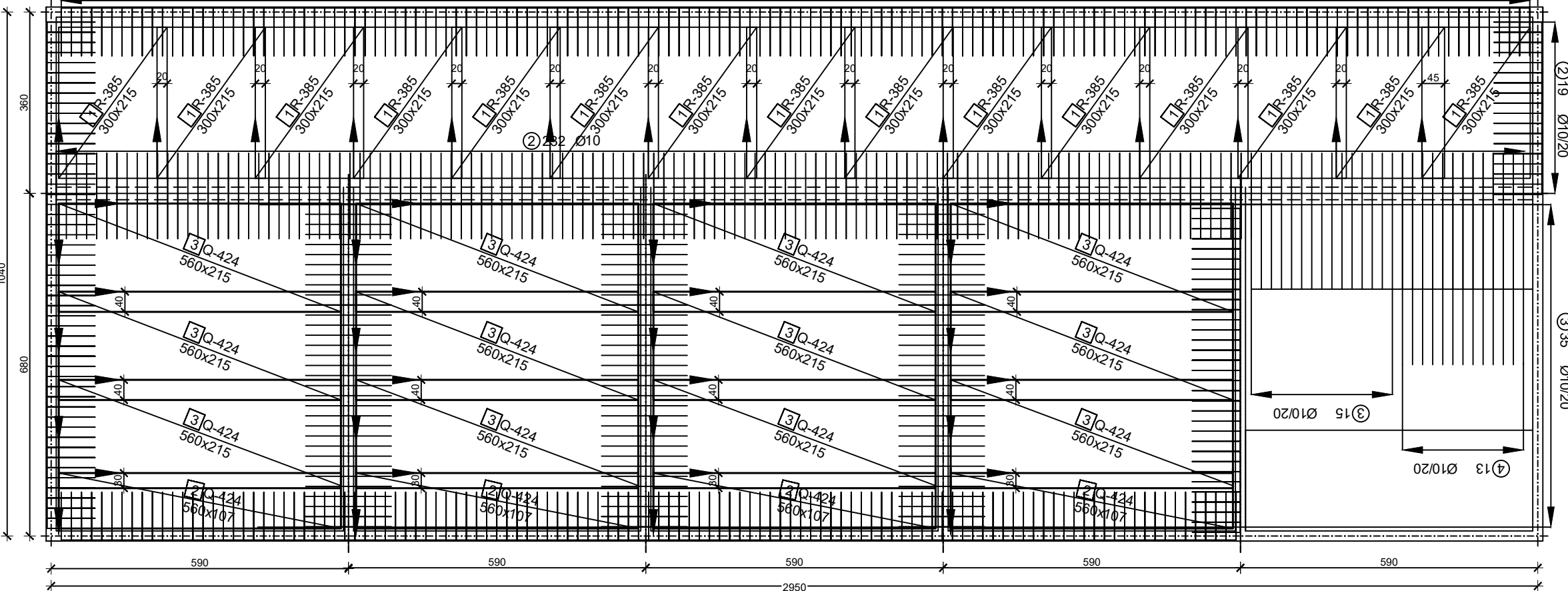
ARMATURA PLOČA POZICIJA 100  
c = 3 cm C 35/45

PREDMET: BETONSKE KONSTRUKCIJE 2

IME I PREZIME: JAKOV DODIG

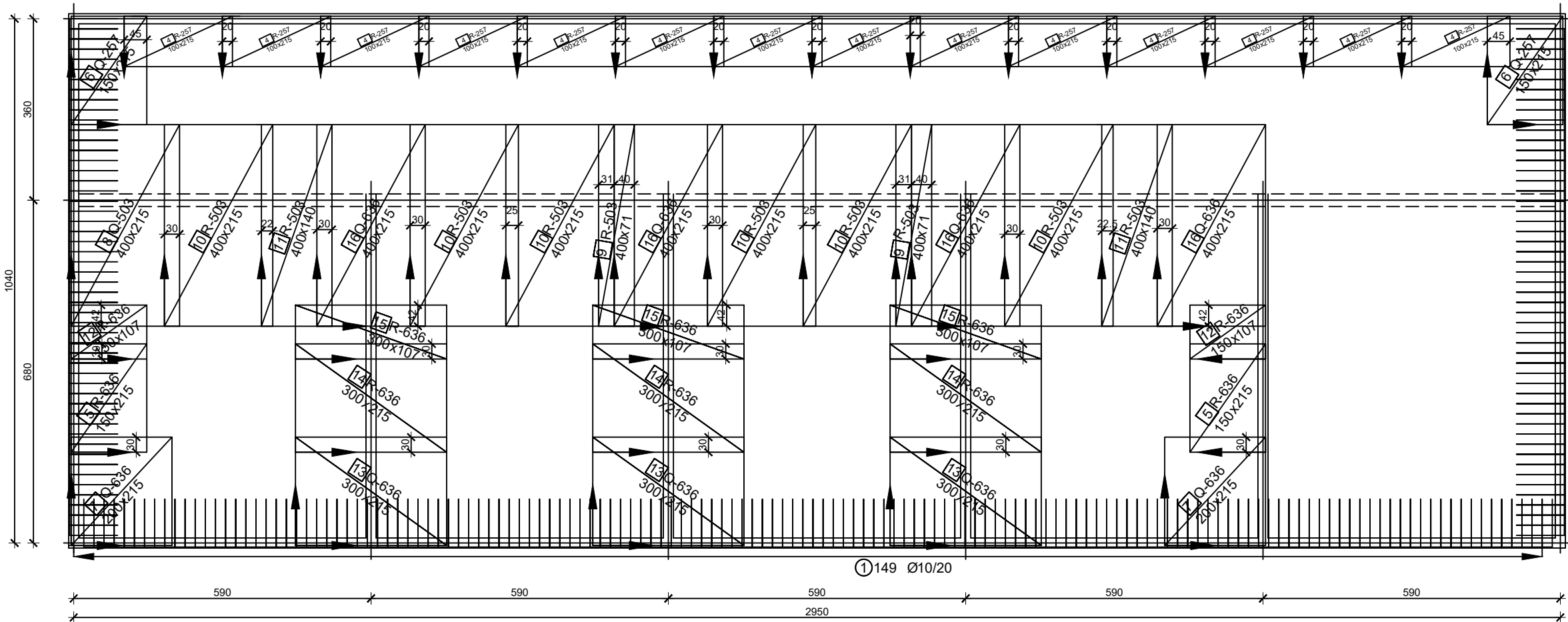
1 : 100

Armatura ploče pozicija 400 - donja zona 1:100



| ISKAZ REBRASTE ARMATURE<br>Čelik B500B |       |    |                     |      |       |
|----------------------------------------|-------|----|---------------------|------|-------|
| POZ.                                   | OBLIK | Ø  | JED. MASA<br>(kg/m) | KOM. | L(cm) |
| 1                                      |       | 10 | 0,649               | 535  | 210   |
| 2                                      |       | 10 | 0,649               | 297  | 170   |
| 3                                      |       | 10 | 0,649               | 15   | 245   |
| 4                                      |       | 10 | 0,649               | 13   | 440   |
| UKUPNA MASA                            |       |    | 878.5 kg            |      |       |

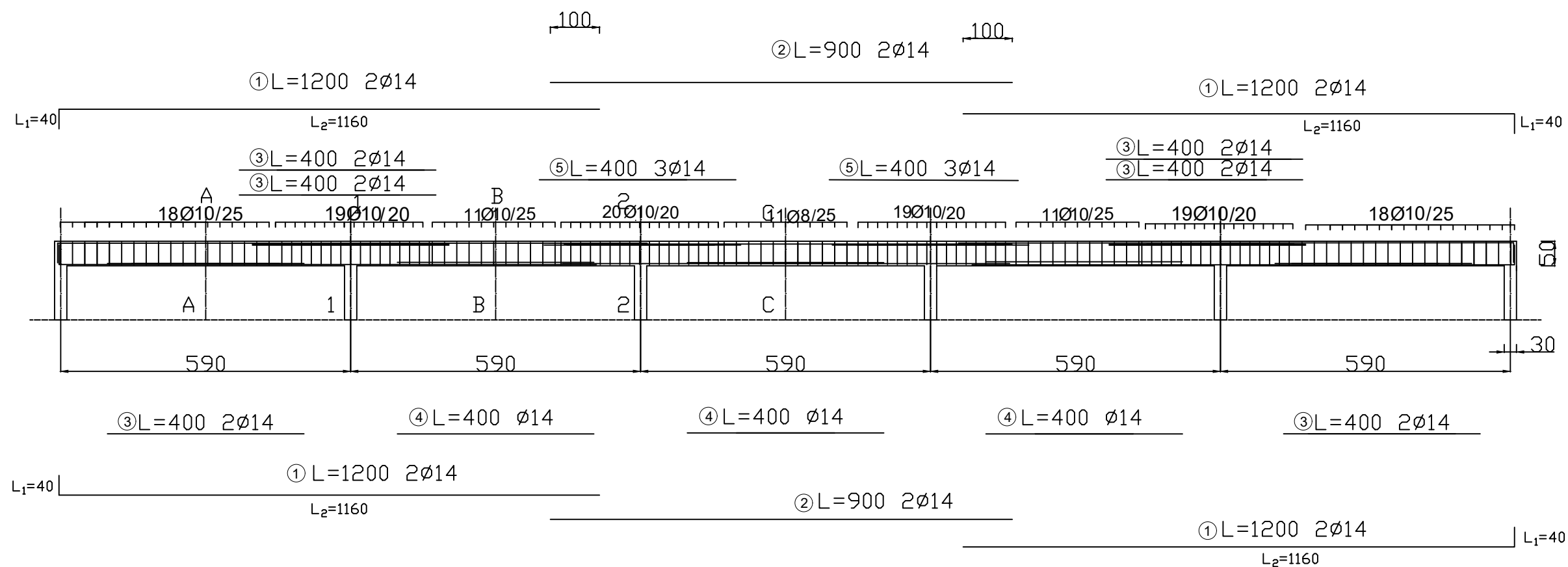
Armatura ploče pozicija 400 - gornja zona zona  
1:100



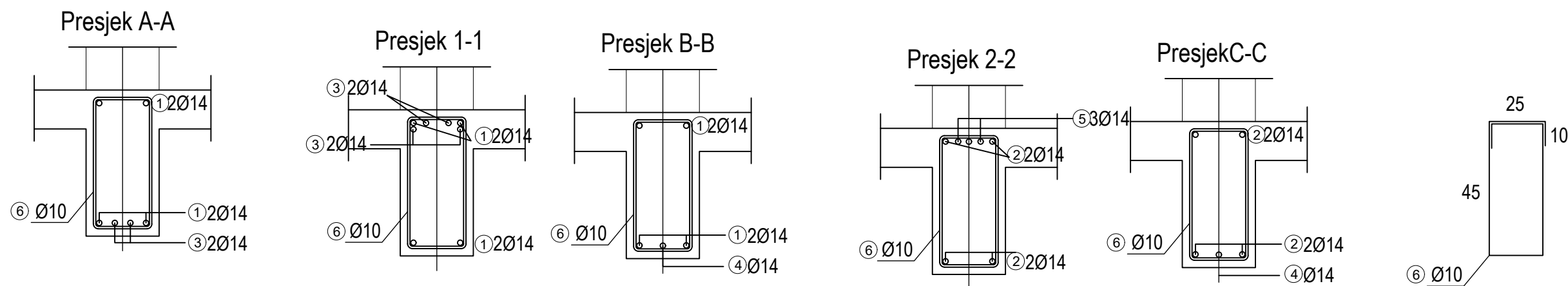
| ISKAZ MREŽASTE ARMATURE<br>Čelik B500B |              |       |                   |      |                |
|----------------------------------------|--------------|-------|-------------------|------|----------------|
| POZ.                                   | TIP<br>MREŽE | OBLIK | DIMENZIJE<br>(cm) | KOM. | UKUPNA<br>MASA |
| 1                                      | R-385        |       | 300x215           | 15   | 364.5          |
| 2                                      | Q-424        |       | 560x107           | 4    | 160            |
| 3                                      | Q-424        |       | 560x215           | 12   | 1944           |
| 4                                      | R-257        |       | 100x215           | 14   | 83.5           |
| 5                                      | R-636        |       | 150x215           | 2    | 39             |
| 6                                      | Q-257        |       | 150x215           | 2    | 27.5           |
| 7                                      | Q-636        |       | 200x215           | 2    | 88             |
| 8                                      | Q-503        |       | 400x215           | 1    | 70             |
| 9                                      | R-503        |       | 400x71            | 2    | 27             |
| 10                                     | R-503        |       | 400x215           | 6    | 258.5          |
| 11                                     | R-503        |       | 400x140           | 2    | 84             |
| 12                                     | R-636        |       | 150x107           | 2    | 19.5           |
| 13                                     | Q-636        |       | 300x215           | 3    | 200            |
| 14                                     | R-636        |       | 300x215           | 3    | 118            |
| 15                                     | R-636        |       | 300x107           | 3    | 78,5           |
| 16                                     | Q-636        |       | 400x215           | 4    | 351            |
| UKUPNO                                 |              |       | 3913 kg           |      |                |

ARMATURA PLOČA POZICIJA 200  
c = 3 cm C 35/45

|                |                         |         |
|----------------|-------------------------|---------|
| PREDMET:       | BETONSKE KONSTRUKCIJE 2 |         |
| IME I PREZIME: | JAKOV DODIG             | 1 : 100 |



| ISKAZ REBRASTE ARMATURE B500B |                   |    |                       |            |            |               |
|-------------------------------|-------------------|----|-----------------------|------------|------------|---------------|
| POZ                           | OBLIK I DIMENZIJE | Ø  | JEDINIČNA MASA [kg/m] | DUŽINA [m] | KOM ukupno | KOM jedinično |
| 1                             |                   | 14 | 1,25                  | 12,00      | 4          | 2             |
| 2                             |                   | 14 | 1,25                  | 9,00       | 2          | 2             |
| 3                             |                   | 14 | 1,25                  | 4,00       | 8          | 2             |
| 4                             |                   | 14 | 1,25                  | 4,00       | 3          | 1             |
| 5                             |                   | 14 | 1,25                  | 4,00       | 3          | 3             |
| 6                             |                   | 10 | 0,65                  | 1,70       | 147        | 1             |
| UKUPNA MASA                   |                   |    | 496 kg                |            |            |               |



## 8.LITERATURA

- [ ] A. Harapin, J. Radnić, N. Grgić, M. Smilović Zulim, M. Sunara, A. Buzov, I. Banović, **Osnove betonskih konstrukcija**, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2023.
- [ ] Skripte iz kolegija 'Betonske konstrukcije 1' i 'Betonske konstrukcije 2' na SSG, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2022.

Korišteni programski paketi:

- 1) SCIA Engineer 22.0
- 2) AutoCad 2023
- 3) Microsoft Word