

# Projekt armiranobetonske zgrade u Splitu

---

Duvnjak, Anđelo

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:389341>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Andelo Duvnjak**

**Split, 2024.**

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

## **Projekt armiranobetonske zgrade u Splitu**

**Završni rad**

**Split, 2024.**

***Sažetak:***

Projektni zadatak ove armiranobetonske zgrade u Splitu je proračunati pozicije i odrediti potrebnu armaturu za pojedine dijelove građevine, prikazati model zgrade u programu SCIA Engineer 22.0 sa kombinacijama za granično stanje uporabljivosti (GSU), granično stanje nosivosti (GSN) te za potresne kombinacije u smjerovima x i y. Također u projektu se nalaze i nacrti armature za grede i ploče sa iskazima armature.

***Ključne riječi:***

Armiranobetonska zgrada, proračun.

## **Reinforced concrete building project in Split**

***Abstract:***

The project task of this reinforced concrete building in Split is to calculate the positions and determine the required reinforcement for individual parts of the building, to display the building model in the SCIA Engineer 22.0 program with combinations for the serviceability limit state (SLS), load-bearing limit state (ULS) and for seismic combinations in the x and y directions. Also in the project there are reinforcement drawings for beams and slabs with reinforcement statements.

***Keywords:***

Reinforced concrete building, calculation.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:               **STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO**  
KANDIDAT:           ANĐELO DUVNJAK  
MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083228016  
KATEDRA:           **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET:            Betonske konstrukcije 2

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Projekt armiranobetonske zgrade

Opis zadatka: Prema zadanim skicama u prilogu potrebno je izraditi projekt (tehnički opis, armiranobetonske građevine. Projekt mora sadržavati tehnički opis, planove pozicija proračune i planove armature. Koristiti beton C 40/50 i armaturu: B 500B.

U Splitu, 03.03.2024.

Voditelj Završnog rada: Marina Nikolić i Ivan Banović

## SADRŽAJ

### I OPĆI DIO PROJEKTA:

- Naslovne strane
- Zadatak
- Sažetak
- Sadržaj

### II TEHNIČKI DIO PROJEKTA

1.	TEHNIČKI OPIS.....	1
1.1.	Općenito.....	1
1.2.	Konstrukcija građevine .....	1
1.3.	Temeljenje .....	1
1.4.	Materijali.....	1
1.5.	Opterećenja.....	1
1.6.	Posebne napomene uz izvođenje .....	1
2.	PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE.....	2
2.1.	Općenito.....	2
2.2.	Svojstva građevnih proizvoda.....	2
2.2.1.	Beton.....	2
2.2.2.	Armaturni čelik.....	4
2.3.	Izvođenje AB konstrukcije.....	4
2.3.1.	Općenito.....	4
2.3.2.	Nadzorne radnje .....	4
2.3.3.	Ugradnja betona .....	5
2.3.4.	Njega betona.....	5
2.3.5.	Oplata i skele .....	5
2.4.	Ostale napomene u programu kontrole i osiguranja kvalitete .....	6
2.4.1.	Iskolčenje i zahtjevana geometrija .....	6
2.4.2.	Zemljani radovi .....	6
3.	NAČIN ODRŽAVANJA I PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE GRAĐEVINE .....	8
4.	PLANOVI POZICIJA .....	9
4.1.	Plan pozicija 500-krovna ploča .....	10

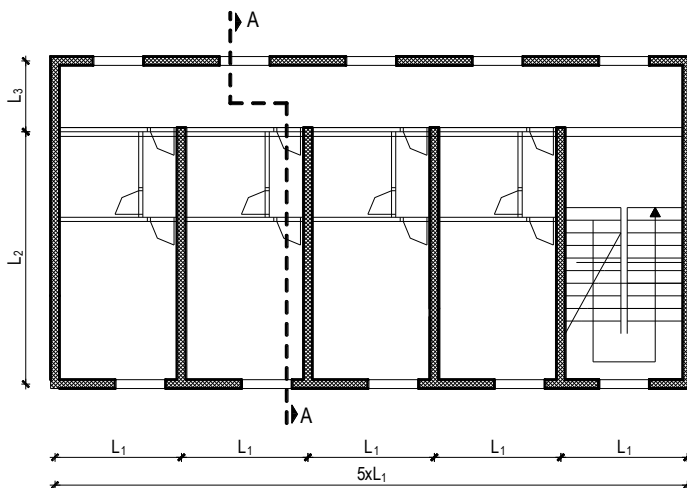
4.2.	Plan pozicija 400-međukatna ploča .....	10
4.3.	Plan pozicija 300-međukatna ploča .....	11
4.4.	Plan pozicija 200-međukatna ploča .....	11
4.5.	Plan pozicija 100-međukatna ploča .....	12
5.	ANALIZA OPTEREĆENJA .....	13
5.1.	Analiza opterećenja ploče pozicije 500-krovna ploča .....	13
5.2.	Analiza opterećenja ploče pozicije 400/300/200/100-međukatna ploča .....	15
6.	PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE .....	17
6.1.	Proračun ploča pozicije 501-krovna ploča .....	17
6.1.1.	Prikaz rezultata .....	17
6.1.2.	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	20
6.1.3.	Kontrola progiba ploča .....	24
6.2.	Proračun kontinuiranog nosača pozicije 502 .....	25
6.2.1.	Prikaz rezultata .....	25
6.2.2.	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	27
6.2.3.	Dimenzioniranje na poprečne sile .....	32
6.2.4.	Kontrola širine pukotina .....	41
6.3.	Proračun ploča pozicije 401/301/201/101-međukatna ploča .....	43
6.3.1.	Prikaz rezultata .....	43
6.3.2.	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	47
6.3.3.	Kontrola progiba ploča .....	51
6.4.	Proračun kontinuiranog nosača pozicije 402/302/202/102 .....	52
6.4.1.	Prikaz rezultata .....	52
6.4.2.	Dimenzioniranje na moment savijanja .....	55
6.4.3.	Dimenzioniranje na poprečne sile .....	60
6.4.4.	Kontrola širine pukotina .....	69
7.	OPTEREĆENJE POTRESOM ( $S_x$ , $S_y$ ) .....	71
8.	PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE I TEMELJA .....	80
8.1.	Dimenzioniranje zida .....	82
8.2.	Dimenzioniranje temelja .....	84
9.	PLANOVI ARMATURE .....	87
10.	LITERATURA.....	91

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 C 40/50 i armaturu: B 500B.

Tlocrt karakterističnog kata



$$L_1 = 5,3 \text{ m}$$

$$L_2 = 6,1 \text{ m}$$

$$L_2 = 3,0 \text{ m}$$

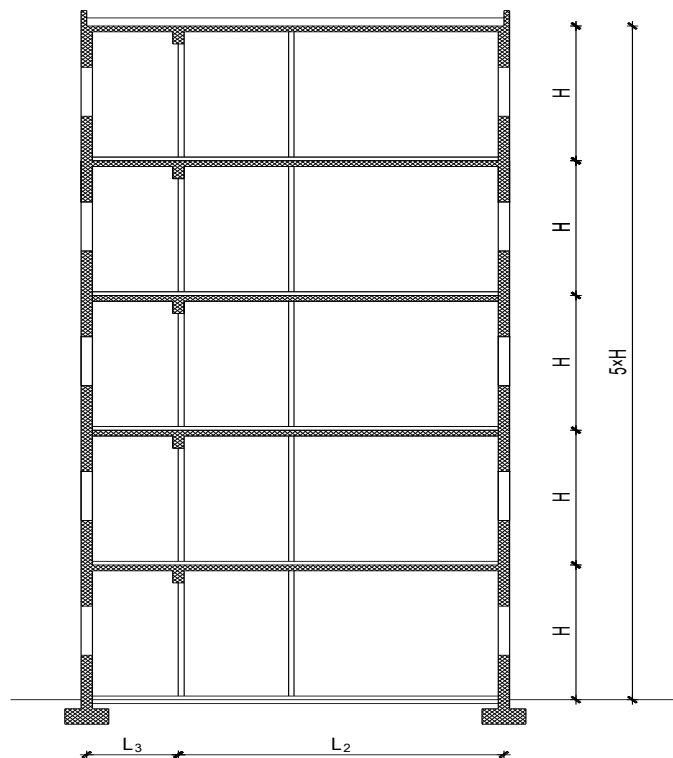
$$H = 3,3 \text{ m}$$

$$q = 2,7 \text{ kN/m}^2$$

$$v_{b0} = 30 \text{ m/s}$$

$$a_g = 0,24g$$

$$\sigma_{tla,dop} = 0,50 \text{ MPa}$$



Presjek A-A



# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito

Predmetna građevina je stambene namjene, a sastoji se od pet etaža sa ravnim neprohodnim krovom. Objekt je tlocrtnih gabarita 9,3 x 26,7 m. Ukupna visina objekta od gotovog poda iznosi 17,0 m

## 1.2. Konstrukcija građevine

Stropna međukatna konstrukcija izrađena je kao puna armiranobetska ploča, lijevana na licu mjesta debljine 15 cm. Vertikalna nosiva konstrukcija objekta su unutrašnji i vanjski zidovi debljine 20 cm. Armiranobetske grede su dimenzija b/h = 30/45 cm. Stubište je dvokrako i također izrađeno od armiranog betona.

## 1.3. Temeljenje

Temelji su izvedeni u obliku armiranobetonskih temeljnih traka širine 160 cm i visine 60 cm.

## 1.4. Materijali

Za izradu nosive konstrukcije koristi se beton C 40/50 i armaturni čelik B 500B.

## 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 30 m/s prema HRN EN 1991-1-4:2012. Građevina se prema HRN EN 1998 nalazi u području s horizontalnim vršnim ubrzanjem tla  $a_g = 0,24$  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 graduiranog 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 KONTROLE 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*

<b>razred tlačne čvrstoće</b>	<b>aditiv</b>	<b>maksimalna nazivna veličina zrna agregata [mm]</b>
C30/37	aditiv za poboljšanje ugradljivosti, vodocementni faktor $v/c \leq 0.45$	32
C40/50	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 očvrstnalog 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; C40/50

AB podna ploča, AB temeljna greda: XC4, debljina zaštitnog sloja  $c_{min}=40$  mm; C30/37, 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 očvrstnalog 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 očvrstnalog betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanjem karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se prema Propisu i normama na koju Propis upućuje. Tlačna čvrstoća očvrstnalog 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 oplata 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 stišljivosti (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 primjerenj oplat i 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 +/- 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:

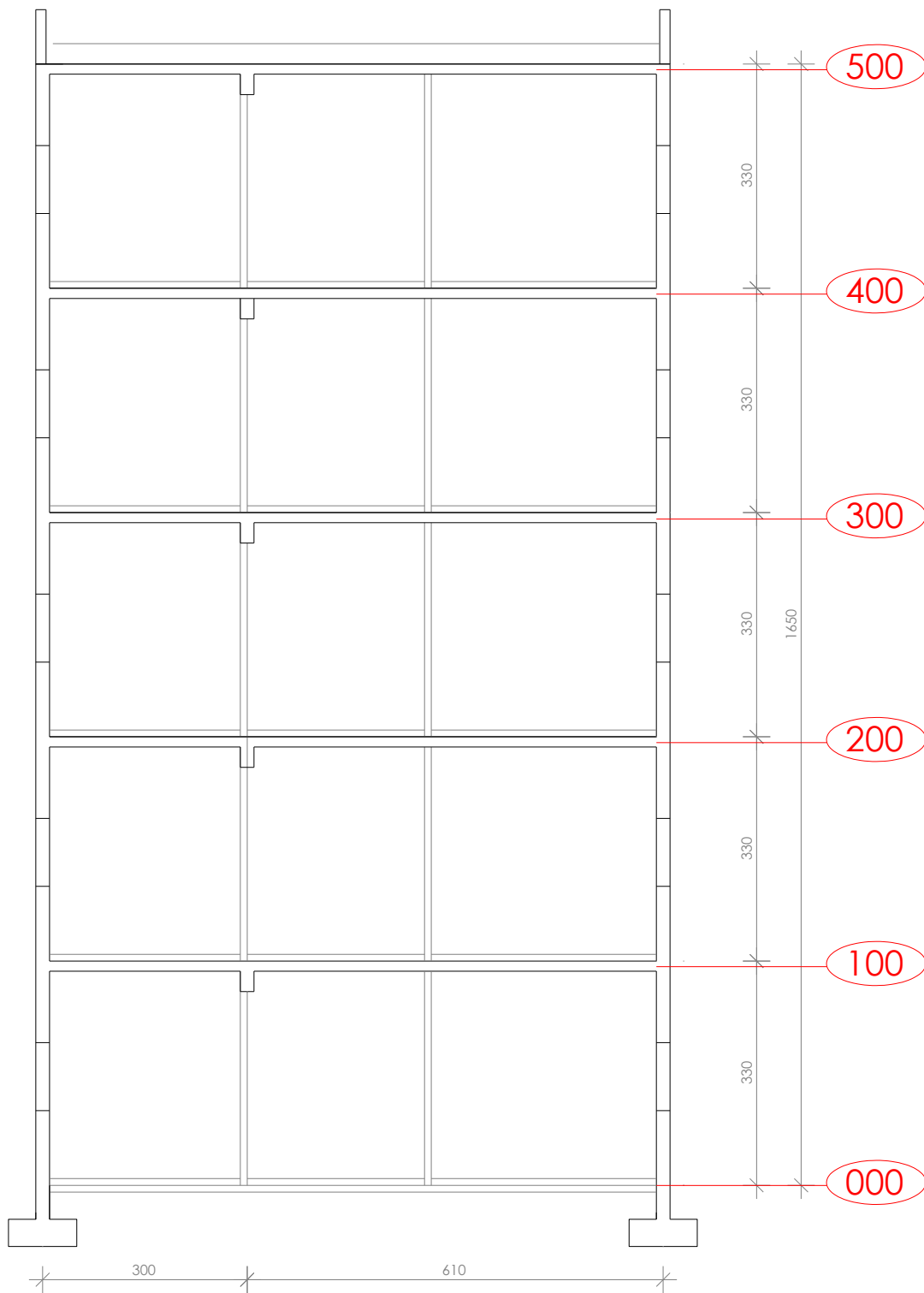
- vizualni pregled konstrukcija, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina, relativni pomaci dilatacijskih cjelina, te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,
- utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature i antikorozivne zaštite
- 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.

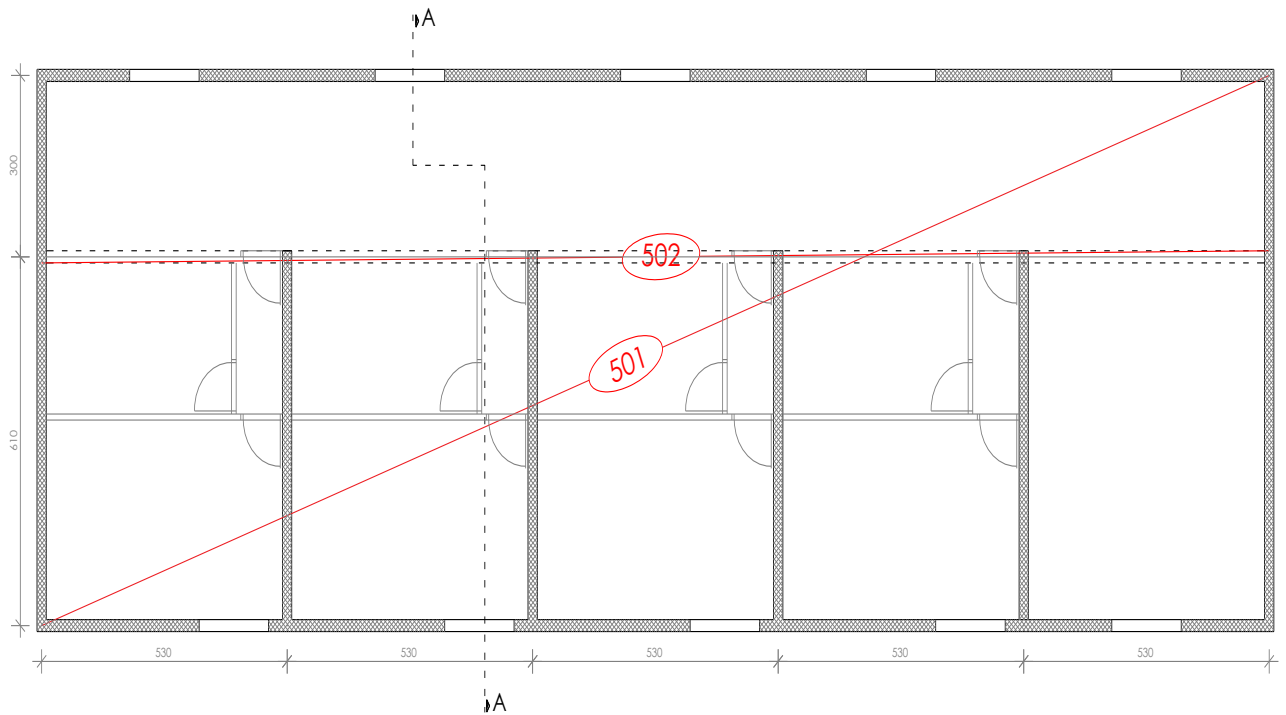


## 4. PLAN OVI POZICIJA

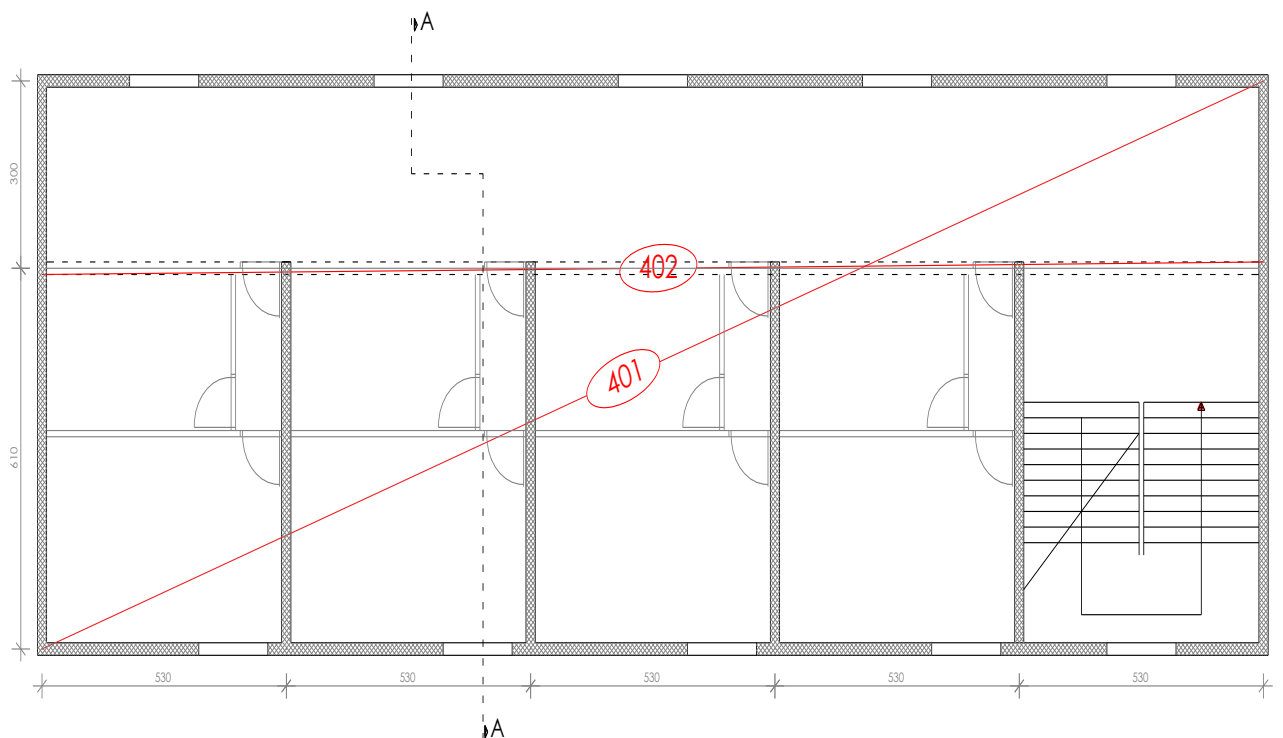
### PRESJEK A-A



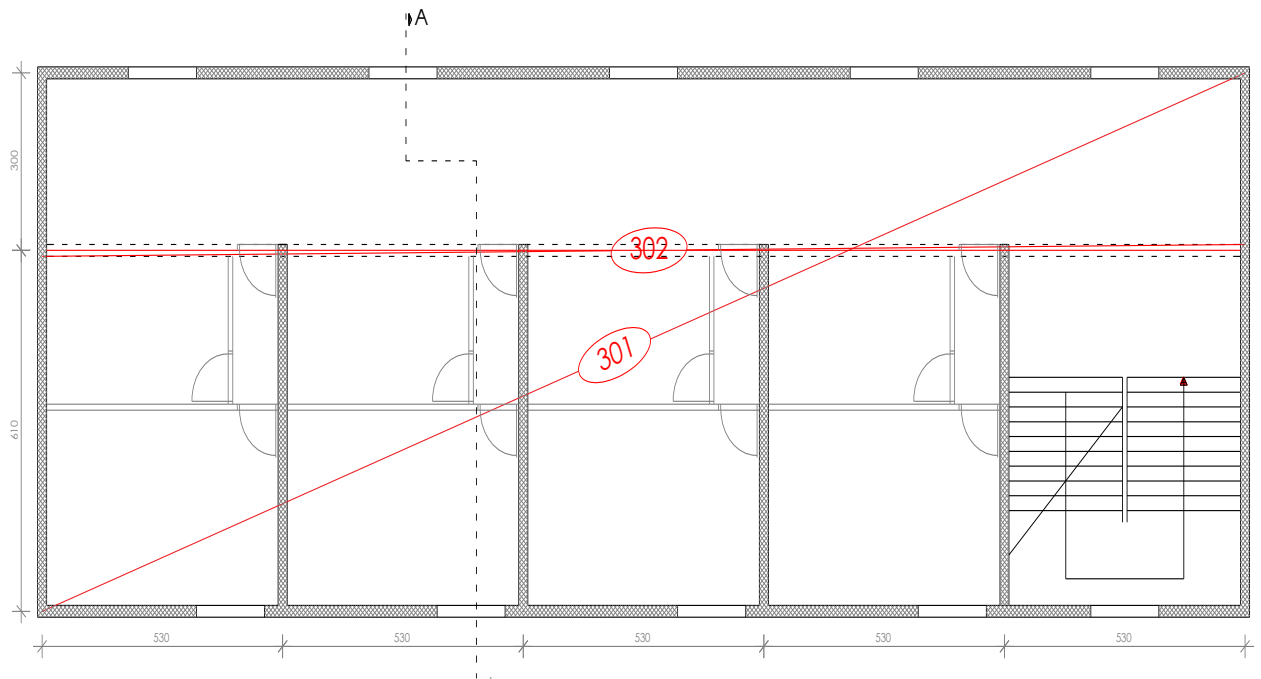
#### 4.1. Plan pozicija 500-krovna ploča



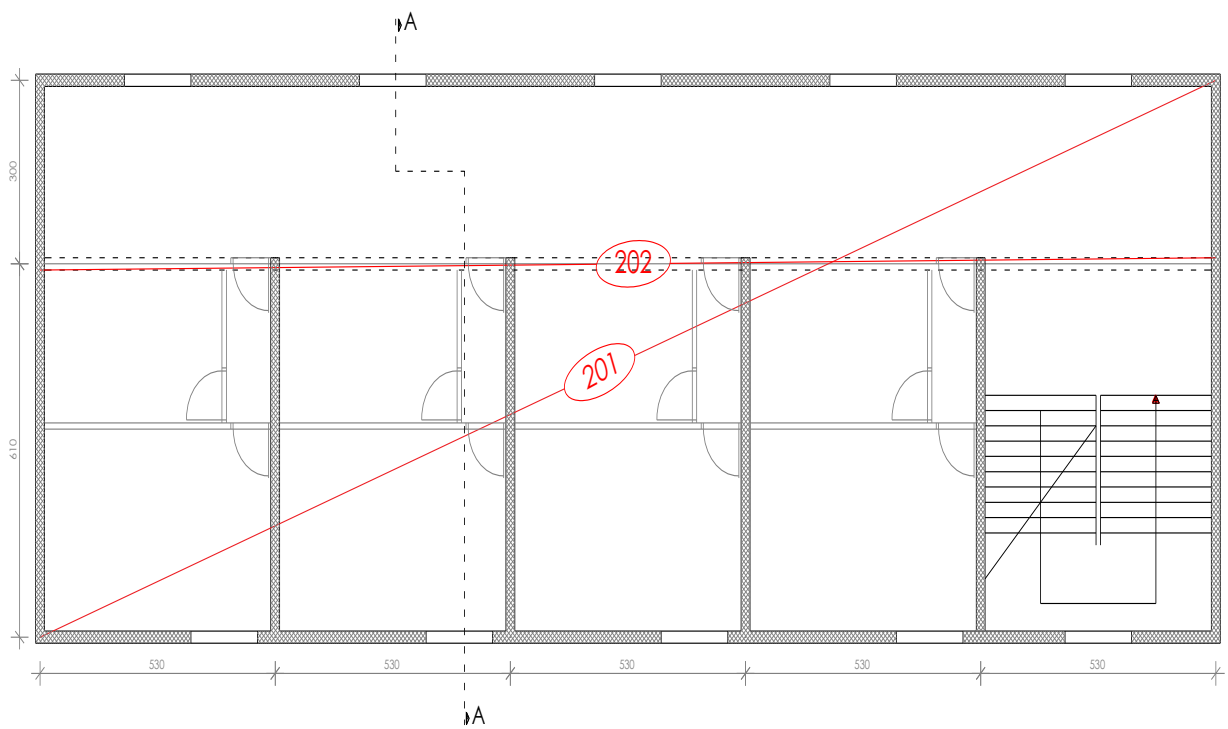
#### 4.2. Plan pozicija 400-međukatna ploča



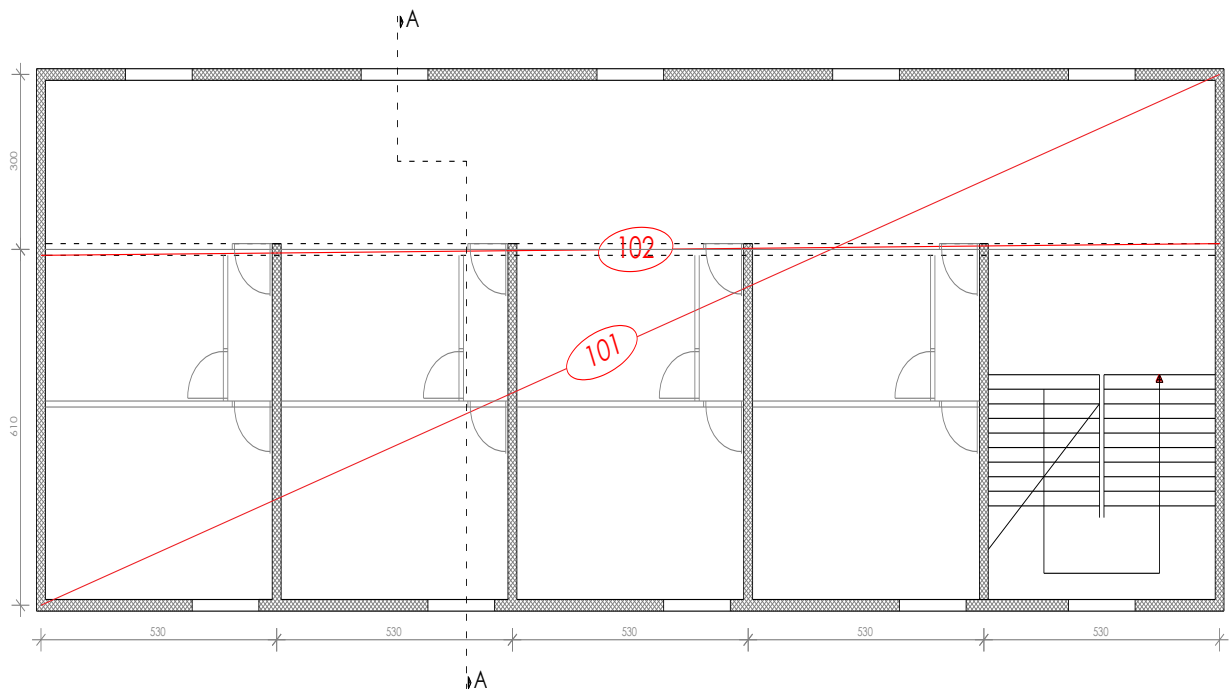
#### 4.3. Plan pozicija 300-međukatna ploča



#### 4.4. Plan pozicija 200-međukatna ploča



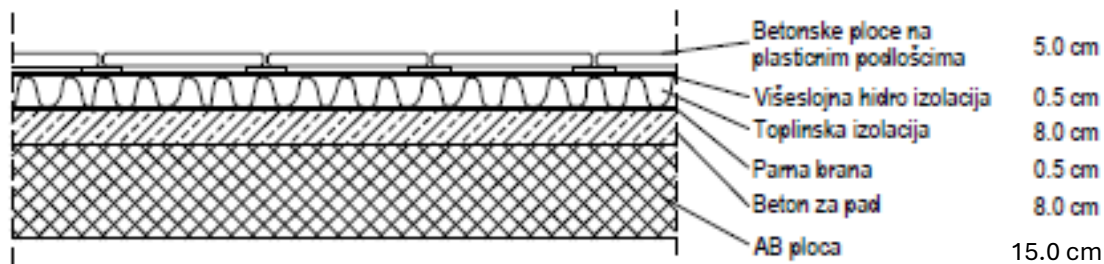
#### 4.5. Plan pozicija 100-međukatna ploča



## 5. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 5.1. Analiza opterećenja ploče pozicije 500-krovna ploča

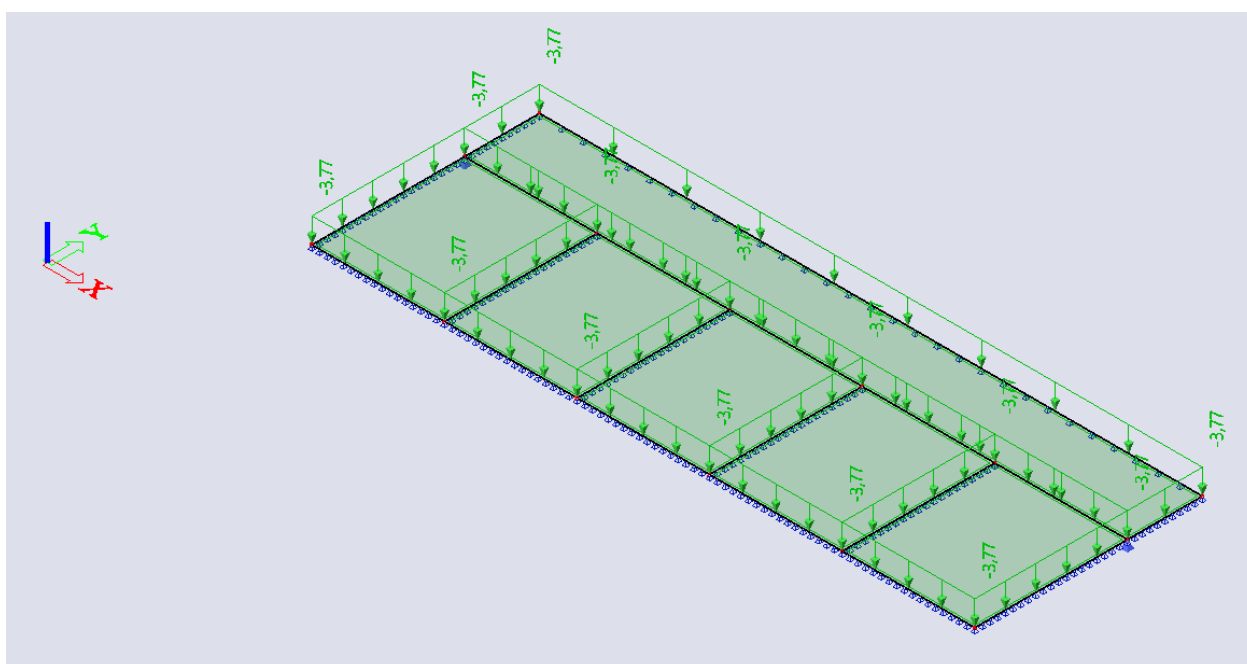
#### a) Stalno opterećenje



*Slojevi ploče pozicije 500-krovna ploča*

*Tablica ukupnog dodatnog stalnog opterećenja pozicije 500*

	$d(m)$	$\gamma(kN/m^3)$	$d \cdot \gamma$
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
<b>Ukupno dodatno stalno opterećenje <math>g_{500} = 3,77 (kN/m^2)</math></b>			

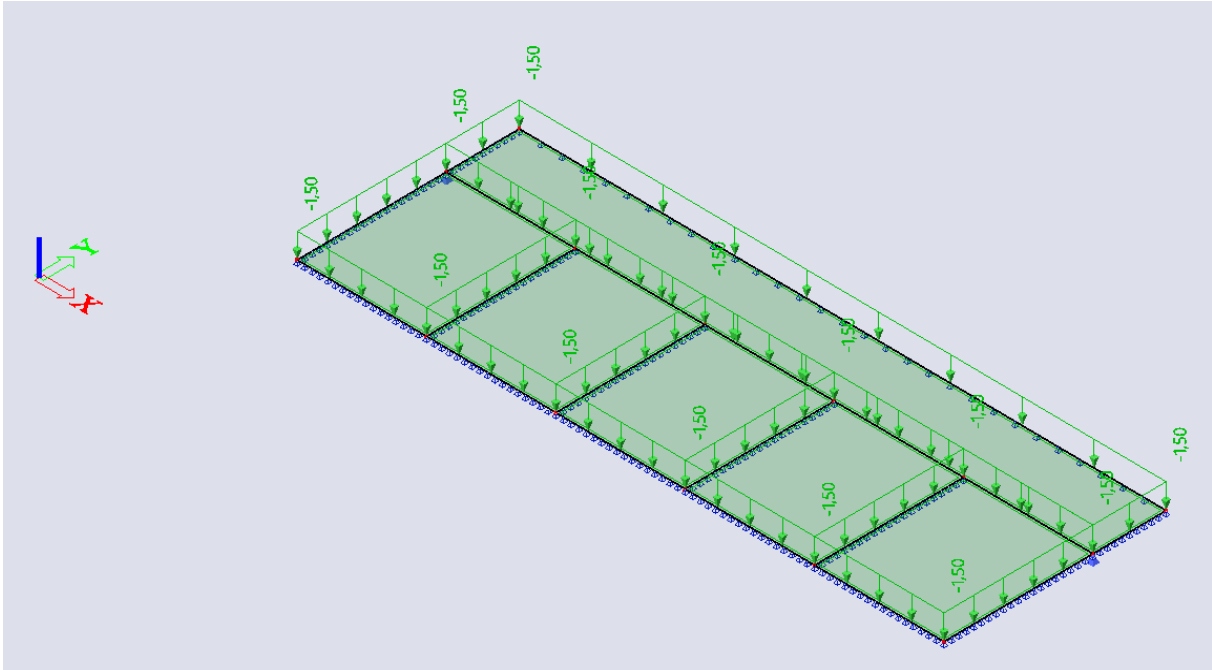


*Ploča pozicije 500-dodatno stalno opterećenje*

## b) 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 kN/m<sup>2</sup>, pa se za pokretno opterećenje neprohodnih ravnih krovova može uzeti zamjenjujuća vrijednost:

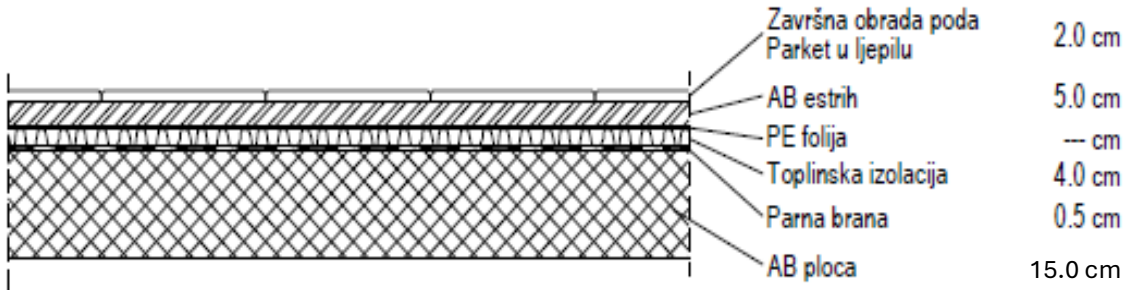
$$q_{500} = s + w \approx 1,5 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



*Ploča pozicije 500-promjenjivo opterećenje*

## 5.2. Analiza opterećenja ploče pozicije 400/300/200/100-međukatna ploča

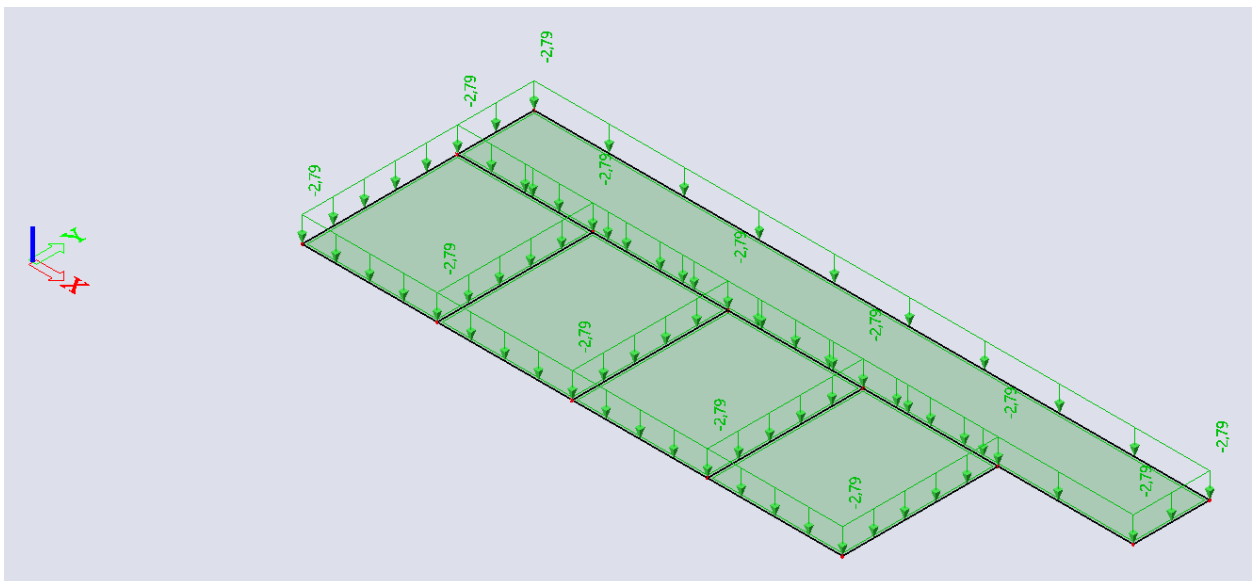
### a) Stalno opterećenje



*Slojevi ploče pozicije 400/300/200/100-međukatna ploča*

*Tablica ukupnog dodatnog stalnog opterećenja ploče pozicije 400/300/200/100*

	$d(m)$	$\gamma(kN/m^3)$	$d \cdot \gamma$
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
<b>Ukupno dodatno stalno opterećenje <math>g_{400/300/200/100} = 2,79 (kN/m^2)</math></b>			

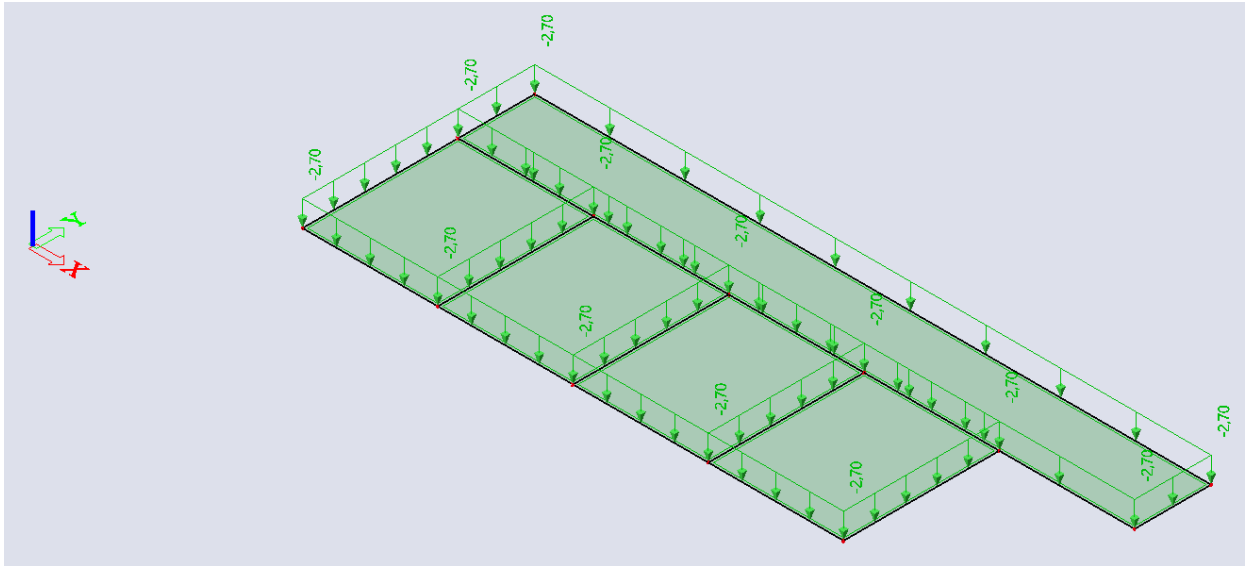


*Ploča pozicije 400/300/200/100-dodatno stalno opterećenje*

## b) Pokretno opterećenje

Pokretno opterećenje se uzima prema pravilniku: HRN EN 1991-2-1.

$$q_{400/300/200/100} = 2,70 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



*Ploča pozicije 400/300/200/100-promjenjivo opterećenje*



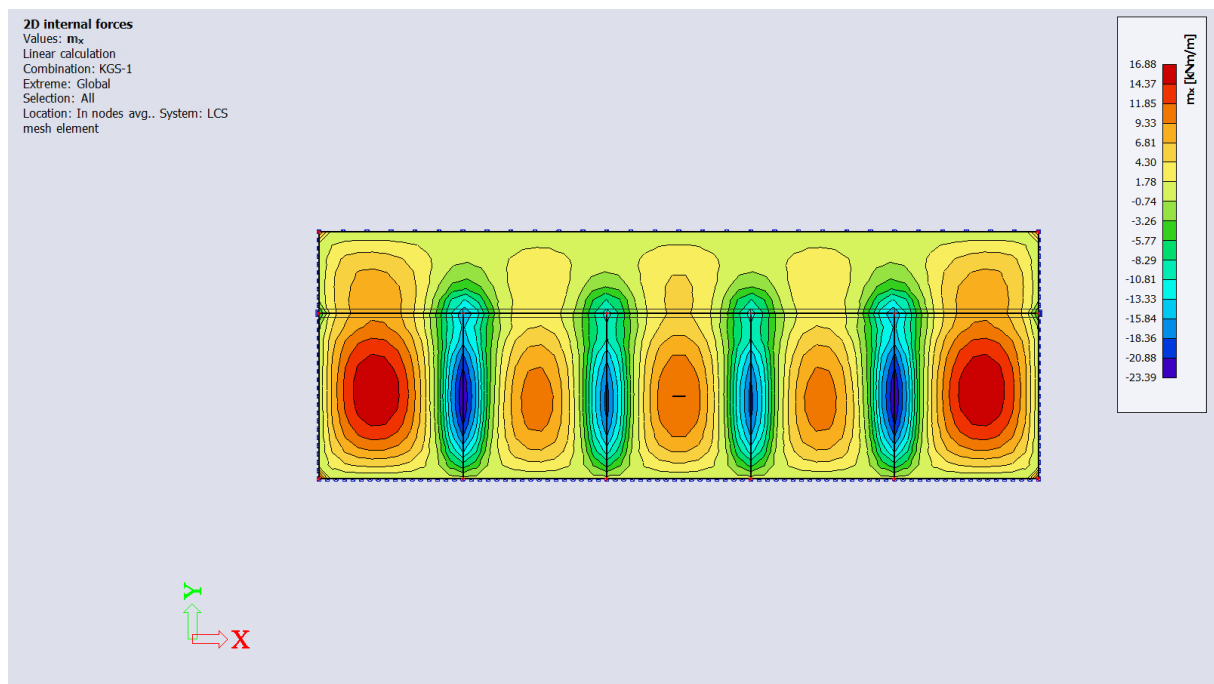
## 6. PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

### 6.1. Proračun ploča pozicije 501-krovnna ploča

#### 6.1.1. Prikaz rezultata

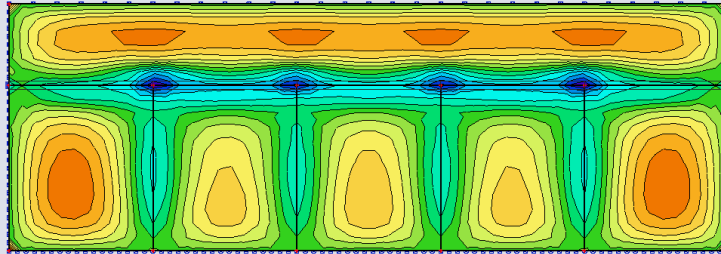
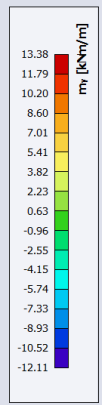
Mjerodavne kombinacije opterećenja:

- KGS:  $1,35 \cdot g_{500} + 1,5 \cdot q_{500}$
- GSU:  $1,0 \cdot g_{500} + 1,0 \cdot q_{500}$



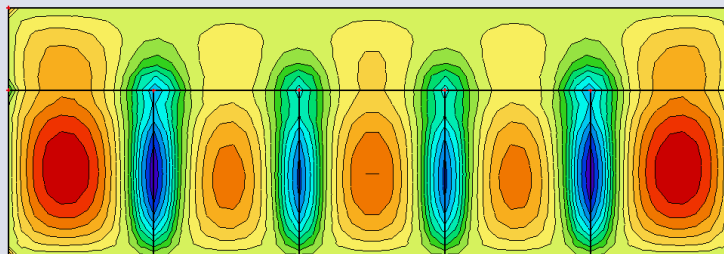
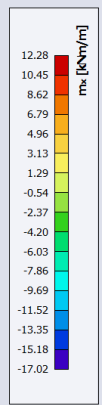
*Momenti savijanja  $M_x$  za KGS - ploča pozicije 501*

2D internal forces  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: KGS-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: LCS  
mesh element



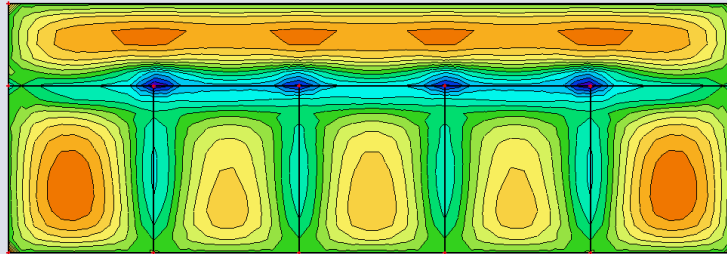
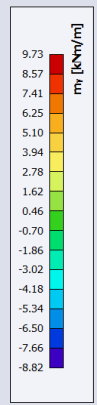
*Momenti savijanja  $M_y$  za KGS - ploča pozicije 501*

2D internal forces  
Values:  $m_x$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. Rotation of  
the planar system: LCS-Member 2D



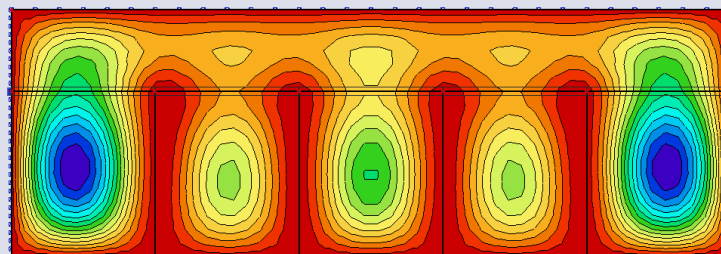
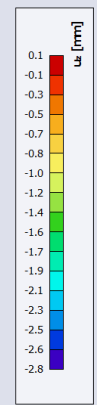
*Momenti savijanja  $M_x$  za GSU - ploča pozicije 501*

**2D internal forces**  
Values:  $m_y$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg., Rotation of the planar system: LCS-Member 2D



*Momenti savijanja  $M_y$  za GSU - ploča pozicije 501*

**2D displacement**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg., on macro.  
System: LCS mesh element



*Progib  $u_z$  za GSU - ploča pozicije 501*

### 6.1.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

Računska dopuštena naprezanja:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

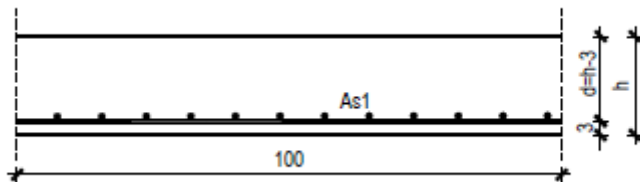
Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \right) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{3,2}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12,0 = 2,0 \text{ cm}^2/m' \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2/m'$$

#### 1.) Polje - ploče koje nose u dva smjera



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 16,88 \text{ kNm/m'}$$

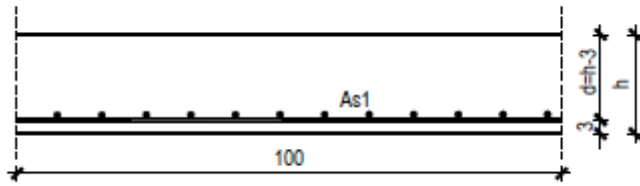
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16,88 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,059$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\%; \varepsilon_{c2} = 1,4; \zeta = 0,956$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{16,88 \cdot 100}{0,956 \cdot 12 \cdot 43,48} = 3,38 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: Q - 385} \rightarrow A_{s1} = 3,85 \text{ cm}^2/m'$$

2.) Polje - ploče koje nose u jednom smjeru



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 10,20 \text{ kNm/m'}$$

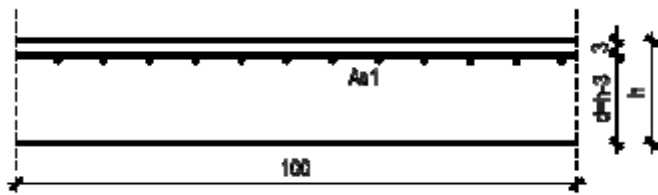
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10,20 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,035$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\%; \varepsilon_{c2} = 1,0; \zeta = 0,968$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10,20 \cdot 100}{0,968 \cdot 12 \cdot 43,48} = 2,02 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{R - 257} \rightarrow A_{s1} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

3.) Ležaj x - smjer



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 23,39 \text{ kNm/m'}$$

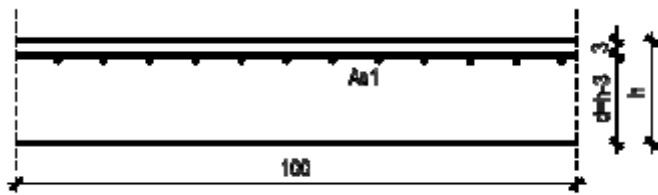
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,39 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,085$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,7; \zeta = 0,947$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,39 \cdot 100}{0,947 \cdot 12 \cdot 43,48} = 4,73 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{R - 503} \rightarrow A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

4.) Ležaj y - smjer



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 12,11 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,11 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,042$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12,11 \cdot 100}{0,965 \cdot 12 \cdot 43,48} = 2,41 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{R - 257} \rightarrow A_{s1} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

### 6.1.3. Kontrola progiba ploča

Maksimalni očitani linearni progib iznosi 2,8 mm

Nelinearni dugotrajni progib se procjenjuje 2,5 puta veći:

$$v = 2,5 \cdot 0,28 = 0,70 \text{ cm}$$

Maksimalni dozvoljeni progib:

$$v_{max} = \frac{L_1}{300} = \frac{530}{300} = 1,77 \text{ cm}$$

$v \leq v_{max} \rightarrow$  progibi zadovoljavaju

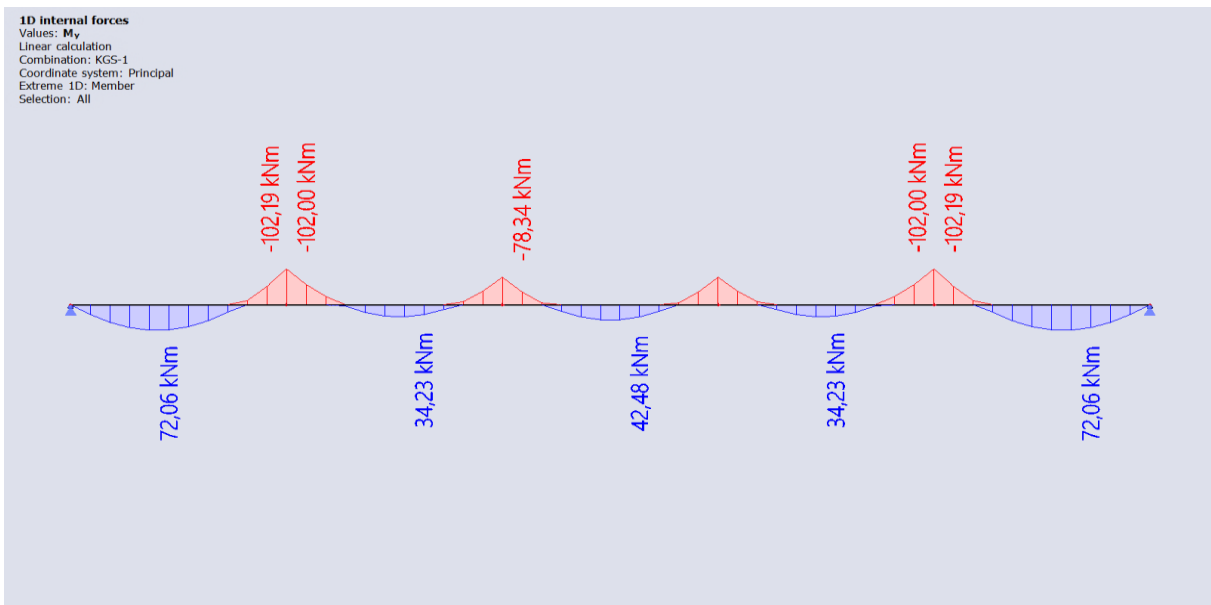


## 6.2. Proračun kontinuiranog nosača pozicije 502

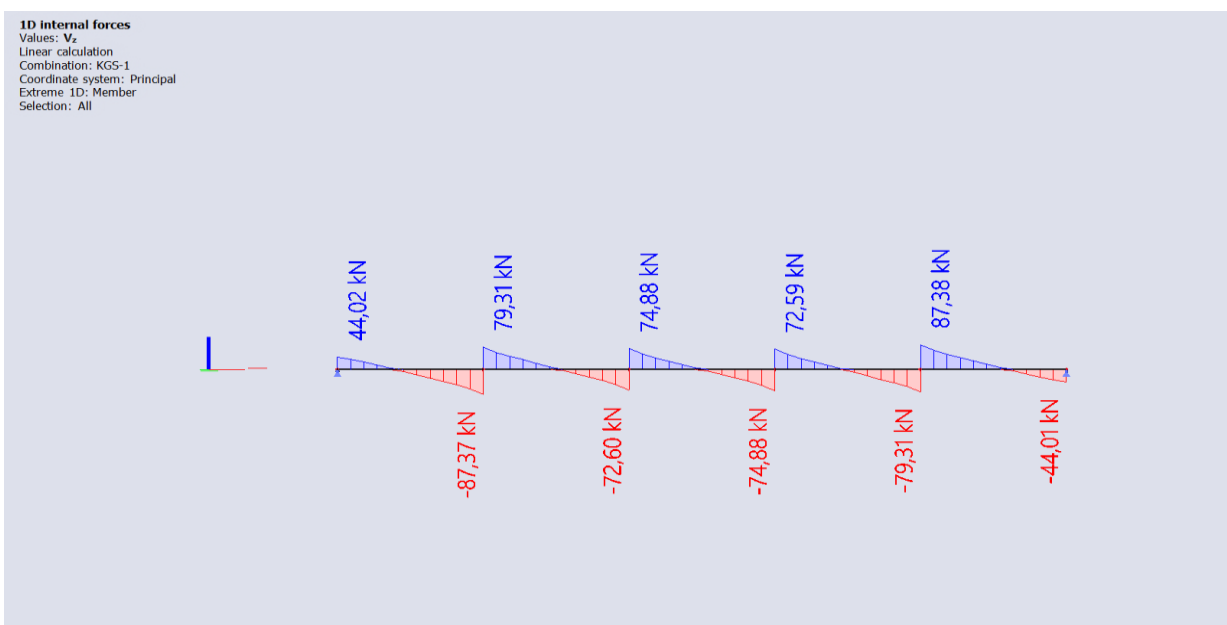
### 6.2.1. Prikaz rezultata

Mjerodavne kombinacije opterećenja:

- KGS:  $1,35 \cdot g_{500} + 1,5 \cdot q_{500}$
- GSU:  $1,0 \cdot g_{500} + 1,0 \cdot q_{500}$

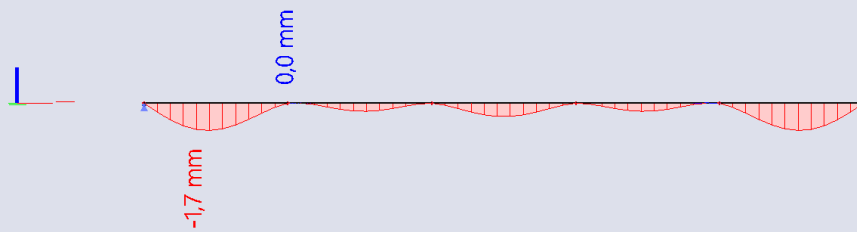


Dijagram momenta savijanja  $M_y$  za KGS - kontinuirani nosač pozicije 502



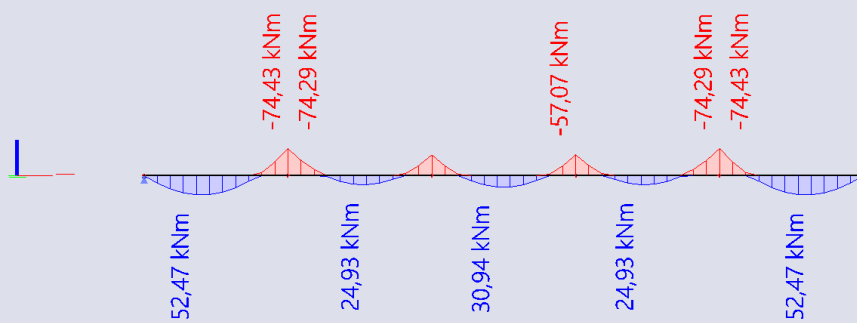
Dijagram poprečnih sila  $V_z$  za KGS - kontinuirani nosač pozicije 502

**1D deformations**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Global  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



*Progib  $u_z$  za GSU - kontinuirani nosač pozicije 502*

**1D internal forces**  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



*Dijagram momenta savijanja  $M_y$  za GSU - kontinuirani nosač pozicije 502*

### 6.2.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

Računska dopuštena naprezanja:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

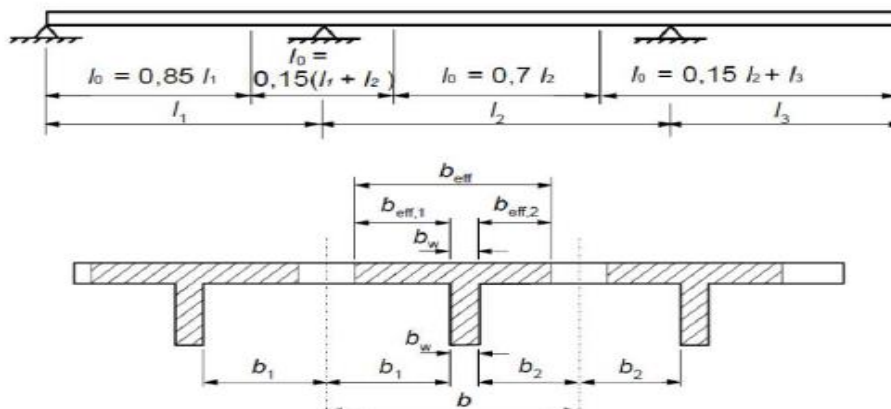
Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \right) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{3,2}{500} \right) \cdot 30 \cdot 40 = 2,0 \text{ cm}^2/\text{m}' \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 40 \cdot 30 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Određivanje sudjelujuće širine ploče:



Polje

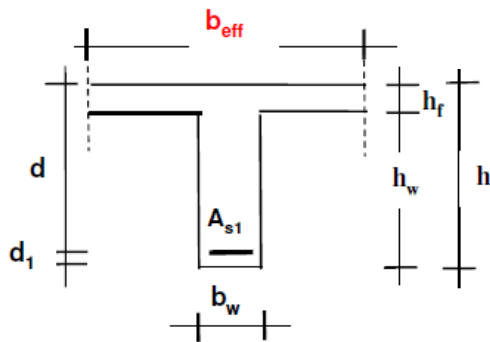
1:

$$b_{eff1} = b_w + \frac{0,85 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,85 \cdot 530}{5} = 120,1 \text{ cm}$$

Polje 3:

$$b_{eff3} = b_w + \frac{0,70 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,70 \cdot 530}{5} = 104,2 \text{ cm}$$

1.) Polje 1:



$$b_{eff_1} = 120,1 \text{ cm}$$

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

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

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

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

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

$$M_{Ed} = 72,06 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff_1} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{72,06 \cdot 100}{120,1 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,019$$

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

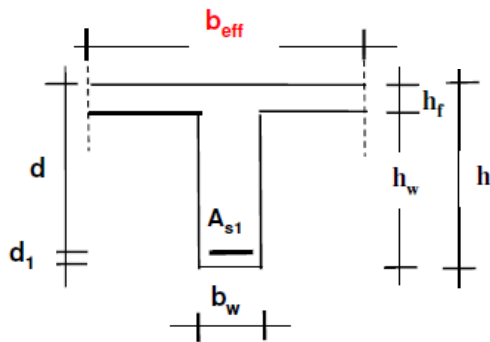
$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,065 \cdot 40 = 2,6 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \rightarrow \text{n. o. siječe ploču}$$

$$\text{Krak unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,977 \cdot 40 = 39,08 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{72,06 \cdot 100}{0,977 \cdot 40 \cdot 43,48} = 4,24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{2\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

2.) Polje 3:



$$b_{eff_3} = 120,1 \text{ cm}$$

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

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

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

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

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

$$M_{Ed} = 42,48 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff_3} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{42,48 \cdot 100}{104,2 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,013$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0,6; \zeta = 0,981; \xi = 0,057$$

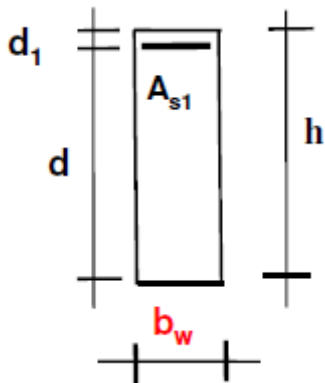
$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 40 = 2,28 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \rightarrow \text{n. o. siječe ploču}$$

$$\text{Krak unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,981 \cdot 40 = 39,24 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{42,48 \cdot 100}{0,981 \cdot 40 \cdot 43,48} = 2,49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{2\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

3.) Ležaj 1:



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

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

$$h = 45 \text{ cm}$$

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

$$M_{Ed} = 102,19 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{102,19 \cdot 100}{30 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,106$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,1; \zeta = 0,934; \xi = 0,174$$

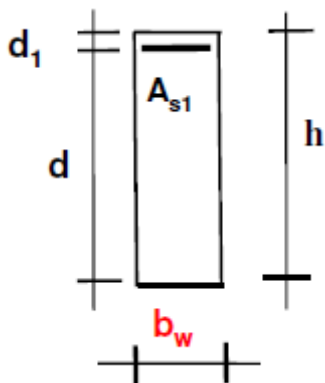
$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,174 \cdot 40 = 6,96 \text{ cm}$$

$$\text{Kрак unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,934 \cdot 40 = 37,36 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{102,19 \cdot 100}{0,934 \cdot 40 \cdot 43,48} = 6,29 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{3\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 7,63 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

4.) Ležaj 2:



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

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

$$h = 45 \text{ cm}$$

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

$$M_{Ed} = 78,34 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{78,34 \cdot 100}{30 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,082$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,7; \zeta = 0,947; \xi = 0,145$$

$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,145 \cdot 40 = 5,8 \text{ cm}$$

$$\text{Krak unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,947 \cdot 40 = 37,88 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{78,34 \cdot 100}{0,947 \cdot 40 \cdot 43,48} = 4,76 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{2\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

### 6.2.3. Dimenzioniranje na poprečne sile

1.) Ležaj 0:

$$V_{Ed} = 44,02 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 5,09}{30 \cdot 40} = 0,00848$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,00848 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 72420,96 \text{ N} = 72,42 \text{ kN}$$



$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$72,42 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{40}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 44,02 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 44,02 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{44,02}{633,6} = 0,07 \rightarrow V_{Ed} = 0,07 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \phi 8 \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \geq V_{Ed,max} = 44,02 \text{ kN}$$

Dovoljna nosivost minimalne poprečne armature  **$\phi 8/30 \text{ cm}$**  uz ležaj 0

2.) Ležaj 1:

$$V_{Ed} = 87,37 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 7,63}{30 \cdot 40} = 0,011$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 76512,50 \text{ N} = 76,51 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$76,51 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{40}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 87,37 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 87,37 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{87,37}{633,6} = 0,14 \rightarrow V_{Ed} = 0,14 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \phi 8 \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} = 87,37 \text{ kN}$$

Nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature uz ležaj 1

f) Potrebni razmak spona ( $s_{pot}$ ):

$$s_{pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 40)}{87,37} = 17,92 \text{ cm}$$

Odabrane spone uz ležaj 1:  **$\phi 8/15 \text{ cm}$**

3.) Ležaj 2:

$$V_{Ed} = 74,88 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 3,08}{30 \cdot 40} = 0,00681$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,00681 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 67315,45 \text{ N} = 67,32 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$67,32 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{40}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 74,88 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 74,88 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{74,88}{633,6} = 0,12 \rightarrow V_{Ed} = 0,14 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \phi 8 \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} = 74,88 \text{ kN}$$

Nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature uz ležaj 2

f) Potrebni razmak spona ( $s_{pot}$ ):

$$s_{pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 40)}{74,88} = 20,90 \text{ cm}$$

Odabrane spone uz ležaj 2:  **$\phi 8/20 \text{ cm}$**



#### 6.2.4. Kontrola širine pukotina

$$M_{Ed} = 52,47 \text{ kN}$$

a) Prognoza širine pukotine:

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + a_{el} \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{52,47 \cdot 100}{\left(40 - \frac{8,04}{3}\right) \cdot 5,09} = 27,62 \text{ kN/cm}^2 = 276,22 \text{ MPa}$$

Efektivna vlačna čvrstoća betona:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3,2$$

Omjer modula elastičnosti armature i betona:

$$a_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{35} = 6,06$$

Koeficijent s obzirom na trajanje opterećenja:

$$k_t = 0,4 \rightarrow \text{dugotrajno opterećenje}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5,09}{30 \cdot 8,04} = 0,02$$

Položaj neutralne osi:

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,06 \cdot 5,09}{30} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 40}{6,06 \cdot 5,09}}\right) = 8,04 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{276,22 - 0,4 \cdot \frac{3,2}{0,02} \cdot (1 + 6,06 \cdot 0,02)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{276,22}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00106 \geq 0,00083$$

b) Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

$$c = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{zaštitni sloj uzdužne armature}$$

$$k_1 = 0,8 \rightarrow \text{rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0,5 \rightarrow \text{savijanje}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{18}{0,02} = 255,0 \text{ mm}$$

c) Proračunska karakteristična širina pukotine:

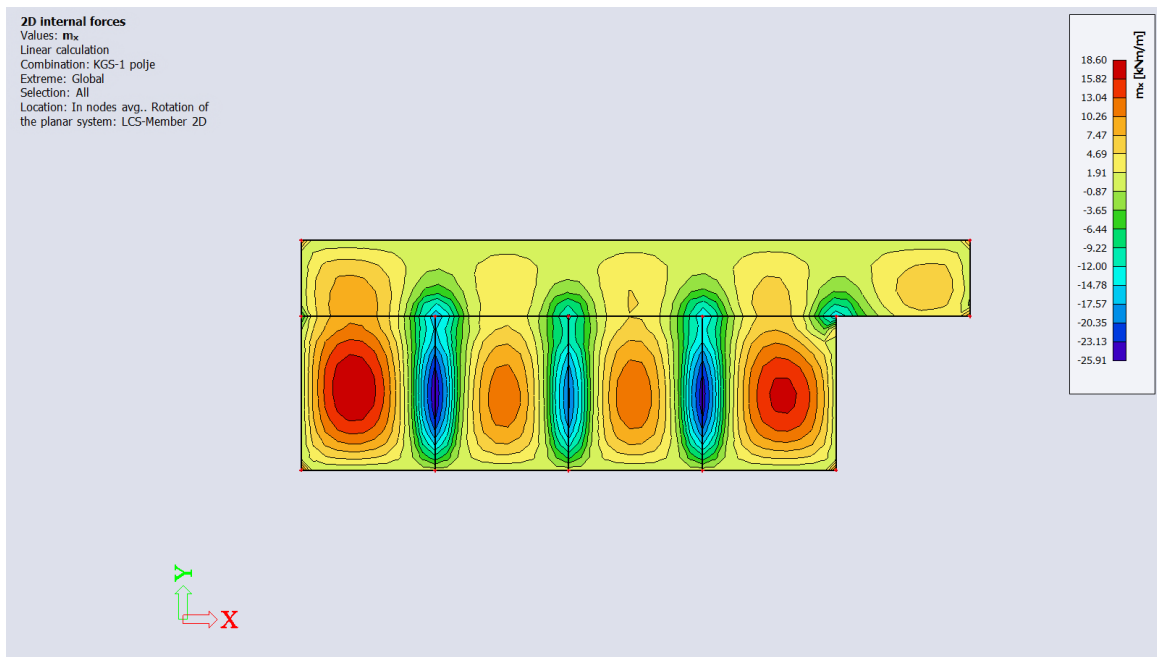
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 255,0 \cdot 0,00106 = 0,27 \text{ mm} \leq w_g = 0,30 \text{ mm}$$

## 6.3. Proračun ploča pozicije 401/301/201/101-međukatna ploča

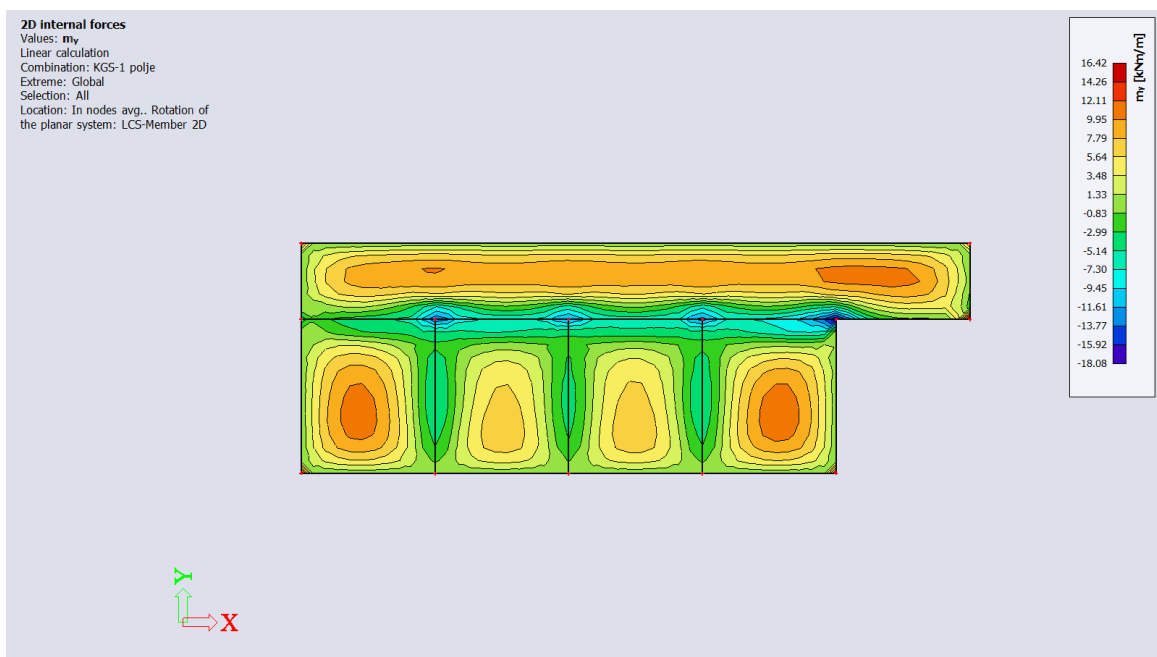
### 6.3.1. Prikaz rezultata

Mjerodavne kombinacije opterećenja:

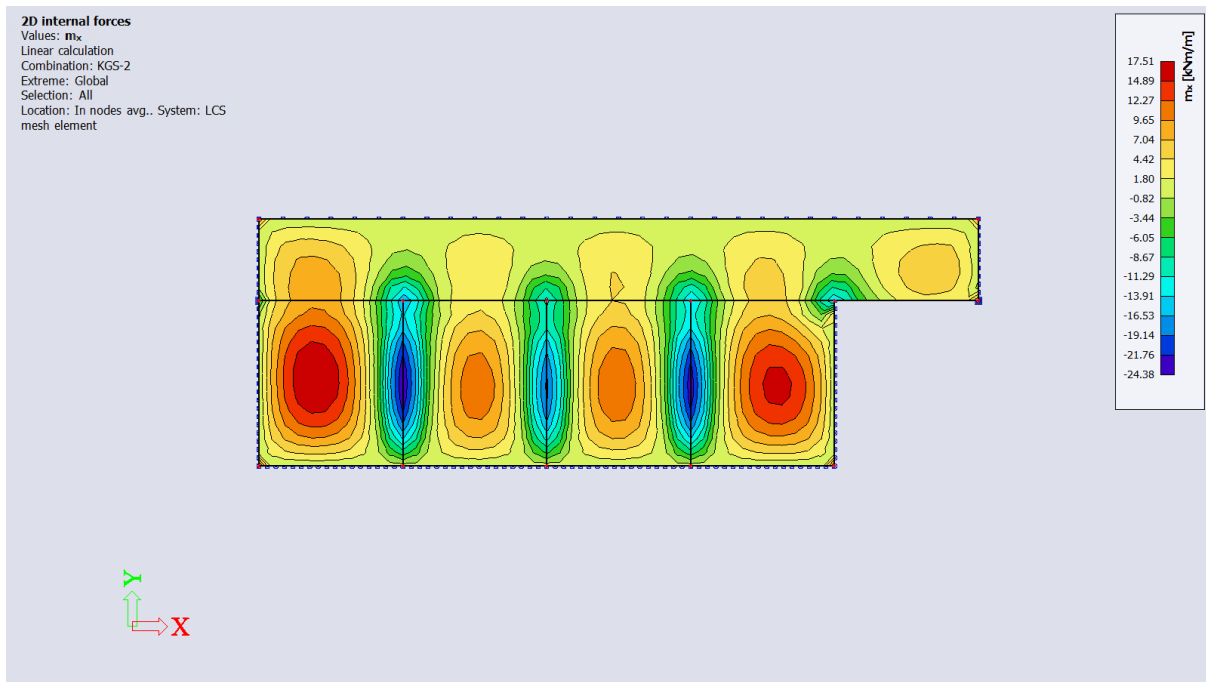
- KGS-1:  $1,35 \cdot g_{400} + 1,5 \cdot 1,2 \cdot q_{400}$
- KGS-2:  $1,35 \cdot g_{400} + 1,5 \cdot q_{400}$
- GSU-1:  $1,0 \cdot g_{400} + 1,0 \cdot q_{400}$



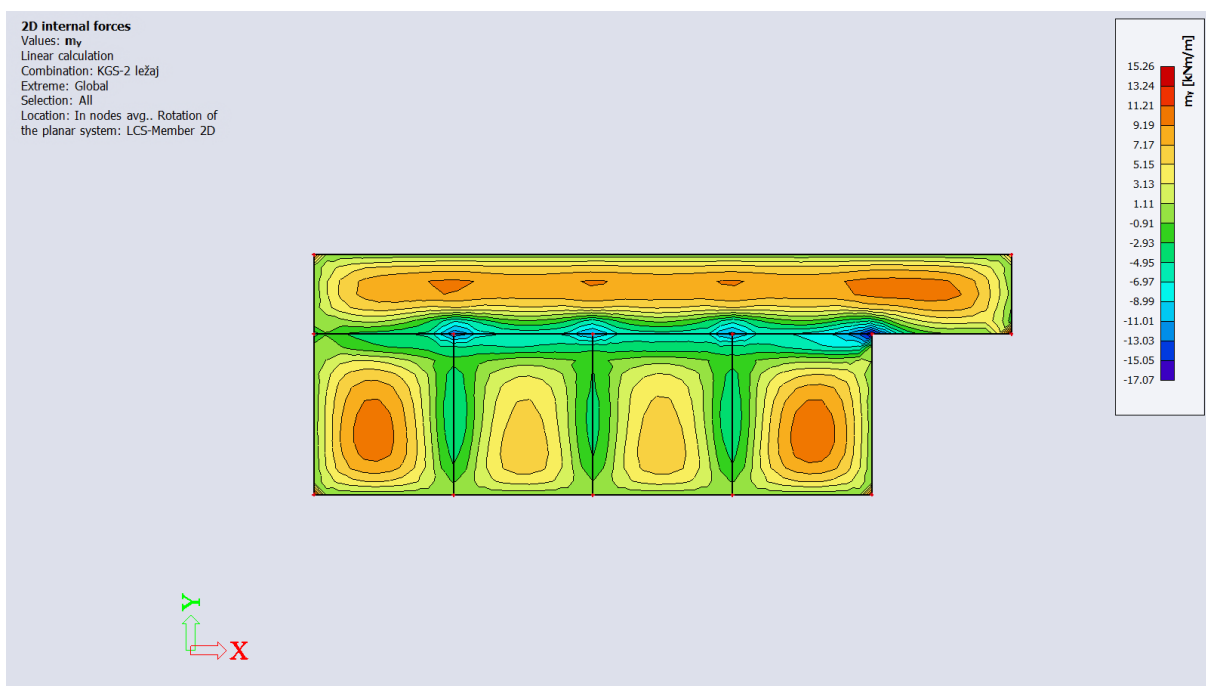
Momenti savijanja  $M_x$  za KGS-1 - ploča pozicije 401/301/201/101



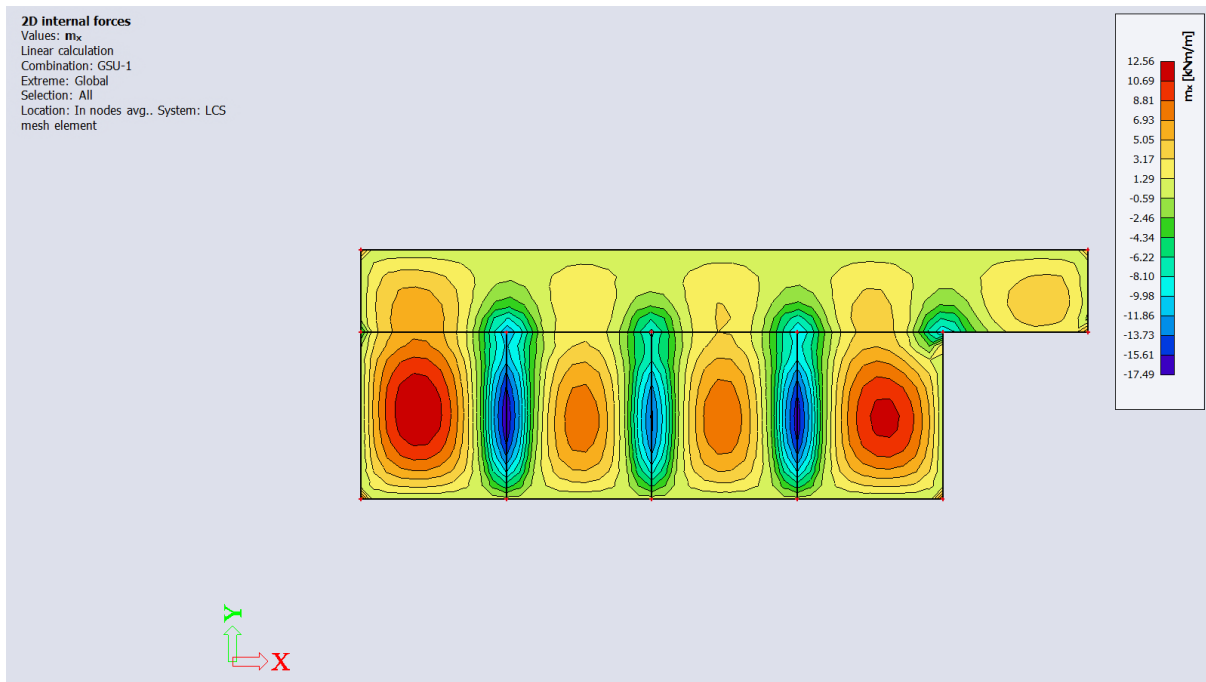
Momenti savijanja  $M_y$  za KGS-1 - ploča pozicije 401/301/201/101



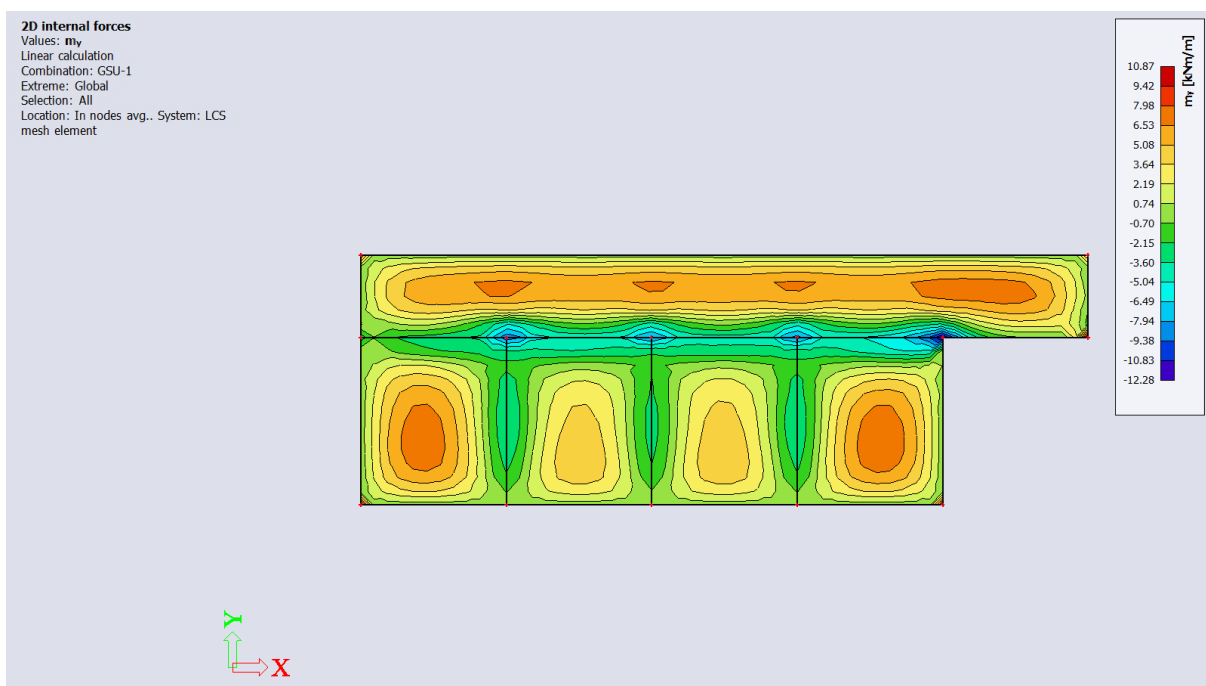
*Momenti savijanja  $M_x$  za KGS-2 - ploča pozicije 401/301/201/101*



*Momenti savijanja  $M_y$  za KGS-2 - ploča pozicije 401/301/201/101*

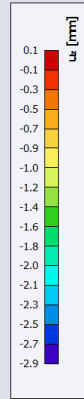
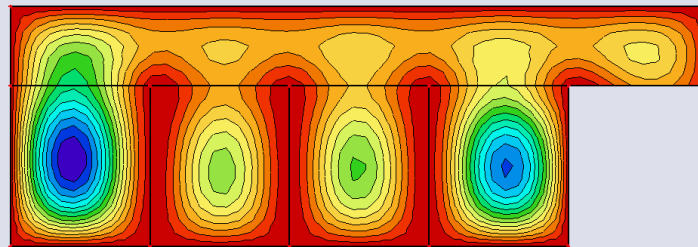


*Momenti savijanja  $M_x$  za GSU-1 - ploča pozicije 401/301/201/101*



*Momenti savijanja  $M_y$  za GSU-1 - ploča pozicije 401/301/201/101*

**2D displacement**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



*Progib  $u_z$  za GSU-1 - ploča pozicije 401/301/201/101*

### 6.3.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

Računska dopuštena naprezanja:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

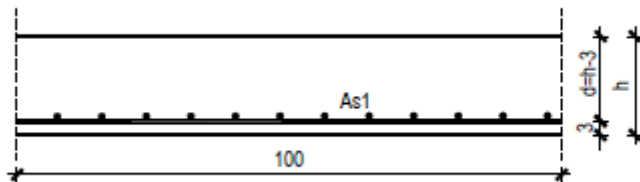
Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \right) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{3,2}{500} \right) \cdot 100 \cdot 12,0 = 2,0 \text{ cm}^2/\text{m}' \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 12 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

#### 1.) Polje - ploče koje nose u dva smjera



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 18,60 \text{ kNm}/\text{m}'$$

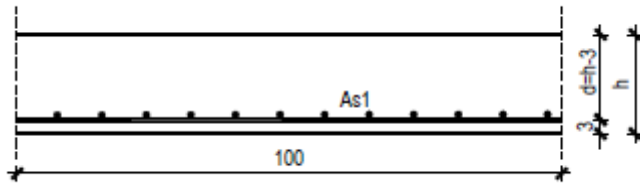
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18,60 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,065$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\%; \varepsilon_{c2} = 1,5; \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18,60 \cdot 100}{0,953 \cdot 12 \cdot 43,48} = 3,74 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: Q - 385} \rightarrow A_{s1} = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

2.) Polje - ploče koje nose u jednom smjeru



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 12,11 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,11 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,042$$

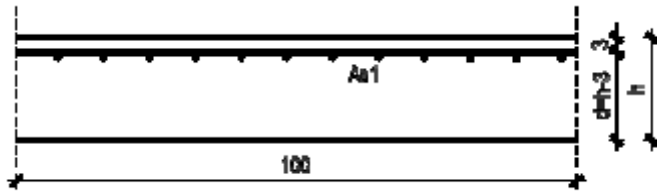
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\%; \varepsilon_{c2} = 1,1; \zeta = 0,965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12,11 \cdot 100}{0,965 \cdot 12 \cdot 43,48} = 2,41 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{R - 257} \rightarrow A_{s1} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m'}$$



3.) Ležaj x - smjer



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 24,38 \text{ kNm/m'}$$

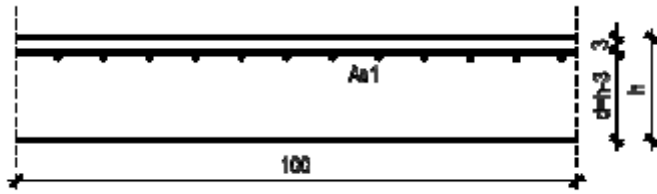
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{24,38 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,084$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,7; \zeta = 0,947$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{24,38 \cdot 100}{0,947 \cdot 12 \cdot 43,48} = 4,93 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{R - 503} \rightarrow A_{s1} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

4.) Ležaj y - smjer



$$h = 15,0 \text{ cm}$$

$$d = 12,0 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 17,07 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{17,07 \cdot 100}{100 \cdot 12^2 \cdot 2,667} = 0,059$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{17,07 \cdot 100}{0,956 \cdot 12 \cdot 43,48} = 3,42 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **R – 385**  $\rightarrow A_{s1} = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m'}$

### 6.3.3. Kontrola progiba ploča

Maksimalni očitani linearni progib iznosi 2,9 mm

Nelinearni dugotrajni progib se procjenjuje 2,5 puta veći:

$$v = 2,5 \cdot 0,29 = 0,73 \text{ cm}$$

Maksimalni dozvoljeni progib:

$$v_{max} = \frac{L_1}{300} = \frac{530}{300} = 1,77 \text{ cm}$$

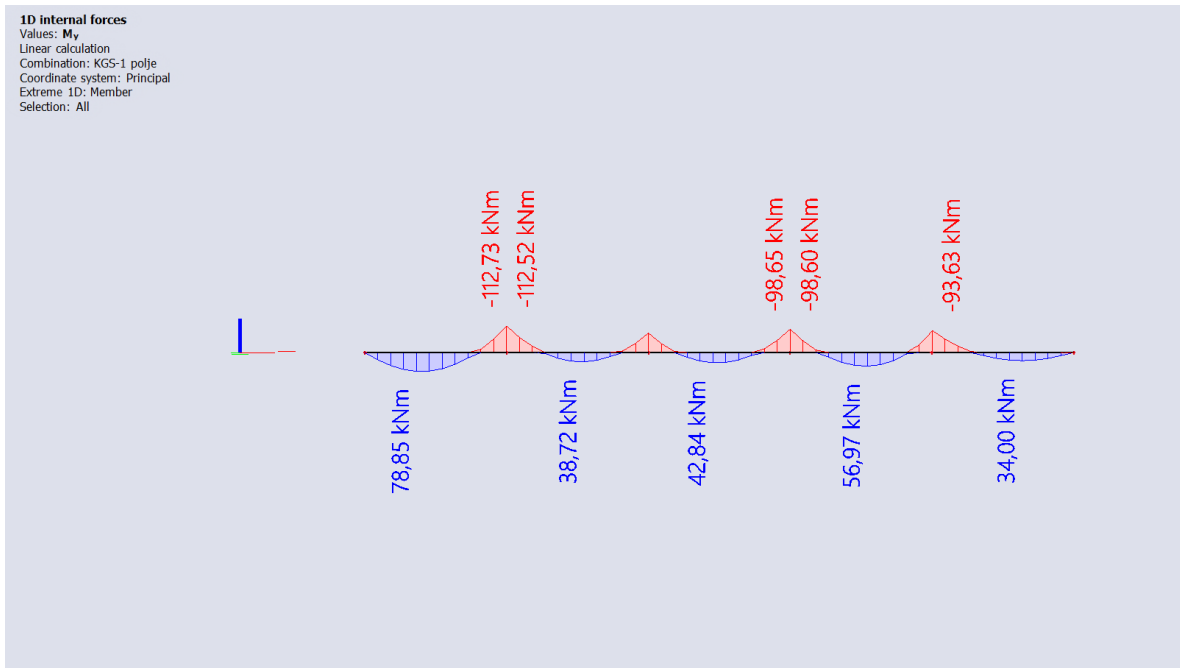
$v \leq v_{max} \rightarrow$  progibi zadovoljavaju

## 6.4. Proračun kontinuiranog nosača pozicije 402/302/202/102

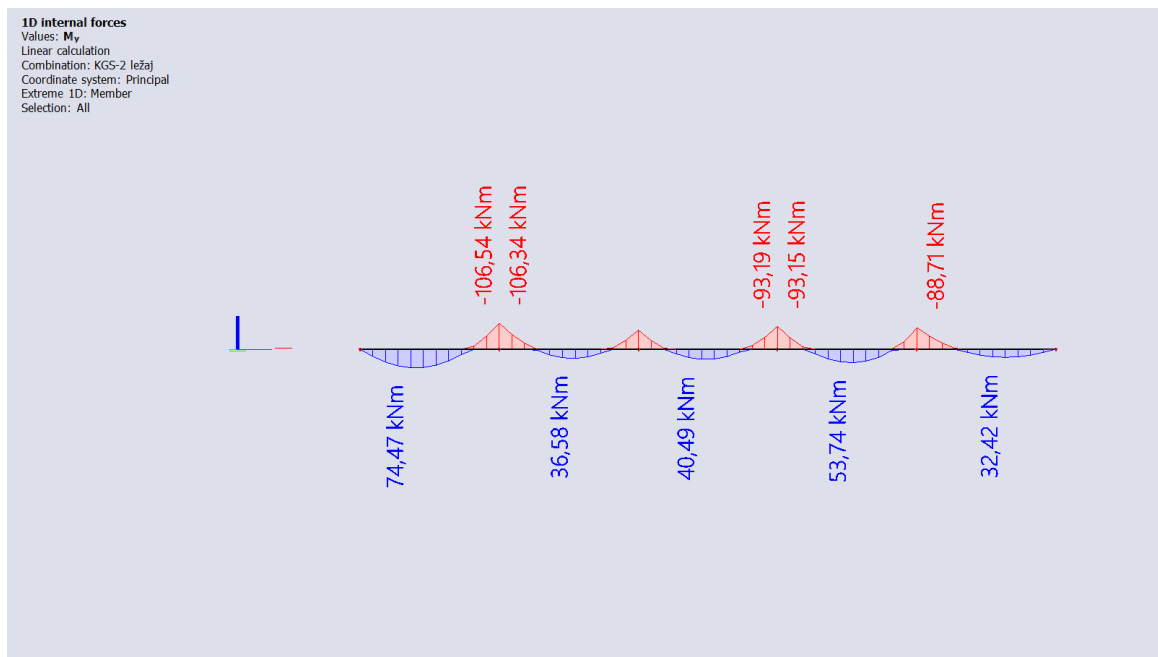
### 6.4.1. Prikaz rezultata

Mjerodavne kombinacije opterećenja:

- KGS-1:  $1,35 \cdot g_{400} + 1,5 \cdot 1,2 \cdot q_{400}$
- KGS-2:  $1,35 \cdot g_{400} + 1,5 \cdot q_{400}$
- GSU-1:  $1,0 \cdot g_{400} + 1,0 \cdot q_{400}$

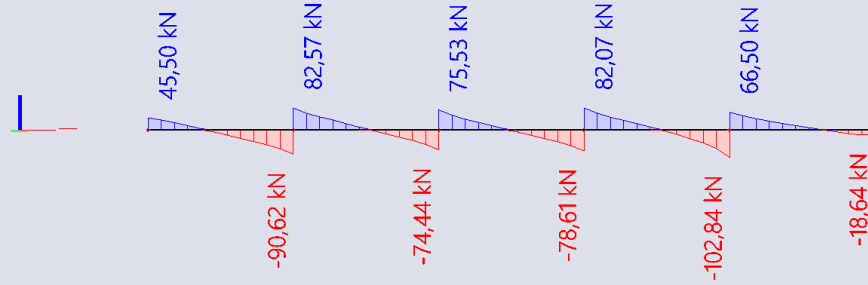


Dijagram momenta savijanja  $M_y$  za KGS-1 - kontinuirani nosač pozicije 402/302/202/102



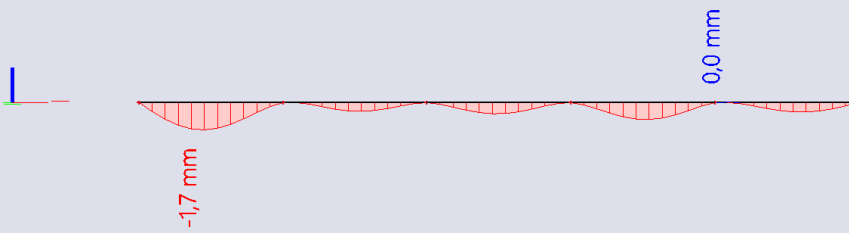
Dijagram momenta savijanja  $M_y$  za KGS-2 - kontinuirani nosač pozicije 402/302/202/102

**1D internal forces**  
Values:  $V_z$   
Linear calculation  
Combination: KGS-2 ležaj  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



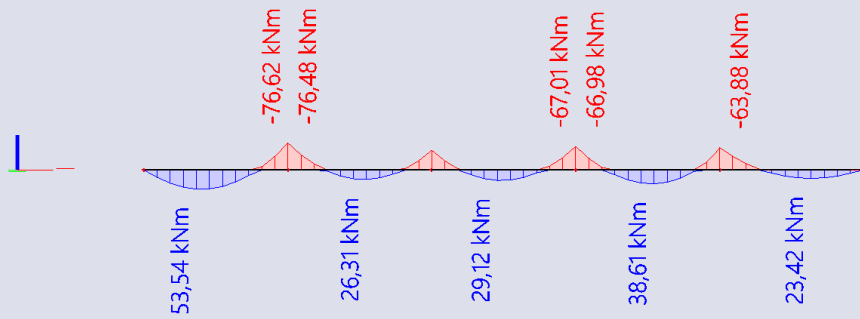
*Dijagram poprečnih sila  $V_z$  za KGS-2 - kontinuirani nosač pozicije 402/302/202/102*

**1D deformations**  
Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Global  
Extreme 1D: Global  
Selection: All



*Progib  $u_z$  za GSU-1 - kontinuirani nosač pozicije 402/302/202/102*

1D internal forces  
Values:  $M_y$   
Linear calculation  
Combination: GSU-1  
Coordinate system: Principal  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



*Dijagram momenta savijanja  $M_y$  za GSU-1 - kontinuirani nosač pozicije 402/302/202/102*

### 6.4.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

Računska dopuštena naprezanja:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

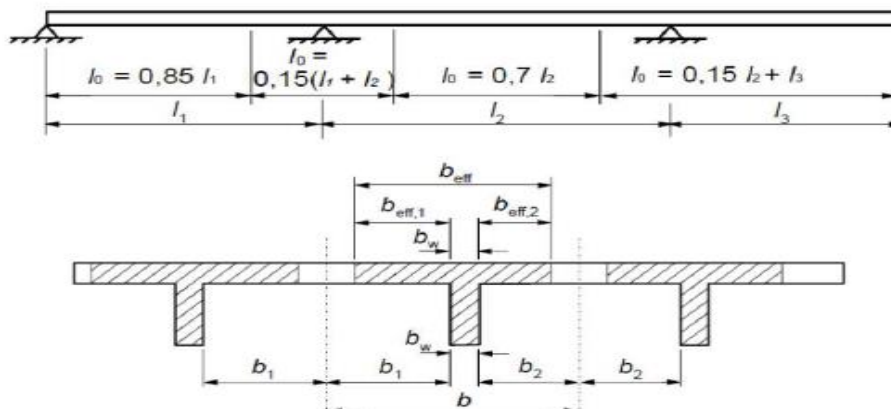
Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \right) \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \left( \frac{3,2}{500} \right) \cdot 30 \cdot 40 = 2,0 \text{ cm}^2/\text{m}' \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 40 \cdot 30 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Određivanje sudjelujuće širine ploče:



Polje

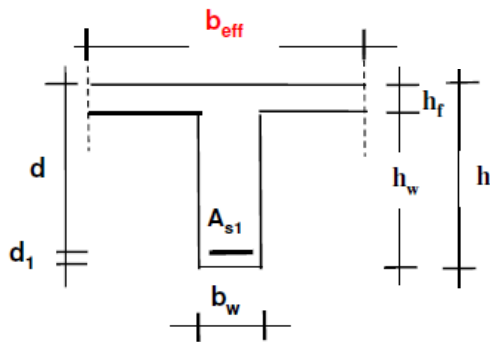
1:

$$b_{eff1} = b_w + \frac{0,85 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,85 \cdot 530}{5} = 120,1 \text{ cm}$$

Polje 2:

$$b_{eff2} = b_w + \frac{0,70 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,70 \cdot 530}{5} = 104,2 \text{ cm}$$

1.) Polje 1:



$$b_{eff_1} = 120,1 \text{ cm}$$

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

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

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

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

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

$$M_{Ed} = 78,85 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff_1} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{78,85 \cdot 100}{120,1 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,021$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\%$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,8$ ;  $\zeta = 0,974$ ;  $\xi = 0,074$

Položaj n.o.:  $x = \xi \cdot d = 0,074 \cdot 40 = 2,96 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \rightarrow \text{n. o. siječe ploču}$

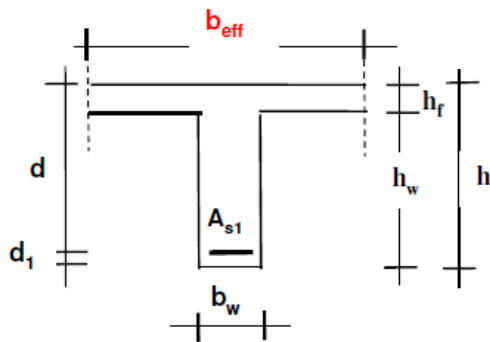
Krak unutarnjih sila:  $z = \zeta \cdot d = 0,974 \cdot 40 = 38,96 \text{ cm}$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{78,85 \cdot 100}{0,974 \cdot 40 \cdot 43,48} = 4,65 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **2φ18**  $\rightarrow A_{s1} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m'}$



2.) Polje 3:



$$b_{eff_3} = 104,2 \text{ cm}$$

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

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

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

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

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

$$M_{Ed} = 56,97 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff_3} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{56,97 \cdot 100}{104,2 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,017$$

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

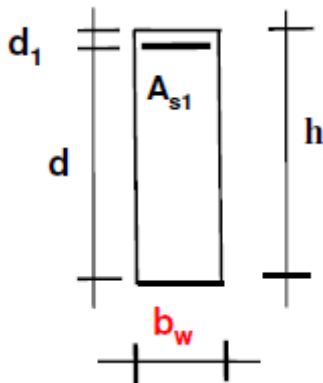
$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,065 \cdot 40 = 2,6 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \rightarrow \text{n. o. siječe ploču}$$

$$\text{Krak unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,977 \cdot 40 = 39,08 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{56,97 \cdot 100}{0,977 \cdot 40 \cdot 43,48} = 3,35 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{2\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 5,09 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

3.) Ležaj 1:



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

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

$$h = 45 \text{ cm}$$

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

$$M_{Ed} = 106,54 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{106,54 \cdot 100}{30 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,111$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 2,1; \zeta = 0,934; \xi = 0,174$$

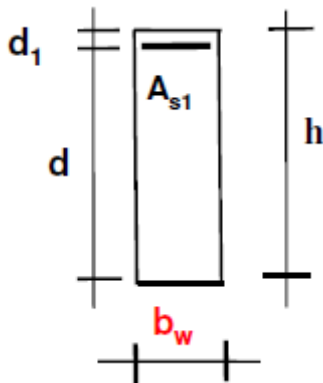
$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,174 \cdot 40 = 6,96 \text{ cm}$$

$$\text{Kрак unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,934 \cdot 40 = 37,36 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{106,54 \cdot 100}{0,934 \cdot 40 \cdot 43,48} = 6,56 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{3\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 7,63 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

4.) Ležaj 2:



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

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

$$h = 45 \text{ cm}$$

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

$$M_{Ed} = 93,15 \text{ kNm/m'}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{93,15 \cdot 100}{30 \cdot 40^2 \cdot 2,667} = 0,097$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,9; \zeta = 0,941; \xi = 0,160$$

$$\text{Položaj n.o.: } x = \xi \cdot d = 0,160 \cdot 40 = 6,4 \text{ cm}$$

$$\text{Kрак unutarnjih sila: } z = \zeta \cdot d = 0,941 \cdot 40 = 37,64 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{93,15 \cdot 100}{0,947 \cdot 40 \cdot 43,48} = 5,66 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odabrana armatura: } \mathbf{3\phi 18} \rightarrow A_{s1} = 7,63 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

### 6.4.3. Dimenzioniranje na poprečne sile

1.) Ležaj 0:

$$V_{Ed} = 45,50 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 5,09}{30 \cdot 40} = 0,00848$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,00848 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 72420,96 \text{ N} = 72,42 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$72,42 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 45,50 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 45,50 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{45,50}{633,6} = 0,07 \rightarrow V_{Ed} = 0,07 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \phi 8 \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \geq V_{Ed,max} = 45,50 \text{ kN}$$

Dovoljna nosivost minimalne poprečne armature  **$\phi 8/30 \text{ cm}$**  uz ležaj 0

2.) Ležaj 1:

$$V_{Ed} = 102,84 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 7,63}{30 \cdot 40} = 0,011$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 76512,50 \text{ N} = 76,51 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$76,51 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 102,84 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 102,84 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{102,84}{633,6} = 0,16 \rightarrow V_{Ed} = 0,16 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$



d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \phi 8 \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} = 102,84 \text{ kN}$$

Nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature uz ležaj 1

f) Potrebni razmak spona ( $s_{pot}$ ):

$$s_{pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 40)}{102,84} = 15,22 \text{ cm}$$

Odabrane spone uz ležaj 1:  **$\phi 8/15 \text{ cm}$**

3.) Ležaj 2:

$$V_{Ed} = 82,07 \text{ kN}$$

a) Nosivost betona s odabranom uzdužnom armaturom na poprečnu silu ( $V_{Rd,c}$ ):

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1,71 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,71$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,09 + 5,09}{30 \cdot 40} = 0,00848$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,71 \cdot (100 \cdot 0,00848 \cdot 40,0)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} = 72420,96 \text{ N} = 72,42 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

$$V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,71^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$V_{Rd,c} \geq (0,43 + 0,15 \cdot 0,0) \cdot 300 \cdot 400$$

$$V_{Rd,c} \geq 51600 \text{ N} = 51,6 \text{ kN}$$

$$72,42 \text{ kN} \geq 51,6 \text{ kN}$$

b) Maksimalna poprečna sila – nosivost tlačnih dijagonala ( $V_{Rd,max}$ ):

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 400 \cdot 26,67 = 633600 \text{ N} = 633,6 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 82,07 \text{ kN}$$

c) Maksimalni razmak spona ( $s_{max}$ ):

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 82,07 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{82,07}{633,6} = 0,13 \rightarrow V_{Ed} = 0,13 \cdot V_{Rd,max} \leq 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d; 30 \text{ cm} \\ 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm}; 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

d) Minimalna površina jedne grane spone ( $A_{sw,min}$ ):

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_{max} \cdot b_w}{m}$$

$$A_{sw,min} = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrani profil spone } \mathbf{\phi 8} \text{ (} A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Minimalna poprečna armatura (spone):  $\phi 8/30 \text{ cm}$

e) Otpornost elementa sa minimalnom poprečnom armaturom ( $\phi 8/30 \text{ cm}$ ):

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30,0} \cdot (0,9 \cdot 40) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 52,18 \text{ kN} \leq V_{Ed,max} = 82,07 \text{ kN}$$

Nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature uz ležaj 2

f) Potrebni razmak spona ( $s_{pot}$ ):

$$s_{pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 40)}{82,07} = 19,07 \text{ cm}$$

Odabrane spone uz ležaj 2:  $\mathbf{\phi 8/15 \text{ cm}}$

#### 6.4.4. Kontrola širine pukotina

$$M_{Ed} = 53,54 \text{ kN}$$

a) Prognoza širine pukotine:

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + a_{el} \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pukotine:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{53,54 \cdot 100}{\left(40 - \frac{8,04}{3}\right) \cdot 5,09} = 28,19 \text{ kN/cm}^2 = 281,85 \text{ MPa}$$

Efektivna vlačna čvrstoća betona:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3,2$$

Omjer modula elastičnosti armature i betona:

$$a_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6,06$$

Koeficijent s obzirom na trajanje opterećenja:

$$k_t = 0,4 \rightarrow \text{dugotrajno opterećenje}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{5,09}{30 \cdot 8,04} = 0,02$$

Položaj neutralne osi:

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,06 \cdot 5,09}{30} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 40}{6,06 \cdot 5,09}}\right) = 8,04 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{281,85 - 0,4 \cdot \frac{3,2}{0,02} \cdot (1 + 6,06 \cdot 0,02)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{281,85}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00108 \geq 0,00085$$

b) Srednji razmak pukotina:

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

$$\phi = 18 \text{ mm}$$

$c = 30 \text{ mm}$  → zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  → rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  → savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{18}{0,02} = 255,0 \text{ mm}$$

c) Proračunska karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 255,0 \cdot 0,00108 = 0,28 \text{ mm} \leq w_g = 0,30 \text{ mm}$$

## 7. 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  $a_g = 0,24g$ , 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%).

$$W = \sum G + \sum \varphi \cdot \Psi_{2i} \cdot Q_i = 1,0 \cdot G + (0,5 \cdot 0,6 \cdot Q)$$

Koeficijent za proračun ordinata spektra odgovara:

Faktor važnosti objekta:

$$\Psi = 1,0$$

Faktor ponašanja konstrukcije:

$$k_w = 0,5 < (1 + \alpha_0)/3 \leq 1$$

$$\alpha_0 = \sum H_{wi} / \sum L_{wi}$$

$H_{wi}$  = visina i – tog zida

$L_{wi}$  = dužina i – tog zida

$$\alpha_0 = \frac{6 \cdot 16,5}{2 \cdot 9,1 + 4 \cdot 6,1} = 2,32$$

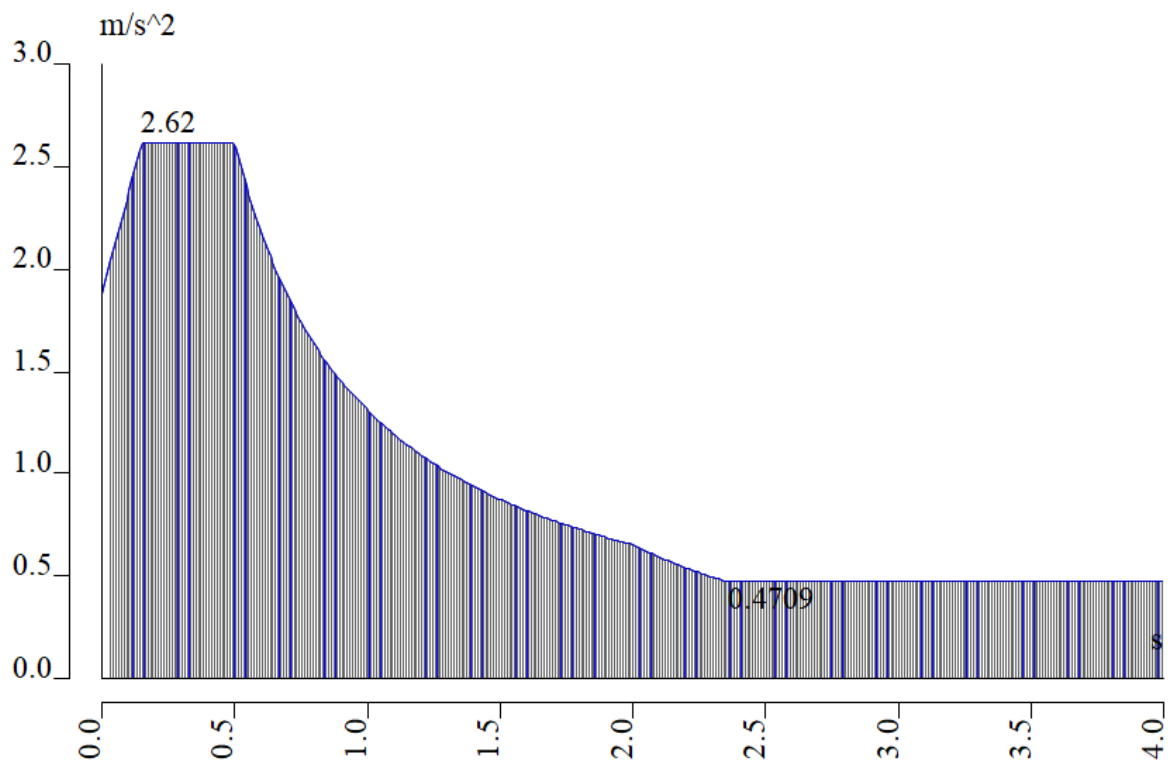
$$k_w = \frac{1 + 2,32}{3} = 1,11$$

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

$$q = 3,0 \cdot 1,11 = 3,33$$

Tip temeljnog tla B:

$$S = 1,2; T_S = 0,15s; T_C = 0,5s; T_D = 2,0s$$



*Seizmički spektar*

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



Rezultati modalne analize

Relative modal masses

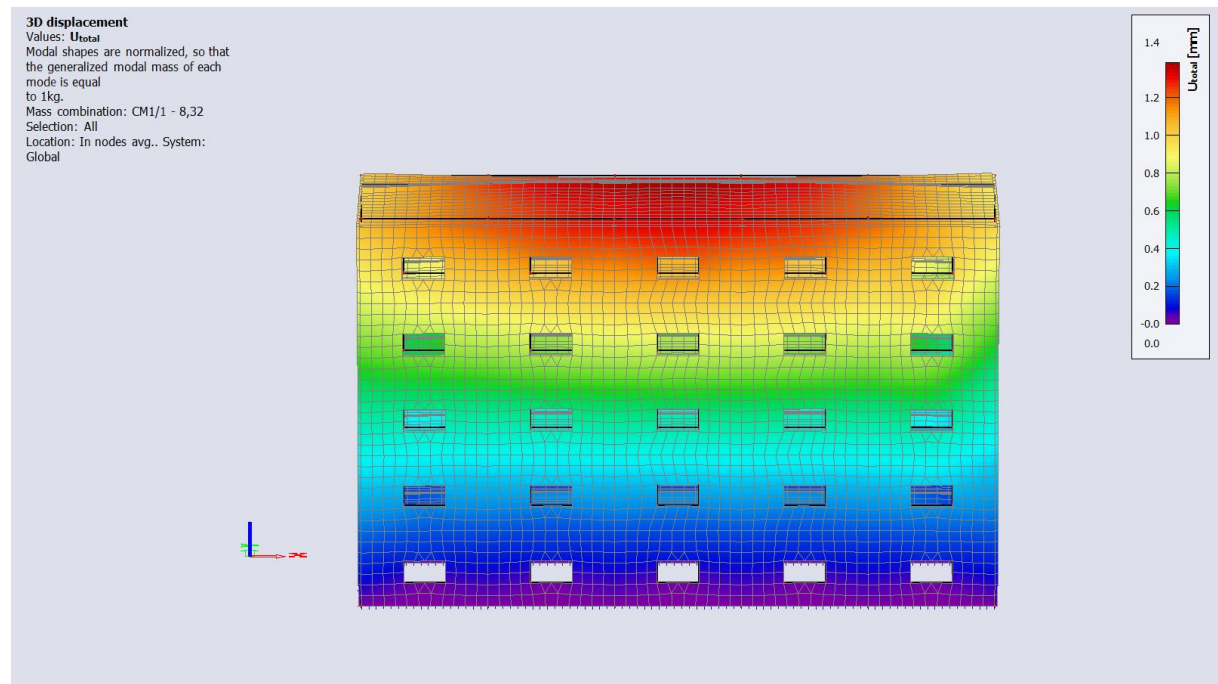
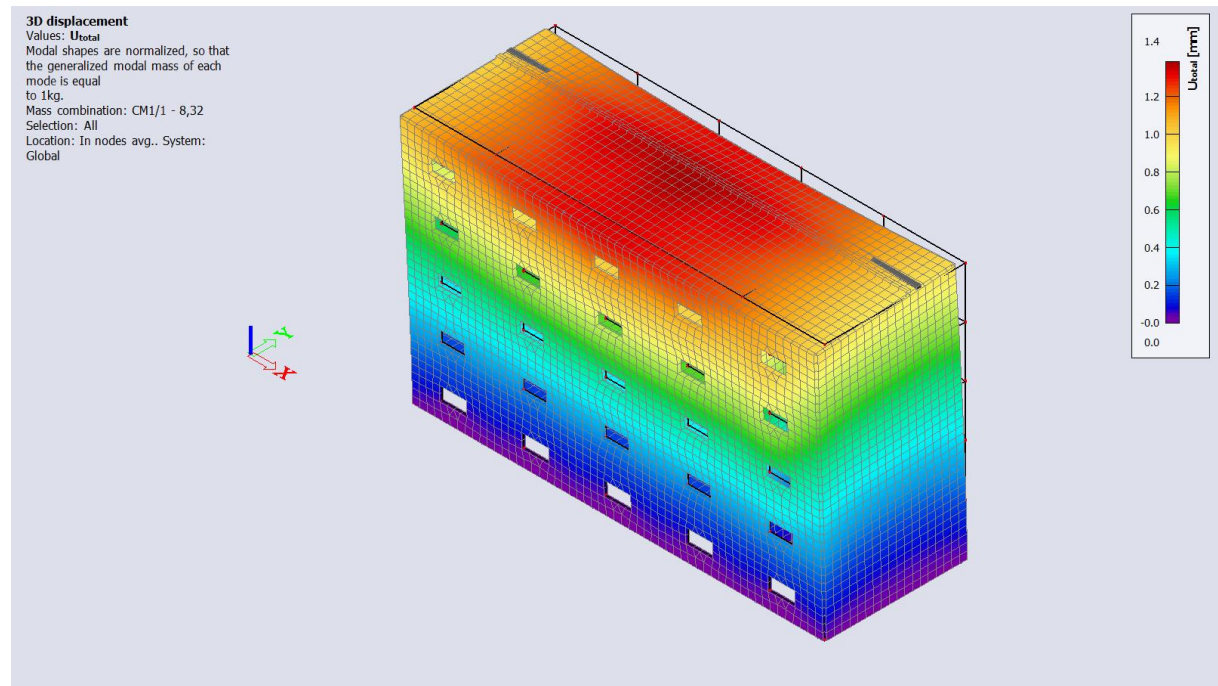
Mode	mega [rad/s	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$N_{xi,R}/W_{xtot,F}$	$N_{yi,R}/W_{ytot,F}$	$N_{zi,R}/W_{ztot,F}$
1	52.2848	0,12	8,32	0,0000	0,6728	0,0064	0,2470	0,0000	0,0000
2	80.2653	0,08	12,77	0,7886	0,0000	0,0002	0,0000	0,1009	0,0000
3	85.2625	0,07	13,57	0,0002	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000
4	90.1521	0,07	14,35	0,0039	0,0000	0,0009	0,0000	0,0005	0,0018
5	94.2504	0,07	15,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
6	95.362	0,07	15,18	0,0010	0,0002	0,0004	0,0000	0,0171	0,3703
7	96.4199	0,07	15,35	0,0001	0,0002	0,0006	0,0001	0,0000	0,3117
8	97.1764	0,06	15,47	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001
9	99.4768	0,06	15,83	0,0001	0,0001	0,0006	0,0000	0,0001	0,0000
10	99.6546	0,06	15,86	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009
11	100.227	0,06	15,95	0,0023	0,0067	0,0928	0,0021	0,0154	0,0121
12	100.691	0,06	16,03	0,0004	0,0002	0,0006	0,0001	0,0052	0,0007
13	101.815	0,06	16,20	0,0000	0,0001	0,0073	0,0001	0,0000	0,0033
14	102.948	0,06	16,38	0,0007	0,0019	0,0529	0,0005	0,0099	0,0202
15	103.743	0,06	16,51	0,0026	0,0015	0,0268	0,0004	0,0138	0,0046
16	104.213	0,06	16,59	0,0019	0,0005	0,0000	0,0000	0,0089	0,0008
17	105.866	0,06	16,85	0,0000	0,0000	0,0036	0,0000	0,0038	0,0019
18	106.601	0,06	16,97	0,0002	0,0000	0,0055	0,0000	0,0269	0,0076
19	107.424	0,06	17,10	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0037	0,0017
20	108.202	0,06	17,22	0,0000	0,0000	0,0005	0,0001	0,0135	0,0018
21	108.715	0,06	17,30	0,0009	0,0039	0,0707	0,0019	0,0096	0,0008
22	110.838	0,06	17,64	0,0000	0,0000	0,0042	0,0003	0,0002	0,0000
23	111.104	0,06	17,68	0,0000	0,0000	0,0074	0,0009	0,0003	0,0000
24	111.298	0,06	17,71	0,0000	0,0000	0,0139	0,0014	0,0008	0,0000
25	115.426	0,05	18,37	0,0024	0,0007	0,0003	0,0003	0,0084	0,0034
26	120.134	0,05	19,12	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000
27	125.389	0,05	19,96	0,0000	0,0001	0,0004	0,0002	0,0002	0,0000
28	130.832	0,05	20,82	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
29	132.377	0,05	21,07	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	0,0010	0,0007
30	132.5	0,05	21,09	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002
31	134.055	0,05	21,34	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
32	135.047	0,05	21,49	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0000
33	136.415	0,05	21,71	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
34	137.501	0,05	21,88	0,0001	0,0277	0,0225	0,0478	0,0023	0,0024
35	138.001	0,05	21,96	0,0009	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000
36	139.232	0,05	22,16	0,0000	0,0085	0,0089	0,0182	0,0056	0,0048
37	139.488	0,05	22,20	0,0032	0,0002	0,0001	0,0012	0,0005	0,0013
38	140.015	0,04	22,28	0,0018	0,0011	0,0007	0,0036	0,0021	0,0019
39	140.717	0,04	22,40	0,0006	0,0001	0,0005	0,0000	0,0025	0,0001
40	145.448	0,04	23,15	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001
41	147.412	0,04	23,46	0,0001	0,0001	0,0004	0,0000	0,0003	0,0005
42	148.601	0,04	23,65	0,0000	0,0002	0,0004	0,0000	0,0002	0,0008
43	149.471	0,04	23,79	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0008	0,0006
44	153.061	0,04	24,36	0,0002	0,0143	0,0092	0,0274	0,0071	0,0019
45	154.859	0,04	24,65	0,0001	0,0054	0,0050	0,0123	0,0028	0,0005
46	157.046	0,04	24,99	0,0000	0,0016	0,0025	0,0026	0,0000	0,0001
47	158.062	0,04	25,16	0,0002	0,0005	0,0065	0,0000	0,0176	0,0013
48	158.695	0,04	25,26	0,0006	0,0055	0,0184	0,0167	0,0183	0,0025
49	160.683	0,04	25,57	0,0002	0,0035	0,0076	0,0094	0,0096	0,0009
50	163.821	0,04	26,07	0,0002	0,0006	0,0025	0,0011	0,0025	0,0004
				0,8140	0,7588	0,3819	0,3966	0,3136	0,7646

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  $k_y$ :

$$k_x = 1,000/0,80 = 1,25$$

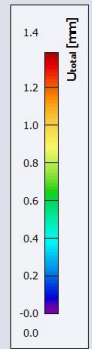
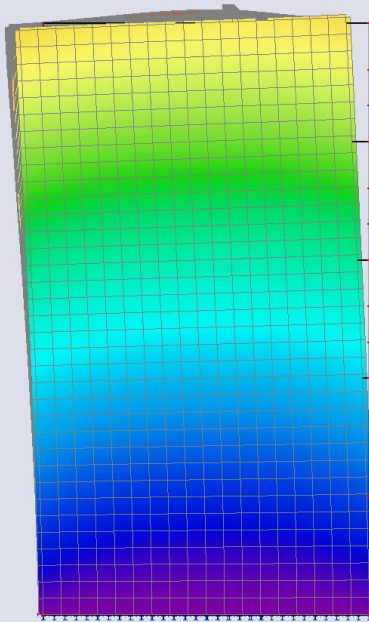
$$k_y = 1,000/0,80 = 1,25$$

## MOD 1 – ukupni pomak:

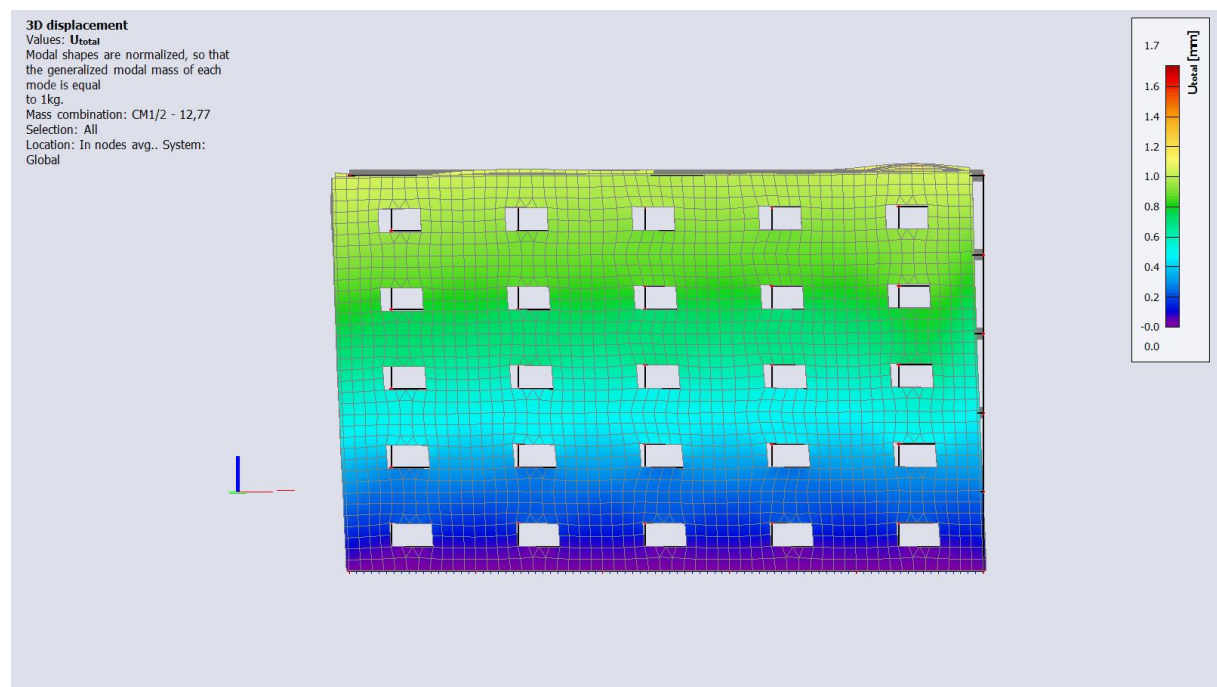
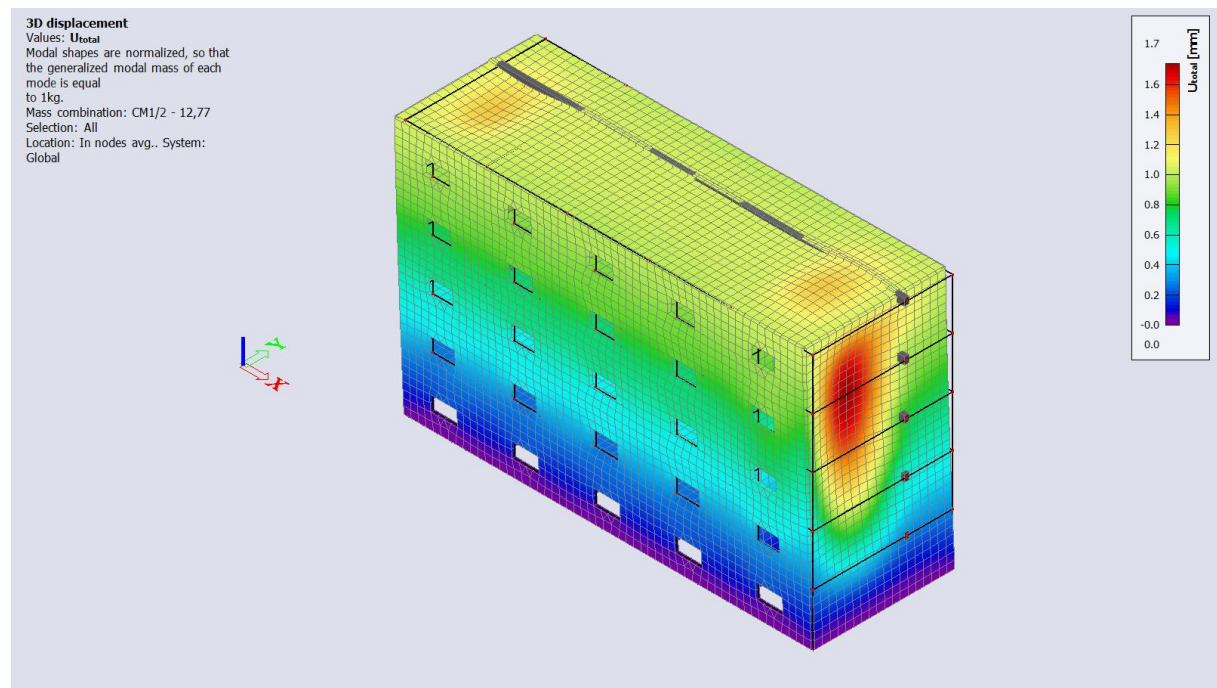


### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1 kg.  
Mass combination: CM1/1 - 8,32  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global

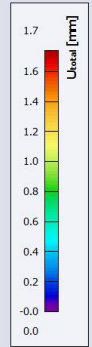
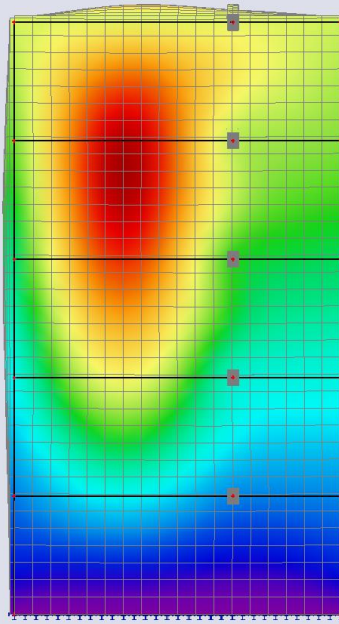


## MOD 2 – ukupni pomak:

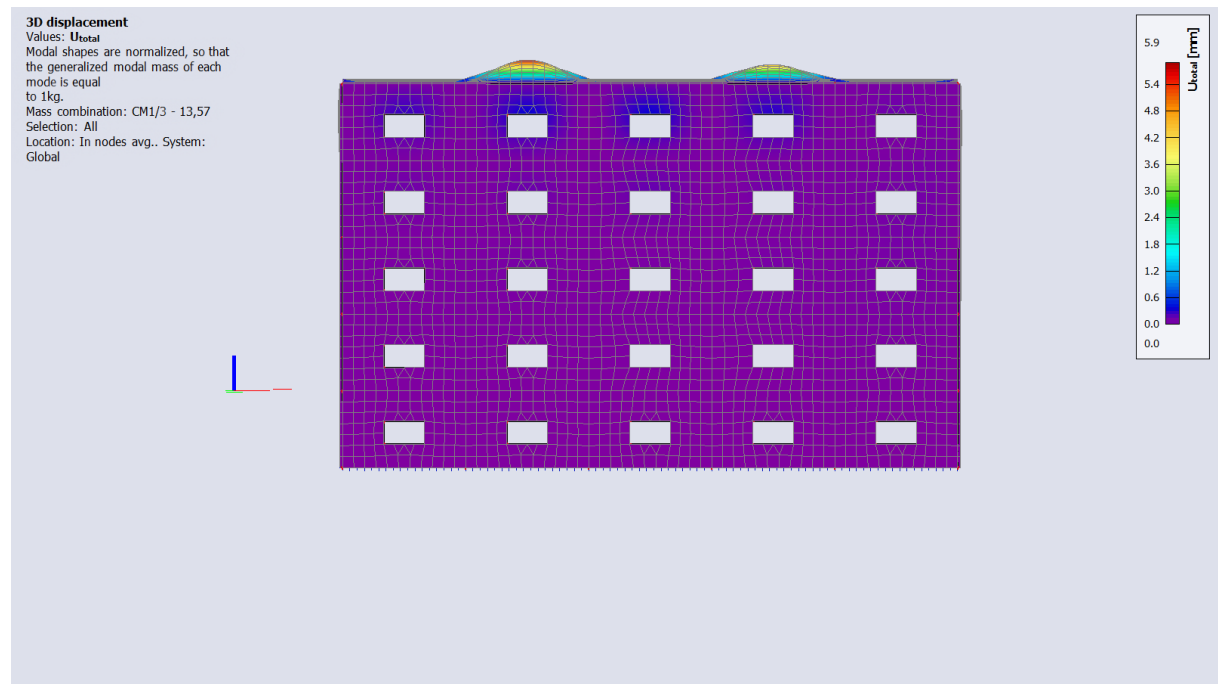
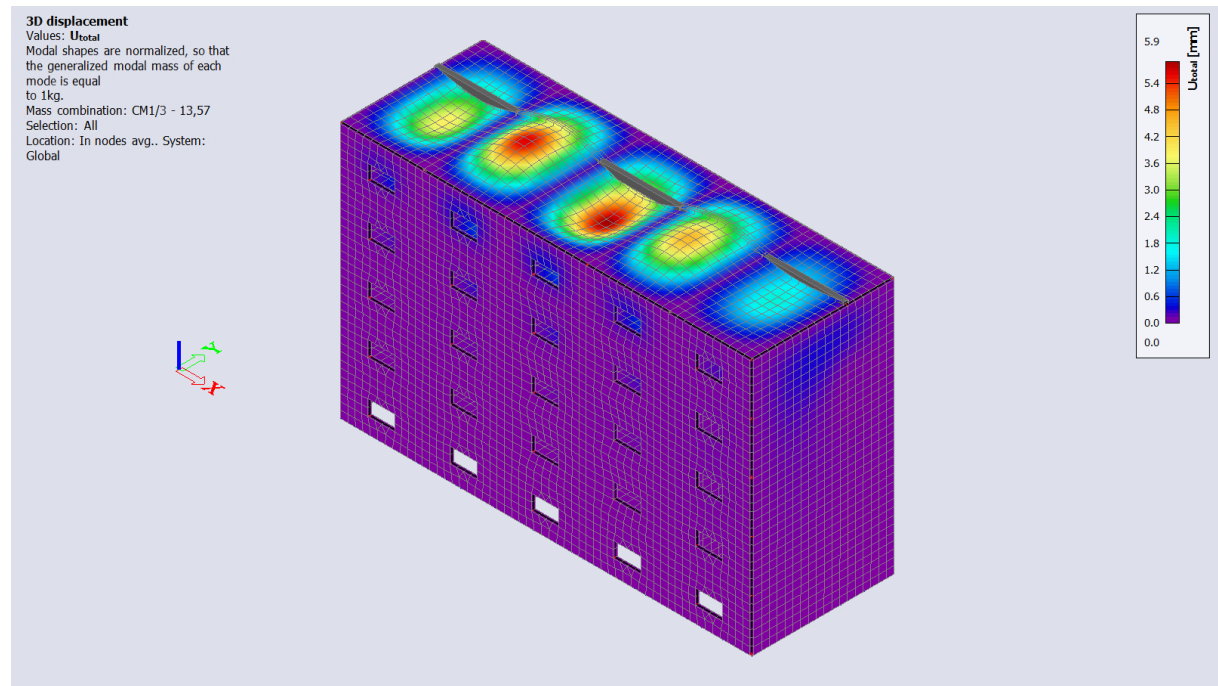


### 3D displacement

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1 kg.  
Mass combination: CM1/2 - 12,77  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global

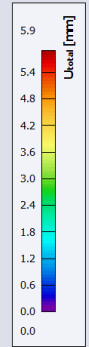
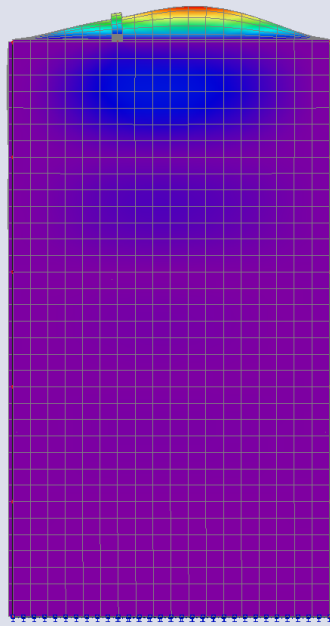


### MOD 3 – ukupni pomak:

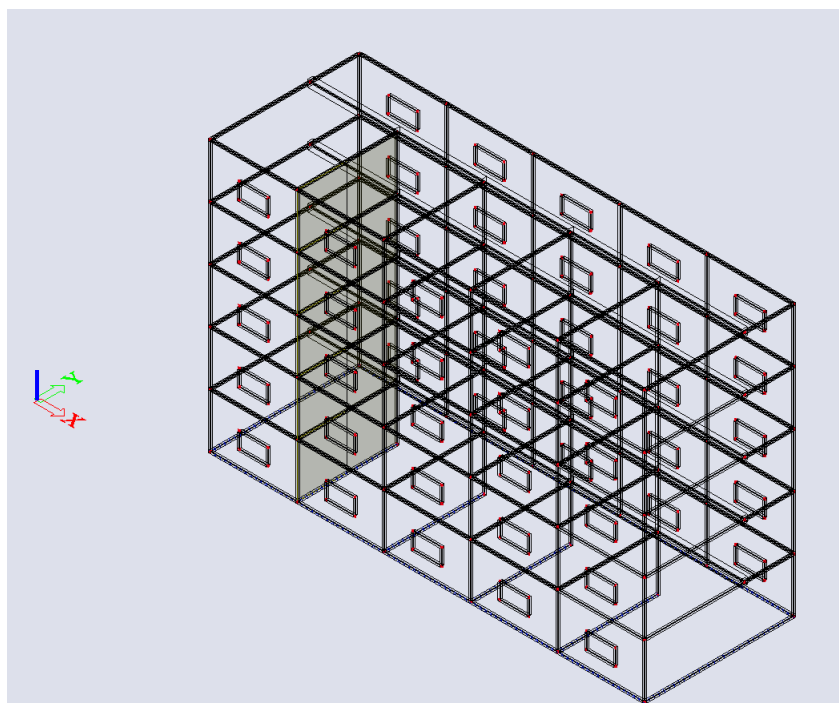


**3D displacement**

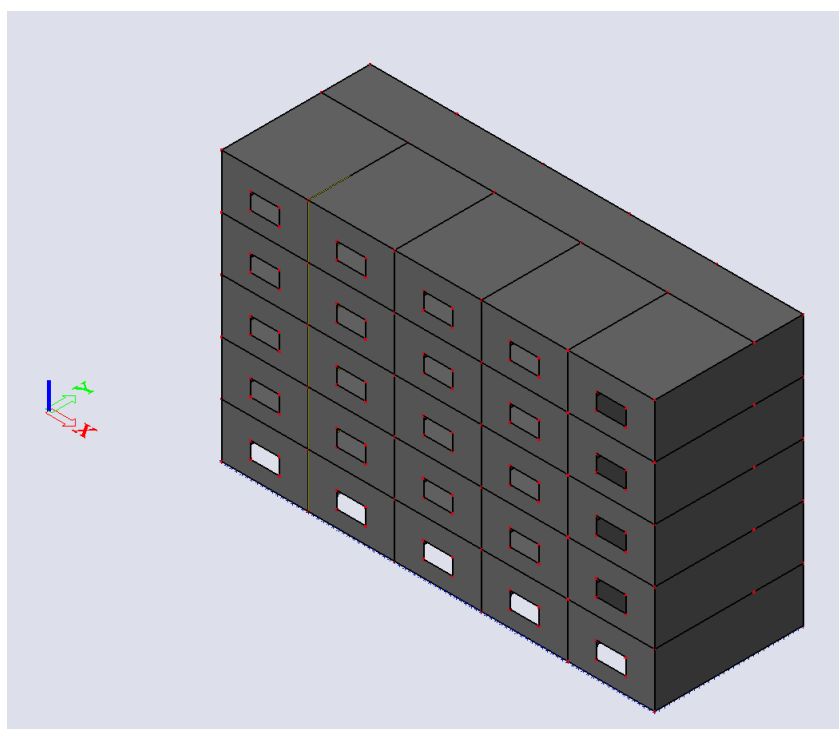
Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1 kg.  
Mass combination: CM1/3 - 13,57  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



## 8. PRORAČUN VERTIKALNE NOSIVE KONSTRUKCIJE I TEMELJA



*Žičani model konstrukcije*

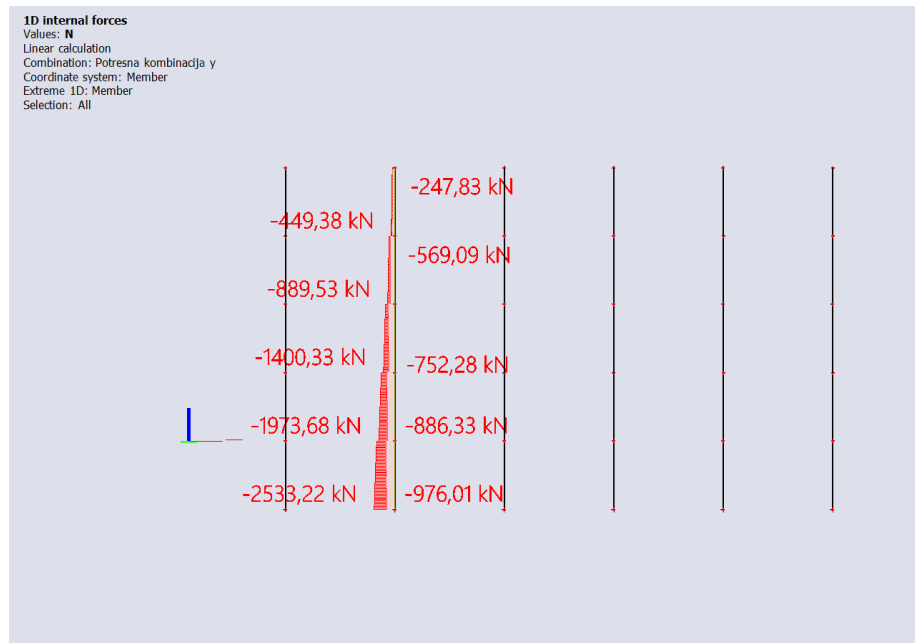


*Renderirani model konstrukcije*

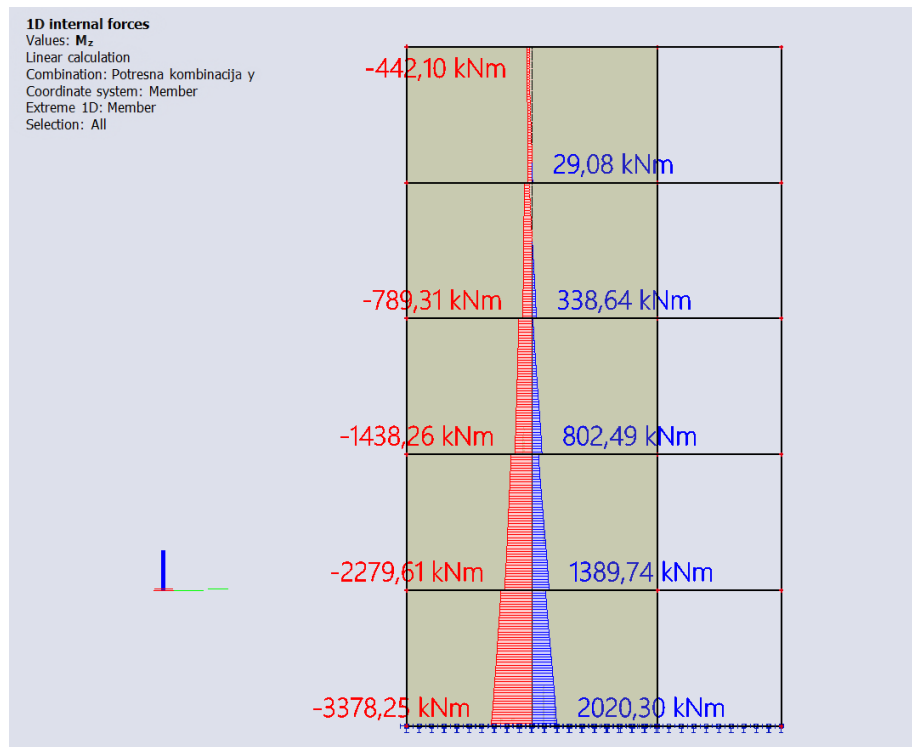


Mjerodavne kombinacije:

- Potresna kombinacija x:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot s_x + 0,3 \cdot s_y$
- Potresna kombinacija y:  $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 0,3 \cdot s_x + 1,0 \cdot s_y$

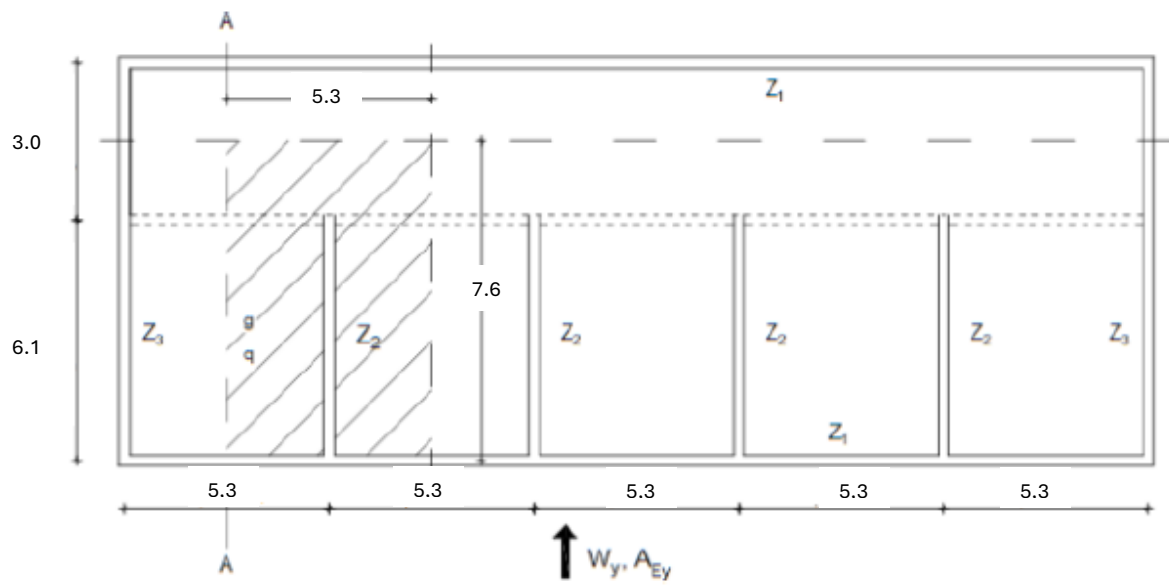


Uzdužna sila u zidu  $Z_2$  za potresnu kombinaciju y

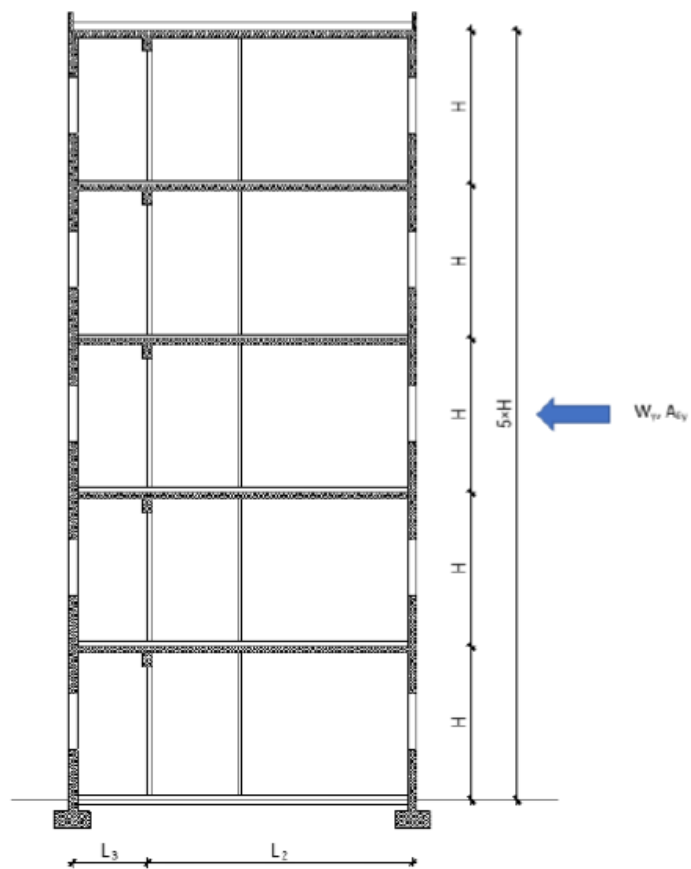


Moment savijanja u zidu  $Z_2$  za potresnu kombinaciju y

## 8.1. Dimenzioniranje zida



*Tlocrt karakterističnog kata*



*Presjek A-A*

**OPTEREĆENJE:** Vertikalno: stalno g, promjenjivo q

Horizontalno: vjetar W, potres A

Računska dopuštena naprezanja:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$$

$$d_1 = 5,0 \text{ cm}$$

$$d = L_2 - d_1 = 610 - 5,0 = 605 \text{ cm}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 605 = 544,5 \text{ cm}$$

Potresna kombinacija:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{L_2}{2} = 3378,25 + 2533,22 \cdot \frac{6,1}{2} = 11104,57 \text{ kNm}$$

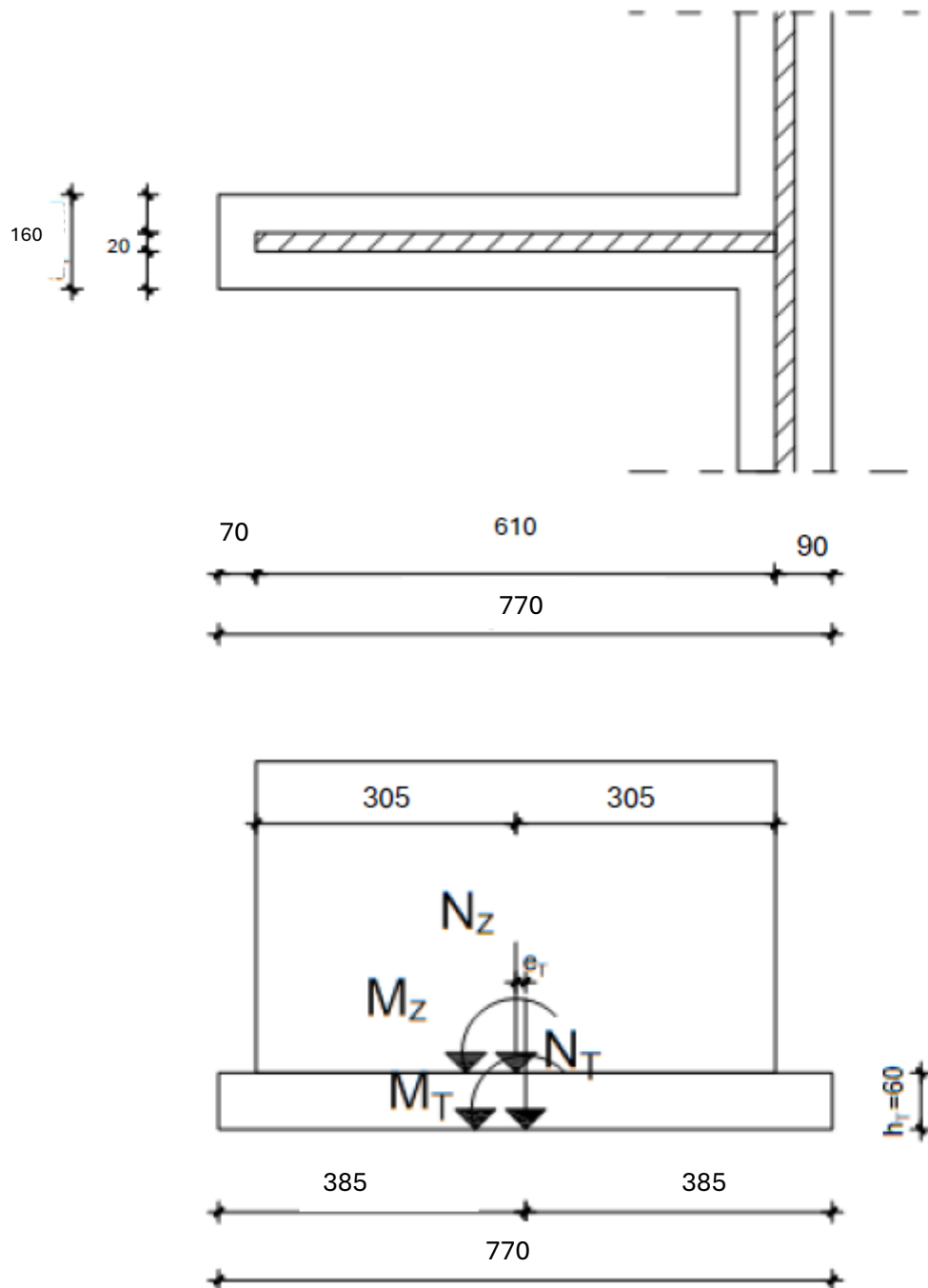
$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{z \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{11104,57 \cdot 100}{544,5 \cdot 43,48} - \frac{2533,22}{43,48} = -11,36 \text{ cm}^2$$

Naponi su tlačni pa je potrebno armirati konstruktivnom armaturom.

$$A_{kutevi} = 0,0015 \cdot 12200 = 18,3 \text{ cm}^2$$

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

## 8.2. Dimenzioniranje temelja



$$h_T = 0,6 \text{ m}$$

$$L_T = 7,7 \text{ m}$$

$$a_T = 0,7 + 0,2 + 0,7 = 1,6 \text{ m}$$

Provjera naprezanja u tlu:

$$G_T = a_T \cdot L_T \cdot h_T \cdot \gamma_T = 1,6 \cdot 7,7 \cdot 0,6 \cdot 25 = 184,8 \text{ kN}$$

$$A_T = a_T \cdot L_T = 1,6 \cdot 7,7 = 12,32 \text{ m}^2$$

$$W_T = \frac{a_T \cdot L_T^2}{6} = \frac{1,6 \cdot 7,7^2}{6} = 15,81 \text{ m}^3$$

$$M_t = 3378,25 \text{ kNm}$$

$$N_z = 2533,22 \text{ kN}$$

$$N_T = N_z + G_T = 2533,22 + 184,8 = 2718,02 \text{ kN}$$

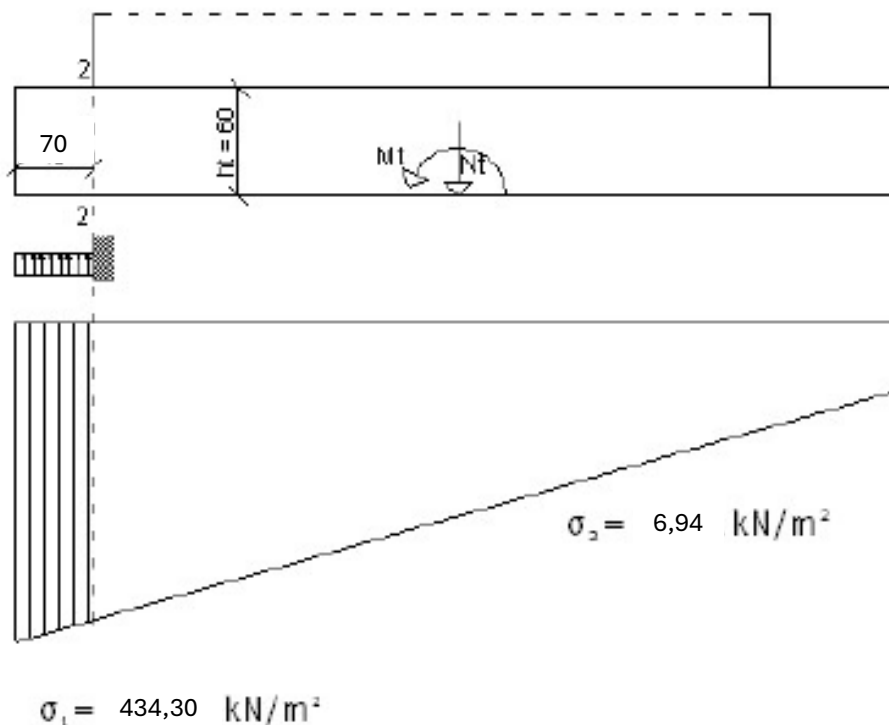
$$\sigma_{1,2} = \frac{N_T}{A_T} \pm \frac{M_T}{W_T} \leq \sigma_{tla.dop}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{2718,02}{12,32} \pm \frac{3378,25}{15,81}$$

$$\sigma_1 = 434,30 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

ZADOVOLJAVA

$$\sigma_2 = 6,94 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$



Dimenzioniranje temelja:

Moment savijanja u presjeku 2-2:

$$\sigma_1 = 434,30 \text{ kN/m}^2$$

$$M^{2-2} = \sigma_1 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 0,3 = 434,30 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 0,2 = 145,92 \text{ kNm}$$

Proračunska vrijednost momenta u presjeku 2-2:

$$M_{Ed}^{2-2} = 1,0 \cdot M^{2-2} = 1,0 \cdot 145,92 = 30,10 \text{ kNm}$$

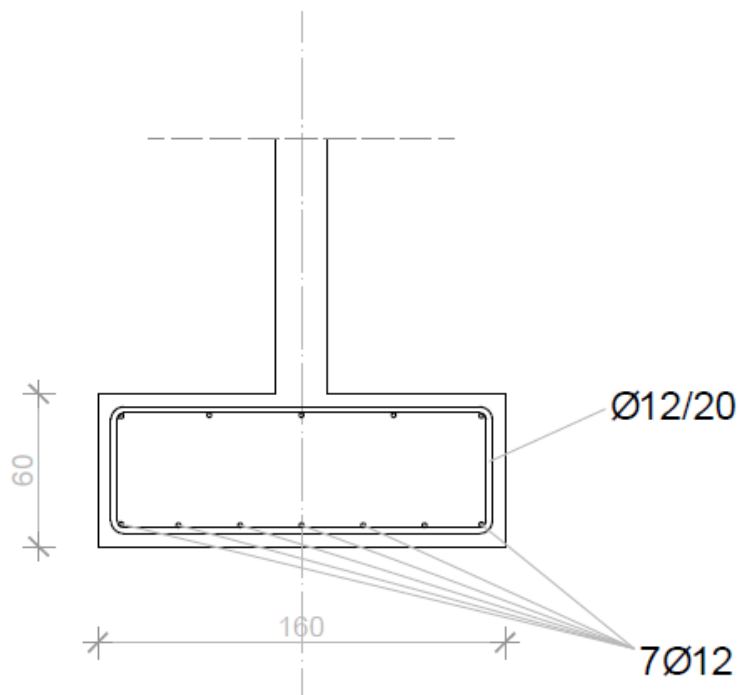
Površina armature:

$$d = h_T - d_1 = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$z = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 55 = 44 \text{ cm}$$

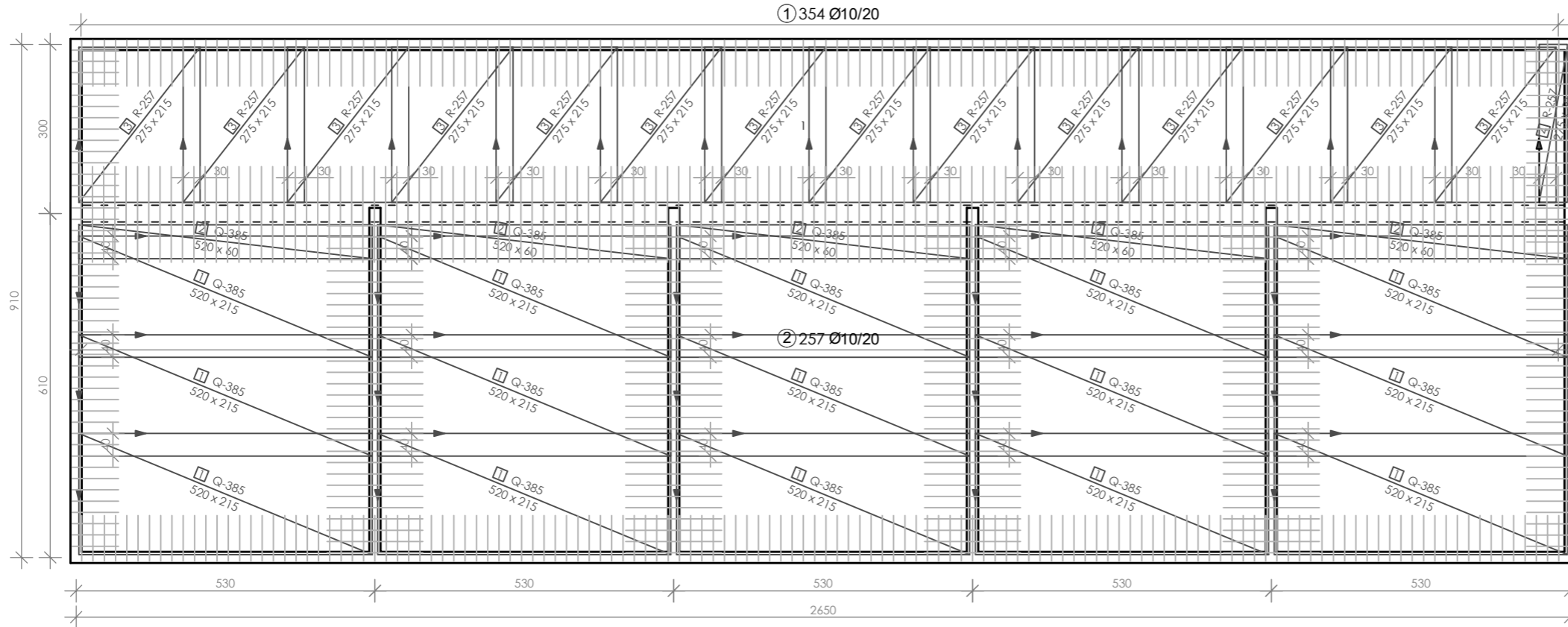
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{0,8 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{145,92 \cdot 100}{0,8 \cdot 55 \cdot 43,48} = 7,63 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **7Ø12** ( $7,92 \text{ cm}^2$ )



## **9. PLANOVI ARMATURE**

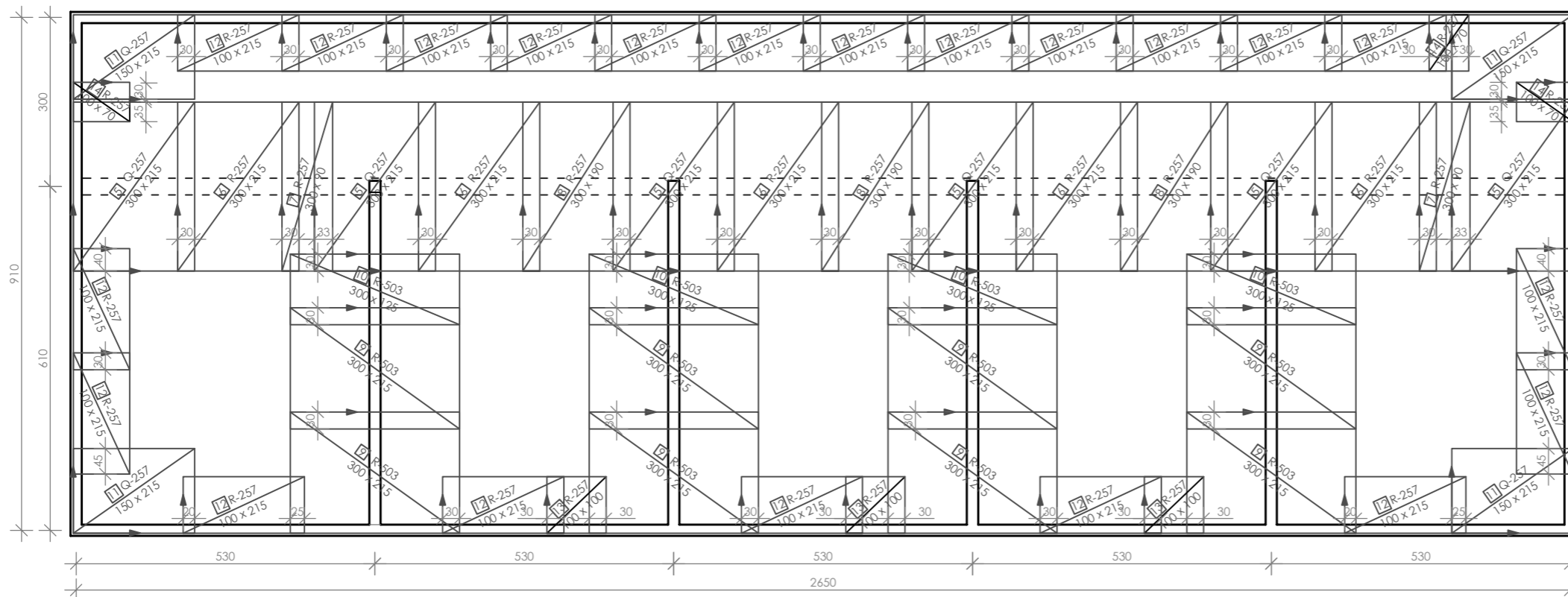
Armatura ploče pozicija 500 - donja zona  
c = 3 cm C 40/50



**IŠKAZ MREŽASTE ARMATURE**  
**Čelik B500B**

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-385		520x215	15	6,10	1022,97
2	Q-385		520x60	5	6,10	95,16
3	R-257		275x215	14	2,72	300,47
4	R-257		275x50	1	2,72	225,15
5	Q-257		300x215	6	4,16	161,0
6	R-257		300x215	5	2,72	87,72
7	R-257		300x90	2	2,72	14,69
8	R-257		300x190	3	2,72	46,51
9	R-503		300x215	8	4,89	252,32
10	R-503		300x125	4	4,89	73,35
11	Q-257		150x215	4	4,16	53,66
12	R-257		100x215	21	2,72	122,81
13	R-257		100x100	3	2,72	8,16
14	R-257		100x70	2	2,72	3,81
UKUPNO:						2467,78 kg

Armatura ploče pozicija 500 - gornja zona



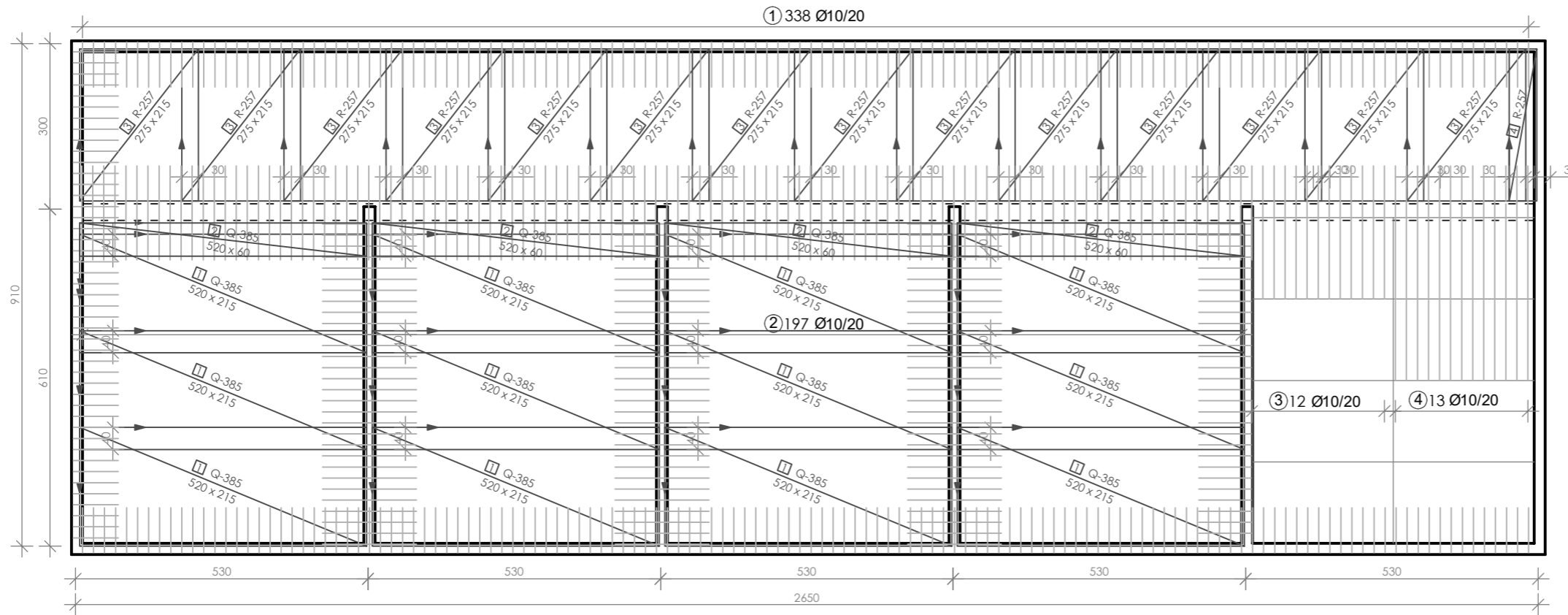
**IŠKAZ REBRASTE ARMATURE**  
**Čelik B500B**

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L (cm)	MASA (kg)
1		10	0,617	354	210	458,68
2		10	0,617	257	170	269,57
UKUPNO:						728,25 kg



### Armatura ploče pozicija 400/300/200/100 - donja zona

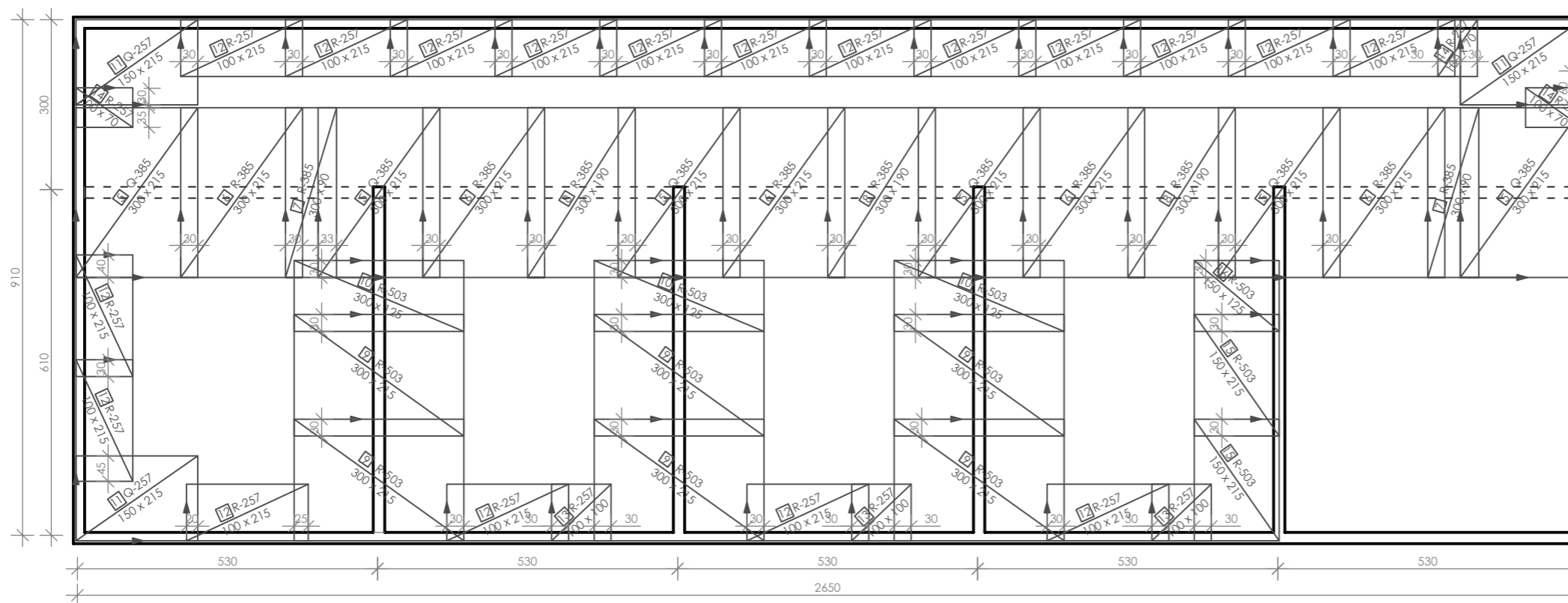
c = 3 cm C 40/50



### IŠKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-385		520x215	9	6,10	613,78
2	Q-385		520x60	4	6,10	76,13
3	R-257		275x215	14	2,72	225,15
4	R-257		275x50	1	2,72	3,74
5	Q-385		300x215	6	4,16	161,0
6	R-385		300x215	5	3,68	118,68
7	R-385		300x90	2	3,68	19,87
8	R-385		300x190	3	3,68	62,93
9	R-503		300x215	6	4,89	189,24
10	R-503		300x125	3	4,89	55,0
11	Q-257		150x215	3	4,16	39,31
12	R-257		100x215	18	2,72	105,26
13	R-257		100x100	3	2,72	8,16
14	R-257		100x70	2	2,72	3,81
UKUPNO: 1692,06 kg						

### Armatura ploče pozicija 400/300/200/100 - gornja zona



### IŠKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

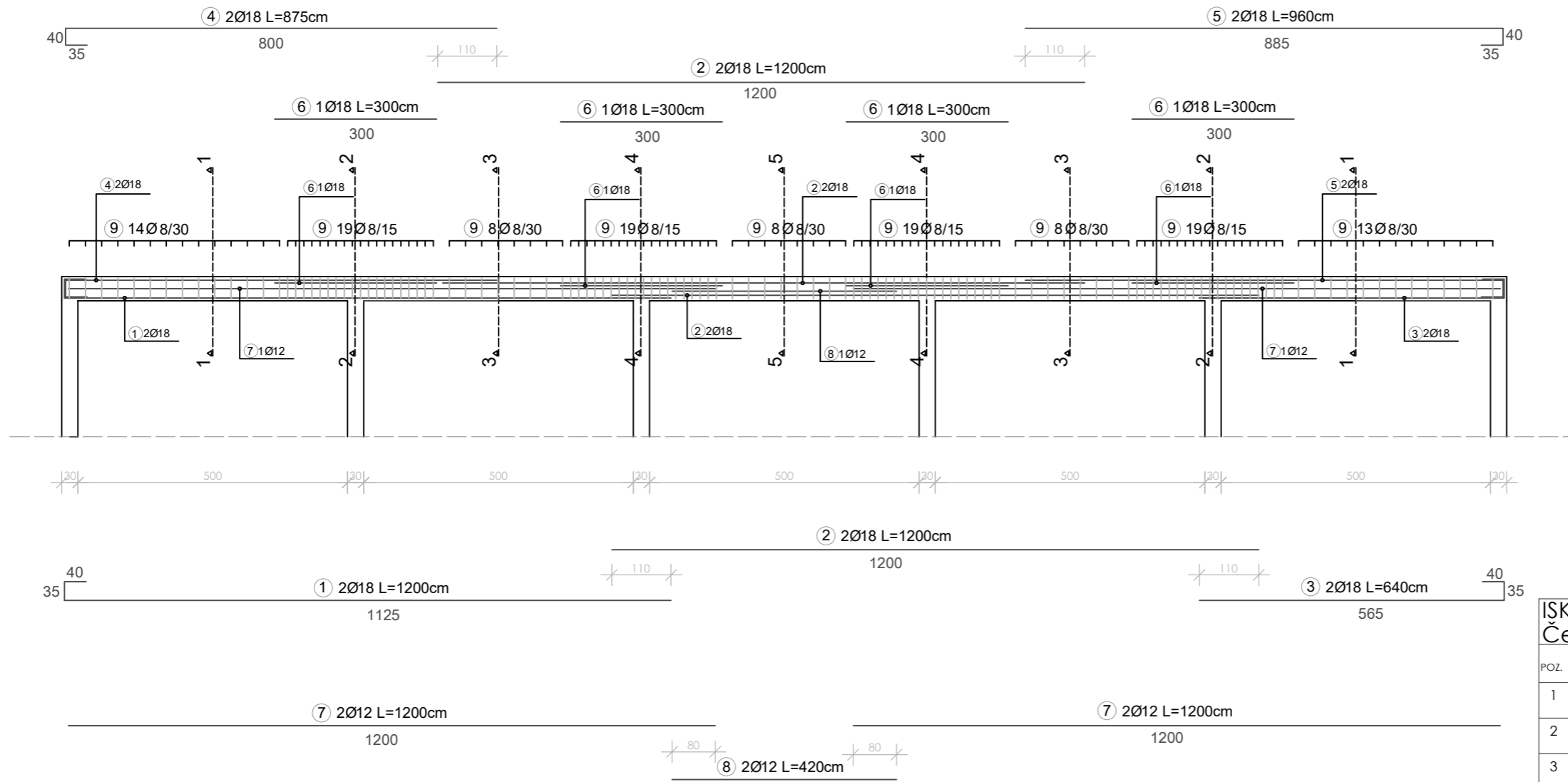
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		10	0,617	338	210	437,95
2		10	0,617	197	170	206,63
3		10	0,617	12	270	20,0
4		10	0,617	13	320	25,67
UKUPNO: 690,25 kg						

PREDMET: ZAVRŠNI RAD

IME I PREZIME: ANĐELO DUVNJAK

1 : 100

# Mjerilo 1:100



## IŠKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		18	1,998	2	1200	47,95
2		18	1,998	4	1200	95,90
3		18	1,998	2	640	25,57
4		18	1,998	2	875	34,97
5		18	1,998	2	960	38,36
6		18	1,998	4	300	23,98
7		12	0,920	4	1200	44,16
8		12	0,920	2	420	7,72
9		8	0,409	127	126	65,45

UKUPNO: 384,06 kg

# Mjerilo 1:25

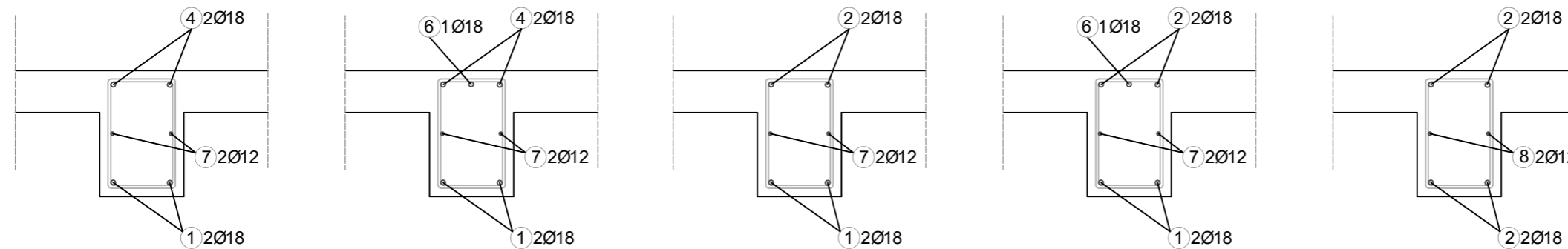
Presjek 1-1

Presjek 2-2

Presjek 3-3

Presjek 4-4

Presjek 5-5



ZAVRŠNI RAD

IME I PREZIME: ANĐELO DUVNJAK

1 : 100

## 10. LITERATURA

1. 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. <https://doi.org/10.31534/9789536116966>
2. Skripte iz kolegija '**Betonske konstrukcije 1**' i '**Betonske konstrukcije 2**' na SSG, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2022.
3. J. Radić i suradnici: **Betonske konstrukcije-priručnik**, Građevinski Fakultet Andris, Zagreb 2006.
4. I.Tomičić: **Betonske konstrukcije**, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb 1996.

Korišteni programski paketi:

1. SCIA Engineer 22.1
2. AutoCad 2024
3. Microsoft Word