

# Građevinski projekt armiranobetonske montažne konstrukcije

---

Galić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*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:123:856711>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-10**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

# DIPLOMSKI RAD

Marko Galić

Split, 2023.

---

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

**Marko Galić**

**Građevinski projekt armiranobetonske montažne  
konstrukcije**

**Diplomski rad**

**Split, 2023.**

---

# Građevinski projekt armiranobetonske montažne konstrukcije

## **Sažetak:**

U ovom diplomskom radu je prikazan glavni projekt proizvodno-poslovne zgrade koja se nalazi u gradu Solinu. Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove. Također ispitan je utjecaj geotehničke seizmičke izolacije od sloja oblutaka na sile i pomake u konstrukciji.

## **Ključne riječi:**

Montažna gradnja, AB hala, geotehnička seizmička izolacija; kameni oblutci

# Construction project of reinforced concrete prefabricated structure

**Abstract:** The master's theses presents the main project of the production and business building located in the city of Solin. The project contains: technical description of the structure, general and special technical conditions, quality control and assurance plan, calculation of load-bearing structural elements and characteristic construction drawings and reinforcement plans. The influence of geotechnical seismic base isolation on forces and displacements in the structure was also examined.

## **Keywords:**

Prefabricated construction, reinforced concrete hall, geotechnical seismic isolation; stone pebbles

---



STUDIJ: **SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT: **Marko Galić**  
MATIČNI BROJ (JMBAG): **0083220892**  
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije I**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Građevinski projekt armiranobetonske montažne konstrukcije**

Opis zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi glavni projekt montažne hale. Izrađeni projekt mora sadržavati:

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

U Splitu, rujan 2023.

Voditelj diplomskog rada:

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Nikola Grgić

Komentor: Doc. dr. sc. Ivan Banović

Predsjednik povjerenstva za završne i  
diplomske ispite:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Balić

---

## Sadržaj

1. Tehnički opis .....	1
1.1. Pojediniosti o konstrukciji .....	1
1.2. Lokacija i opterećenje .....	2
1.3. Izvedba konstrukcije .....	2
1.4. Materijali .....	2
2. Plan kontrole i osiguranja kvalitete .....	4
2.1. Općenito .....	4
2.2. Betonski, armiranobetonski i tesarski radovi .....	4
2.2.1. Beton .....	4
2.2.2. Betonski čelik .....	5
2.2.3. Prekidi betoniranja .....	6
2.2.4. Oplata .....	6
2.2.5. Primijenjeni standardi .....	6
2.2.6. Ostali radovi i materijali .....	9
3. Opći i posebni tehnički uvjeti .....	10
3.1. Oplate i skele .....	10
3.2. Transport i ugradnja betona .....	11
3.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama .....	12
3.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama .....	13
4. Način zbrinjavanja građevnog otpada .....	14
5. Uvjeti održavanja i projektni vijek trajanja .....	15
6. Analiza opterećenja .....	17
6.1. Krov .....	17
6.2. Kat .....	17
6.3. Snijeg .....	18

---

6.4. Vjetar .....	19
6.5. Opterećenje potresom .....	25
6.5.1. Rezultati proračuna – modalna analiza .....	28
6.6. Kombinacije opterećenja .....	31
7. Numerički model .....	32
8. Utjecaj modula stišljivosti na rubne uvjete, period konstrukcije, pomake i sile .....	40
9. Dimenzioniranje betonskih elemenata .....	45
9.1. Dimenzioniranje podrožnice T60 .....	45
9.1.1. Dimenzioniranje na moment savijanja .....	46
9.1.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	48
9.1.3. Kontrola pukotina .....	51
9.2. Dimenzioniranje podrožnice R65 .....	52
9.2.1. Analiza opterećenja .....	52
9.2.2. Dimenzioniranje na moment savijanja .....	53
9.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	55
9.2.4. Kontrola oslanjanja podrožnice na glavni nosač .....	58
9.2.5. Kontrola pukotina .....	59
9.3. Dimenzioniranje nosača A210 .....	61
9.4. Dimenzioniranje nosača T80 .....	84
9.5. Proračun kratke konzole stupa .....	98
9.5.1. Dimenzioniranje na moment savijanja .....	98
9.5.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	99
9.6. Dimenzioniranje stupova S10 i S2 .....	101
9.6.1. Prikaz reznih sila za stupove S10 i S2 .....	101
9.6.2. Dimenzioniranje stupa S10 .....	109
4.1.2.1. Dimenzioniranje stupa S10 na moment savijanja i uzdužnu silu .....	109

---

4.1.2.2. Dimenzioniranje stupa S10 na poprečnu silu .....	112
9.6.3. Dimenzioniranje stupa S2 .....	113
4.1.3.1. Dimenzioniranje stupa S2 na moment savijanja i uzdužnu silu .....	113
4.1.3.2. Dimenzioniranje stupa S2 na poprečnu silu .....	116
9.7. Dimenzioniranje temelja stupa S10.....	118
9.7.1. Rezne sile za dimenzioniranje temelja stupa S10 .....	118
9.7.2. Određivanje preliminarnih dimenzija .....	118
9.7.3. Kontrola naprežanja u tlu ispod temelja .....	119
9.7.4. Dimenzioniranje na moment savijanja.....	120
9.7.5. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	122
9.7.6. Dimenzioniranje na proboj.....	122
10. Popis slika.....	124
11. Popis tablica.....	127
12. Popis priloga .....	128

---

# 1. Tehnički opis

Mjesto gradnje je grad Solin. Objekt je tlocrtnih dimenzija cca 39,65 x 24,90 m.

Tip objekta: Montažna AB konstrukcija.

Glavna nosiva konstrukcija je montažna armiranobetonska konstrukcija, koju čine AB stupovi, glavni krovni nosači, na koje se oslanjaju sekundarni nosači.

Konstrukciju kata čini monolitna konstrukcija, koje se putem anker armature spreže sa montažnom konstrukcijom.

Temeljnu konstrukciju čine temeljne stope, u koje se usađuju montaži stupovi.

Rasponi glavnih nosača iznose 11,90 m - 23,80m a razmaci tj. rasteri iznose 3x11,05m i 5,40m .

Glavni nosači su oslonjeni na stupove te tako formiraju glavne ramove nosive konstrukcije, koji su međusobno spojeni krovnim rubnim gredama kao i sekundarnim nosačima.

Prijenos opterećenja kreće se sa krovnog pokrivača na rožnjače i krovne nosače, te se putem njihove veze opterećenje prenosi na stupove. Također opterećenje se sa monolitne etažne konstrukcije prenosi na stupove. Sa stupova se opterećenje putem njihovog uklještenja sa temeljnim čašicama prenose na temeljne stope, i onda preko posteljice na nosivo tlo. Monolitna etažna konstrukcija se oslanja na konzole montažnih stupova i nije predmet ovog projekta. Za objekt je urađena prostorna statička i dinamička analiza. Montažni elementi su pojedinačno izdvojeni analizirani i dimenzionirani. Proračunske šeme, opterećenja, statički utjecaji i potrebna armatura su prikazani u izvještaju statičkog proračuna.

Svi nosivi skeletni sistemi su međusobno povezani tako da formiraju prostornu nosivu cjelinu koja preuzima kako horizontalno tako i vertikalno opterećenje.

## 1.1. Pojediniosti o konstrukciji

Krovna konstrukcija se sastoji od:

- Glavni nosači, A-210 grede, raspona 23,80 m, visine 210cm, prednapeti, rađeni od betona C 40/50, armaturom B 500B, kablovima St1670/1860, Y1860S7.

- Glavni nosači, T-80 grede, raspona 11,90 m, visine 80 cm, prednapeti, rađeni od betona C 40/50, armaturom B 500B, kablovima St1670/1860, Y1860S7.

- Sekundarne R-60 grede, raspona 11,05m, prednapete, rađene od betona C 40/50, armaturom B500B, kablovima St1670/1860, Y1860S7.

- Sekundarne R-65 grede, raspona 5,40m, klasično armirane, rađene od betona C 40/50, armaturom

B500B.

- Sekundarne T-60 grede, raspona 5,40m, klasično armirane, rađene od betona C 40/50, armaturom B500B.

Glavni krovni nosači se postavljaju u uške stupova. Veza se ostvaruje provlačenjem i ustezanjem armaturnih trnova.

Na glavne nosače se oslanjaju sekundarni nosači, čija se veza ostvaruje zalijevanjem anker trnova. Zalijevanje izvršiti sitnozrnim betonom C 30/37.

## **1.2. Lokacija i opterećenje**

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u zonu za koju je zadano projektno ubrzanje tla  $a_g = 0,218g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom glavnih nosača i stupova, što je u skladu s Eurokodom 2 i Eurokodom 8. Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima spada u II zonu opterećenja vjetrom.

## **1.3. Izvedba konstrukcije**

Temeljenje je predviđeno u vidu temeljnih stopa (temelja samaca) ispod AB stupova. Temeljne stope se izvode na licu mjesta, na pripremljenu podlogu, od podložnog betona, koji je u osnovi širi 20cm od temeljne stope. Nakon iskopa potrebno je izravnati teren na mjestu temelja mršavim betonom kako bi dobili ravnomjernu podlogu. Prije početka betoniranja temelja iskope za temelje buduće konstrukcije građevine treba pregledati geotehničar i utvrditi da li materijal odgovara pretpostavljenim uvjetima te upisom u građevinski dnevnik dopustiti betoniranje temelja. Često se u toj fazi ukazuje potreba sanacije temeljenog tla ugradnjom mršavog betona ili u slučaju pojave kaverni i ispune kamenim materijalom odgovarajuće granulometrije i kvalitete. U temeljne čaše se usađuju stupovi, čiji se spoj zalijeva sitnozrnim betonom C30/37.

## **1.4. Materijali**

### **Beton**

Odabrani cement, agregat i voda moraju zadovoljavati uvjete propisane u normi HRN EN 206:2014, te normama navedenim za sukladnost materijala prema slijedećem redoslijedu:

- Cement HRN EN 197-1:2012

- Agregat HRN EN 12620:2008 (normalni i teški agregat) HRN EN 13055-1:2003/AC:2006 (lagani agregat)

- Voda HRN EN 1008:2002

- Kemijski dodaci HRN EN 934-2:2012

- Mineralni dodaci HRN EN 12620:2008; HRN EN 12878:2014 (tip I)

HRN EN 450; HRN EN 13263 (tip II)

Za proizvodnju betona mogu se upotrebljavati samo sastojci betona koji imaju propisanu deklaraciju i certifikat o sukladnosti s odgovarajućim specifikacijama. Vrste i učestalost nadzora (kontrola) i ispitivanja opreme i sastojaka betona uz betonaru provode se prema HRN EN 206:2014.

### **Armatura**

Vrsta čelika za armiranje, koja se upotrebljava, mora biti u skladu s Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije (NN 17/17). Čelik za armiranje mora imati isprave o sukladnosti u skladu s odredbama Pravilnika o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevinskih proizvoda (NNbr. 103/08, 147/09, 87/10 i 129/11).

Za armirano-betonsku konstrukciju predviđene su slijedeće vrste čelika za armiranje:

- Čelik B 500 – rebraste šipke (karakteristična granica razvlačenja  $f_{yk} = 500$  MPa) razreda duktilnosti B za - temelje; grede i stupove; stropne ploče i zidove

## **2. Plan kontrole i osiguranja kvalitete**

### **2.1. Općenito**

Izvoditelj je odgovoran za kvaliteta izvođenja radova i za uredno poslovanje. Izvoditelj ne smije odstupati od projekta bez pismenog odobrenja nadzornog inženjera Investitora, a uz prethodnu suglasnost projektanta. Sve izmjene se moraju unijeti u građevinsku knjigu i građevinski dnevnik. Kvaliteta korištenog građevinskog materijala, poluproizvoda i gotovih proizvoda, kao i kvaliteta izvedenih radova mora odgovarati prethodno navedenim uvjetima propisanim važećim propisima, standardima, uvjetima iz tehničke dokumentacije, te uvjetima iz ugovora.

Ukoliko izvoditelj ugrađuje materijal koji nije standardiziran, za isti je dužan pribaviti odgovarajuće dokaze o kakvoći i priložiti ih u pismenoj formi.

Pri izvođenju građevine, izvoditelj se dužan pridržavati navedenih propisa kao i svih ostalih Pravilnika, Tehničkih normativa, posebnih uvjeta za izradu, ugradnju i obradu pojedinih elemenata građevine, kao i standarda propisanih za izvođenje radova na građevini (temeljenje, betonski radovi, skele i oplata, armatura, čelik za armiranje, kontrola kvalitete betona i čelika, zidanje zidova, završni radovi), kako bi osigurao da izvedena građevina odgovara projektu, te svim propisima i standardima RH.

### **2.2. Betonski, armiranobetonski i tesarski radovi**

#### **2.2.1. Beton**

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

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

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona (kojeg je dužan izraditi Izvođač), a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 139/09, 14/10, 125/10, 136/12), te svim pratećim normativima.

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



Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1. Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrslinog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima. Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora. Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

### **2.2.2. Betonski čelik**

Betonski čelici trebaju udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik

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

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

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

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

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

### **2.2.3. Prekidi betoniranja**

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### **2.2.4. Oplata**

Za izvedbu svih betonskih i armiranobetonskih elemenata potrebno je pravovremeno izraditi, postaviti i učvrstiti odgovarajuću drvenu, metalnu ili sličnu oplatu. Oplata mora odgovarati mjerama građevinskih nacrti, detalja i planova oplata. Podupiranjem i razupiranjem oplata mora se osigurati njena stabilnost i nedefinibilnost pod teretom ugrađene mješavine. Unutarnje površine moraju biti ravne i glatke, bilo da su vertikalne, horizontalne ili kose. Postavljena oplata mora se lako i jednostavno rastaviti, bez udaranja i upotrebe pomoćnih alata i sredstava čime bi se "mlada" konstrukcija izložila štetnim vibracijama. Ako se nakon skidanja oplata ustanovi da izvedena konstrukcija dimenzijama i oblikom ne odgovara projektu Izvođač je obavezan istu srušiti i ponovo izvesti prema projektu. Prije ugradnje svježe mješavine betona u oplatu istu, ako je drvena, potrebno je dobro navlažiti, a ako je metalna mora se premazati odgovarajućim premazom.

Izvođač ne može započeti betoniranje dok nadzor ne izvrši pregled postavljene oplata i pismeno je ne odobri.

### **2.2.5. Primijenjeni standardi**

#### **2.2.5.1 Beton**

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te potvrđivanje sukladnosti betona određuju se odnosno provode prema normi HRN EN 206-1:2000 Beton – 1 dio: Specifikacije, svojstva proizvodnja i sukladnost, normama na koje ta norma upućuje, te u skladu s odredbama posebnog propisa kao i zahtjevima iz ovog projekta. Za predmetnu konstrukciju beton se proizvodi kao projektirani beton (beton sa specificiranim tehničkim svojstvima) Svojstva svježeg betona specificira izvođač betonskih radova svojim projektom betona koji dostavlja projektantu i nadzornom inženjeru na odobrenje. Određena svojstva svježeg betona, kada je to potrebno ovisno o uvjetima izvedbe i uporabe betonske konstrukcije, specificiraju se u projektu betonske konstrukcije. Za predmetnu betonsku konstrukciju nije potrebno specificirati svojstva svježeg betona. Standardi za beton – osnovni

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

Svi predviđeni ugrađeni betoni moraju zadovoljavati slijedeće norme:

HRN EN 12350-1	Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
HRN EN 12350-2	Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
HRN EN 12350-3	Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
HRN EN 12350-4	Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
HRN EN 12350-5	Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
HRN EN 12350-6	Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
HRN EN 12350-7	Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
HRN EN 12390-1	Ispitivanje očvrstnalog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrstnalog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrstnalog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrstnalog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrstnalog betona – 7. dio: Gustoća očvrstnalog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrstnalog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCENTS 12390-9	Ispitivanje očvrstnalog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
HRN U.M1.057	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrstnalom betonu
HRN EN12504-1	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
HRN EN 12504-2	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
HRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
HRN EN 12504-4	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka

### 2.2.5.2. Predgotovljeni betonski elementi

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te dokazivanje uporabljivosti predgotovljenog betonskog elementa izrađenog prema projektu betonske konstrukcije određuje se odnosno provodi u skladu s tim projektom. Tehnička svojstva predgotovljenih betonskih elemenata moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu u građevini, i moraju biti specificirana prema odgovarajućoj tehničkoj specifikaciji odnosno prema normi HRN EN 13369 i odredbama Priloga II.2.2. Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija (TPGK NN 117/17). Tehnička svojstva betona i armature od kojih se izrađuje odnosno proizvodi predgotovljeni betonski element moraju biti specificirana prema odredbama Priloga II.2.2. Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija (TPGK NN 117/17). Pri proizvodnji predgotovljenih betonskih proizvoda treba poštivati pravila određena odgovarajućom tehničkom specifikacijom za taj proizvod. Predgotovljeni betonski proizvod

proizveden prema tehničkoj specifikaciji za kojeg je sukladnost potvrđena na način određen ovim Prilogom i izdana isprava o sukladnosti, smije se ugraditi u betonsku konstrukciju ako je sukladan zahtjevima projekta te betonske konstrukcije. Prije ugradnje predgotovljenog betonskog elementa provode se odgovarajuće nadzorne radnje određene normom HRN EN 13670-1, te druge kontrolne radnje određene Prilogom II.2.2. Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija (TPGK NN 117/17).

### Norme za predgotovljeni betonske elemente

HRN EN 13369:2004,	Opća pravila za predgotovljene betonske elemente (EN 13369:2004)
HRN EN 1168: 2005	Predgotovljeni betonski proizvodi – Ploče sa šupljinama (EN 1168:2004)
HRN EN 13224:2004	Predgotovljeni betonski proizvodi – Rebrasti stropni elementi (EN 13224:2004)
HRN EN 13225:2005	Predgotovljeni betonski proizvodi – Linijski konstrukcijski elementi (EN 13225:2004)
HRN EN 13693:2005	Predgotovljeni betonski proizvodi – Posebni krovni elementi (EN 13693:2004)

HRN EN 13369:2004/isp. 1:2008	Opća pravila za predgotovljene betonske elemente (EN 13369:2004/AC:2007)
HRN EN 13369:2004/A1:2008	Opća pravila za predgotovljene betonske elemente (EN 13369:2004/A1:2006)
HRN EN 13225:2005/isp.1:2008	Predgotovljeni betonski proizvodi – Linijski konstrukcijski elementi (EN 13225:2004/AC:2006)
HRN DIN 4102-1:2000	Ponašanje građevnih materijala i elemenata u požaru – 1. dio: Građevni materijali – Pojmovi, zahtjevi i ispitivanja (DIN 4102-1:1998 + Ispravak 1:1998)

### 2.2.5.3. Armaturni čelik

Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija (TPGK NN 117/17).ovim projektom predviđa se upotreba rebrastog i mrežastog čelika oznake B500B ( $f_{yk}=500$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{tk}= 1,08 f_{yk}$ ). Sva predviđena armatura mora zadovoljavati slijedeće norme:

HRN 1130-1:2008	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 1. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A
HRN 1130-2:2008	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B
HRN 1130-3:2008	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C
HRN 1130-4:2008	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih mreža
HRN 1130-5:2008	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi čelik za armiranje – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke rešetkastih nosača
HRN EN 10080:2005	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – Općenito (EN 10080:2005)
HRN EN 10020: 1999	Definicije i razredba vrsta čelika (EN 10020:1988)
HRN EN 10025: 2002	Toplo valjani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke (EN 10025:1990+A1:1993)
HRN EN 10027-1:2007	Sustavi označivanja za čelike – 1. dio: Nazivi čelika,(EN 10027:2005)
HRN EN 10027-2:1999	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav (EN 10027:1992)
HRN EN 10079:2008	Definicija čeličnih proizvoda (EN 10079:2007)
HRN EN ISO 17660-1:2008	Zavarivanje – Zavarivanje čelika za armiranje – 1. dio: Nosivi zavareni spojevi (ISO 17660-1:2006; EN ISO 17660-1:2006)
HRN EN ISO 17660-2:2008	Zavarivanje – Zavarivanje čelika za armiranje – 2. dio: Nenosivi zavareni spojevi (ISO 17660-2:2006; EN ISO 17660-2:2006)
HRN EN 287-1:2004	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici (EN 287-1:2004)
HRN EN 287-1:2004/AC:2007	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici (EN 287-1:2004/AC:2004)
HRN EN 287-1:2004/A2:2008	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici (EN 287-1:2004/A2:2006)

Tehnička svojstva čelika za armiranje: Za sve konstruktivne elemente predviđen je čelik za armiranje betona razreda B500B koji treba ispunjavati zahtjeve prema Prilogu II.2.2. Izvođenje i održavanje betonskih konstrukcija (TPGK NN 117/17) i zahtjeve normi na koje upućuju norme HRN EN 10080-1, HRN EN 10080-3 i HRN EN 10080-5.

### **Zaštitni sloj armature**

Veličinu zaštitnog sloja betona do armature osigurati dostatnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost građevine. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva upotrijebljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći. Min. zaštitni slojevi - tablica specifikacija betona-dodatna svojstva.

### **Čelik za prednapinjanje**

Čelik za prednapinjanje montažnih betonskih elemenata mora zadovoljiti sljedeće norme:

nHRN EN 10138-1	Čelik za prednapinjanje – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10138-1:2000)
nHRN EN 10138-2	Čelik za prednapinjanje – 2. dio: Žica (prEN 10138-2:2000)
nHRN EN 10138-3	Čelik za prednapinjanje – 3. dio: Užad (prEN 10138-3:2000)

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

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta, te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz projekta.

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima.

Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine.

### **2.2.6. Ostali radovi i materijali**

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

### 3. Opći i posebni tehnički uvjeti

#### 3.1. Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće.

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja.

Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno.

Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispućenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja.

Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja.

Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka.

Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona. Žičane spojnice za pridržavanje oplate ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet.

Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran.

Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe.

Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature.

Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prijanjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće.

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

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

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

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

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili 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.

### **3.2. Transport i ugradnja betona**

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

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

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

Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona.

U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja.

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

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

Svaki započeti betonski odsjek, konstruktivni dio ili element objekta mora biti neprekidno izbetoniran u opsegu, koji je predviđen programom betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, brze vremenske promjene ili isključenja pojedinih uređaja mehanizacije pogona.

Ako dođe do neizbježnog, nepredvidljivog prekida rada, betoniranje mora biti završeno tako da se na mjestu prekida može izraditi konstruktivno i tehnološki odgovarajući radni spoj. Izrada takvog radnog spoja moguća je samo uz odobrenje nadzornog inženjera.

Svježi beton mora se ugrađivati vibriranjem u slojevima čija debljina ne smije biti veća od 70 cm. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem, a po potrebi i pjeskarenjem.

Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom uklješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

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

### **3.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama**

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

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

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

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

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



Ugrađivanje se mora odvijati brzo i bez zastoja. Redosljed betoniranja mora omogućiti povezivanje novog betona s prethodnim.

U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Čelične oplata treba rashlađivati vodom, a podloga prije betoniranja mora biti dobro nakvašena.

Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem.

Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom.

Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć - dan.

### **3.4. Betoniranje pri niskim vanjskim temperaturama**

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje.

Upotreba smrznutog agregata u mješavini nije dozvoljena, a zagrijavanje pijeska parom nije preporučljivo zbog poteškoća s održavanjem konzistencije betona.

Pri ugradnji svježi beton mora imati minimalnu temperaturu od +6 °C, koja se na nižim temperaturama zraka ( $0 < t < +5$  °C) može postići samo zagrijavanjem vode, pri čemu temperatura mješavine agregata i vode prije dodavanja cementa ne smije prijeći +25 °C. Temperatura svježeg betona u zimskom periodu na mjestu ugradnje mora biti od +6 °C do +15 °C.

Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata.

Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza.

Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

## 4. Način zbrinjavanja građevnog otpada

Način zbrinjavanja građevnog otpada mora biti u skladu s propisima o otpadu. Osnovni propisi iz tog područja su:

Zakon o otpadu (NN 178/04, 111/06, 60/08, 87/09) Prema zakonu o otpadu građevni otpad spada u interni otpad jer uopće ne sadrži ili sadrži malo tvari koje podliježu fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji pa ne ugrožavaju okoliš. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpadaka i suvišnog materijala i okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje. Pravilnikom o vrstama otpada određeno je da je proizvođač otpada čija se vrijedna sredstva mogu iskoristiti dužan otpad razvrstavati na mjestu nastanka, odvojeno skupljati po vrstama i osigurati uvjete skladištenja za očuvanje kakvoće u svrhu ponovne obrade. Taj pravilnik predviđa slijedeće moguće postupke s otpadom: kemijsko-fizikalna obrada, biološka obrada, termička obrada, kondicioniranje otpada i odlaganje otpada. Kemijsko-fizikalna obrada otpada je obrada kemijsko-fizikalnim metodama s ciljem mijenjanja njegovih kemijsko-fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: neutralizacija, taloženje, ekstrakcija, redukcija, oksidacija, dezinfekcija, centrifugiranje, filtracija, sedimentacija, rezervna osmoza.

Biološka obrada je obrada biološkim metodama s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: aerobna i anaerobna razgradnja. Termička obrada je obrada termičkim postupkom. Provodi se s ciljem mijenjanja kemijskih, fizikalnih, odnosno bioloških svojstava, a može biti: spaljivanje, piroliza, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, taljenje, zataljivanje u staklo. Kondicioniranje otpada je priprema za određeni način obrade ili odlaganja, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, oprашivanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari koje sadrži otpad. S građevnim otpadom treba postupiti u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom. Taj pravilnik predviđa moguću termičku obradu za slijedeći otpad: drvo, plastiku, asfalt koji sadrži katran i proizvodi koji sadrže katran. Kondicioniranjem se može obraditi slijedeći otpad: građevinski materijali na bazi azbesta, asfalt koji sadrži katran, asfalt (bez katrana), katran i proizvodi koji sadrže katran, izolacijski materijal koji sadrži azbest, izmiješani građevni otpad i otpad od rušenja. Najveći dio građevnog otpada (prethodno obrađen ili neobrađen) može se odvesti u najbliže javno odlagalište otpada: beton, cigle, pločice i keramika, građevinski materijali na bazi gipsa, drvo, staklo, plastika, bakar, bronca, mjed, aluminij, olovo, cink, željezo i čelik, kositar, miješani materijali, kablovi, zemlja i kamenje i ostali izolacijski materijali. Nakon završetka radova gradilište treba očistiti od otpada i suvišnog materijala, postupiti prema iznesenom, a okolni dio terena dovesti u prvobitno stanje.

## 5. Uvjeti održavanja i projektni vijek trajanja

U skladu sa slijedećim odredbama Tehničkih propisa za građevinske konstrukcije (NN 117/17) planira se uporabni vijek građevine:

I.1.2 Planiranje uporabnog vijeka konstrukcija

HRN ISO 15686-1 - Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 1. dio: Opća načela i okvir

HRN ISO 15686-2 - Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 2. dio: Postupci predviđanja vijeka uporabe

HRN ISO 15686-3 - Zgrade i druge građevine -- Planiranje vijeka uporabe -- 3. dio: Neovisne ocjene (auditi) i pregledi svojstava

HRN ISO 15686-5 - Građevine -- Planiranje uporabnog vijeka -- 5. dio: Trošak životnog ciklusa

HRN ISO 15686-8 - Građevine -- Planiranje uporabnog vijeka -- 8. dio: Referentni uporabni vijek i njegova procjena

Proračunski radni vijek pretpostavljeno je razdoblje u kojem se konstrukcija upotrebljava za namijenjenu svrhu, uz pretpostavku održavanja, ali bez potrebe za većim popravcima. Prema HRN EN 1991-1 razlikujemo 4 razreda konstrukcije prema proračunskom radnom vijeku. Proračunski uporabni vijek (prema HRN EN 1991-1), vrijednosti za RH

Kategorija proračunskog uporabnog vijeka	Naznačeni proračunski uporabni vijek (godina)	Primjeri
1	≤ 10	Privremene konstrukcije, konstrukcije tijekom izvedbe <sup>(1)</sup>
2	10 do 25	Zamjenjivi dijelovi konstrukcija, npr. kranski nosači, ležajevi
3	15 do 30	Poljoprivredne i slične konstrukcije
4	50	Konstrukcije zgrada, mostova i drugih inženjerskih građevina uobičajenih dimenzija ili obične važnosti
5	100	Konstrukcije zgrada, mostova i drugih inženjerskih građevina velikih dimenzija ili velike važnosti

<sup>(1)</sup> Proračun na djelovanje potresnih sila privremenih građevina i konstrukcija tijekom gradnje može se izostaviti ako je proračunski vijek kraći od 2 godine.

Sukladno normi, predmetna konstrukcija je svrstana u 3. razred, tj. zahtijevani uporabni vijek iznosi 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. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i

konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. Radnje u okviru održavanja betonskih konstrukcija treba provoditi prema odredbama Priloga I.1.2 Planiranje uporabnog vijeka konstrukcija (TPGK NN 117/17) i normama na koje upućuje Prilog.

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. Način obavljanja pregleda uključuje: vizualni pregled, u kojeg je uključeno utvrđivanje položaja i veličine napuklina i pukotina te drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine, utvrđivanja stanja zaštitnog sloja armature, za betonske konstrukcije u umjereno ili jako agresivnom okolišu, utvrđivanje veličine progiba glavnih nosivih elemenata betonske konstrukcije za slučaj osnovnog djelovanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u ispunjavanje bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti. Nakon obavljenih pregleda konstrukcije potrebno je izraditi dokumentaciju o stanju konstrukcije nakon pregleda sa potrebnim mjerama i radovima na saniranju i održavanju konstrukcije. Ovu i drugu dokumentaciju o održavanju betonske konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Manje nedostatke može ispraviti stručna osoba na licu mjesta, a kod većih zahvata vlasnik građevine dužan je postupiti prema potrebnim zahtjevima i mjerama iz dokumentacije o stanju konstrukcije te izvesti neophodne radove održavanja, obnove i izmjene uređaja i dijelova te radove popravka, ojačanja i rekonstrukcije. Sve radove pregleda i izvedbe radova na konstrukciji potrebno je povjeriti za to ovlaštenim osobama.

## 6. Analiza opterećenja

### 6.1. Krov

Tablica 6.1 Stalna opterećenja na krovu

Opterećenje	Intezitet (kN/m <sup>2</sup> )
Pokrov	0,2
Instalacije	0,15
Spušteni strop	0,15
Dodatno stalno	0,10
Vlastita težina AB elemenata	Uključena u programu
<b>Ukupno</b>	<b>0,6</b>

### 6.2. Kat

a) Stalno opterećenje

Tablica 6.2 Stalna opterećenja na katu

Opterećenje	d (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	Intezitet (kN/m <sup>2</sup> )
Keramičke pločice	0,025	28,0	0,7
AB estrih	0,06	25,0	1,5
Toplinska izolacija	0,06	5,0	0,3
AB ploča	Automatski uključeno u programu		
<b>Ukupno</b>	-	-	<b>2,5</b>

b) Korisno opterećenje

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

ured:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

### 6.3. Snijeg

Opterećenje snijegom definirano je Eurokodom 1991-1-3.

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

$\mu_i$  – koeficijent oblika opterećenja snijegom (učinak oblika krova);  $\mu_i = 0,8$

$C_e$  – koeficijent izloženosti, obično ima vrijednost 1,0

$C_t$  – toplinski koeficijent, obično ima vrijednost 1,0

$s_k$  – karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu ( $\text{kN/m}^2$ )

Zona IV – 100 metara nadmorske visine  $\rightarrow s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

$$s = 0,8 * 1 * 1 * 0,33 = 0,264 \text{ kN/m}^2$$



Tablica 6. Karakteristična opterećenja snijegom ( $s_k$ ) u zonama na različitim nadmorskim visinama

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [ $\text{kN/m}^2$ ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	
700	2,63	3,68	3,30	
800	2,94	4,26	3,95	
900	3,26	4,88	4,65	
1000	3,60	5,55	5,40	
1100	3,94	6,26	6,20	
1200	4,31	7,01	7,05	
1300		7,80	7,95	
1400		8,63	8,90	
1500		9,50	9,90	
1600		10,42	10,94	
1700		11,38	12,04	

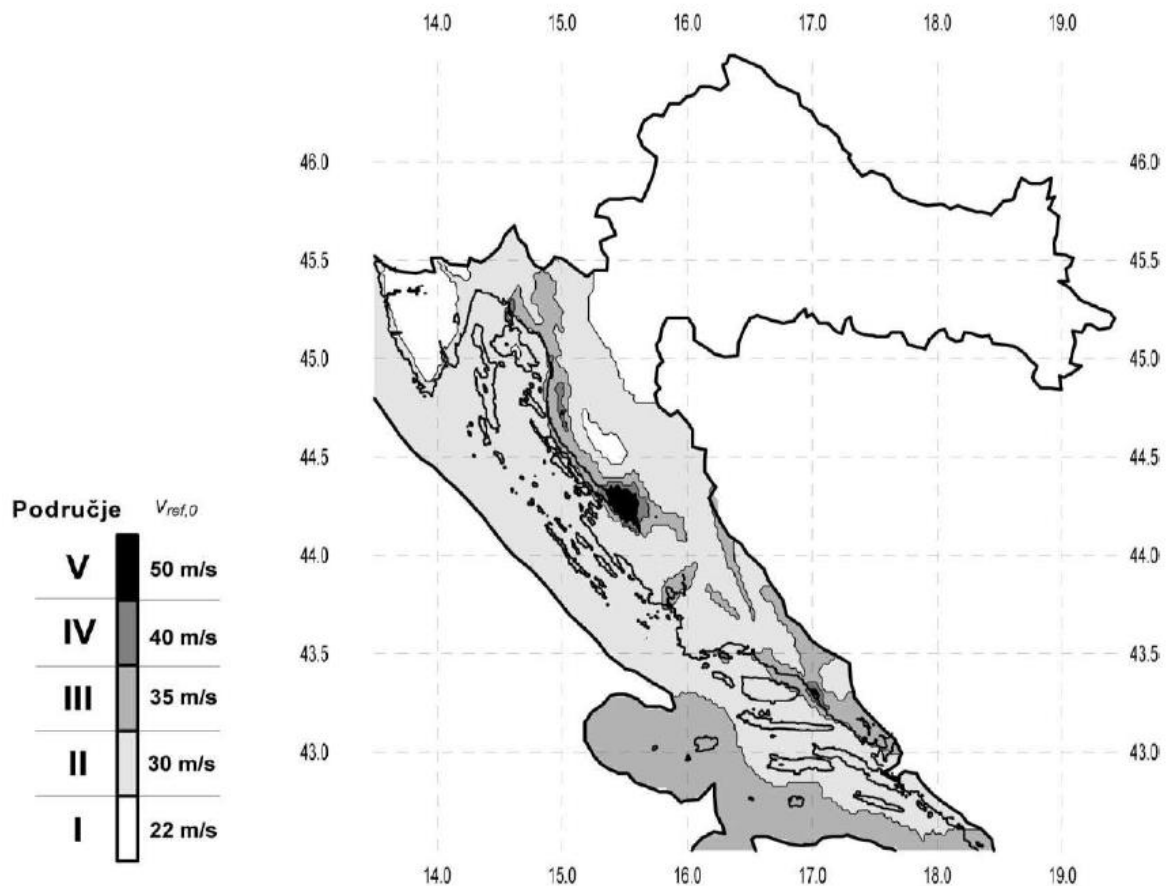
Slika 6.1 Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom

## 6.4. Vjetar

Opterećenje snijegom definirano je Eurokodom 1991-1-4.

Objekt se nalazi u II. vjetrovnoj zoni na 100 m nadmorske visine.

Osnovna brzina vjetra:  $v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$  (za II. zonu)



Slika 6.2 Karta brzine vjetra u Republici Hrvatskoj

Referentna brzina vjetra:  $v_b = C_{DIR} * C_{TEM} * C_{ALT} * v_{b,0}$

$C_{DIR}$  – koeficijent smjera vjetra, proizlazi iz odnosa brzine vjetra za različiti smjer vjetra i uzima se za cijelo područje Hrvatske  $C_{DIR} = 1,0$ .

$C_{TEM}$  – koeficijent godišnjeg doba, uzima se za cijelo područje Hrvatske  $C_{TEM} = 1,0$ .

$C_{ALT}$  – koeficijent nadmorske visine, koji obuhvaća povećanje brzine vjetra s nadmorskom visinom, zbog ograničenog broja mjernih mjesta na planinskom području Republike Hrvatske nije moguće egzaktno odrediti, te se koristi izraz  $C_{ALT} = 1 + 0,0001 as$ , gdje je  $as$  - nadmorska visina mjesta u metrima.

$$C_{ALT} = 1 + 0,0001 * 100 = 1,01$$

$$v_b = 1,00 * 1,00 * 1,01 * 30 = 30,3 \frac{m}{s}$$

Visina objekta iznosi:  $z_e = 9,1$  m.

Srednja brzina vjetra na nekoj visini  $z$  određuje se iz izraza:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$z_{min} = 2 \text{ m}; z_e = 9,1 \text{ m}; z_{max} = 200 \text{ m}$$

za  $z_{min} < z_e < z_{max}$ :

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right) - \text{koeficijent hrapavosti}$$

$$c_r(z) = 0,19 * \ln\left(\frac{9,1}{0,05}\right) = 0,9888$$

Tablica 6.3 Kategorije terena i pripadajući koeficijenti

Kategorija terena	Opis	$K_r$	$z_0$ [m]	$Z_{min}$ [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

$c_0(z)$  – koeficijent topografije; iznosi 1,0

$$v_m(z) = 0,9888 * 1 * 30,3 = 29,96 \text{ m/s}$$

Turbulencija vjetra dana je izrazom:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,0 * \ln\left(\frac{9,1}{0,05}\right)} = 0,1922$$

Maksimalni tlak brzine vjetra  $q_p(z_e)$ :  $\rho_{zr} = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{\rho_{zr}}{2} * v_m^2(z) = c_e(z) * q_b(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,1922] * \frac{1,25}{2} * 29,96^2 = 1316 \frac{N}{m^2} = 1,316 \frac{kN}{m^2}$$

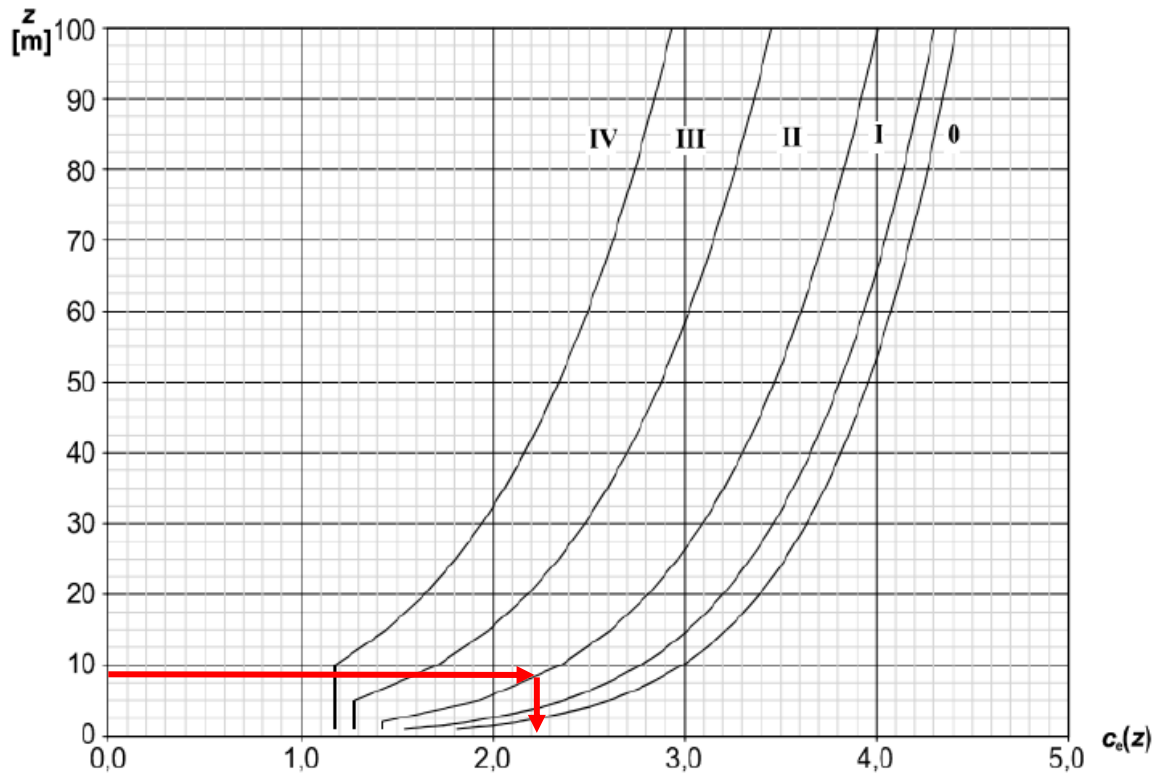


$$q_p(z) = c_e(z) * q_b(z)$$

$$q_b(z) = \frac{\rho_{zr}}{2} * v_b^2(z) = \frac{1,25}{2} * 30,3^2 = 0,574 \text{ kN/m}^2$$

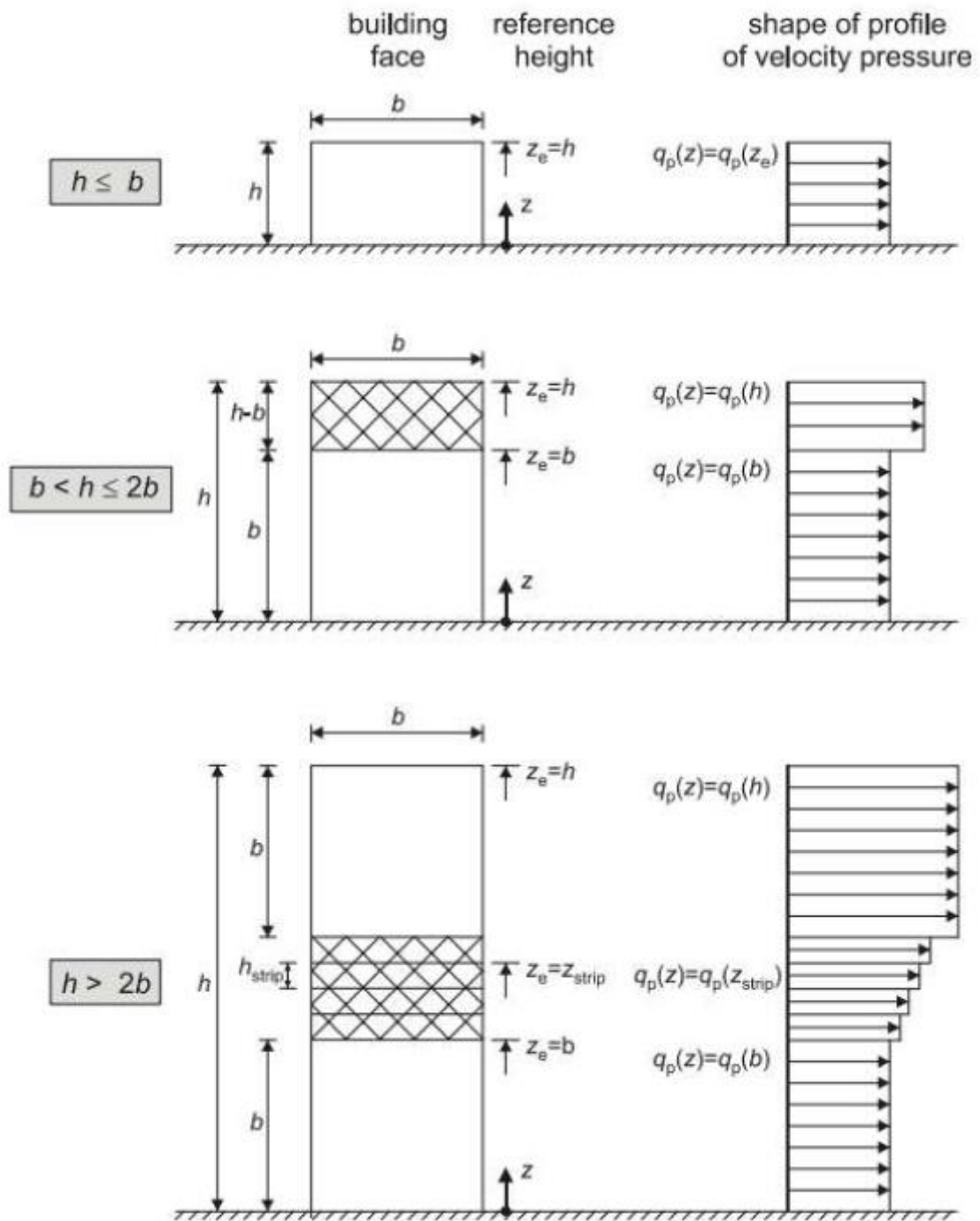
$c_e(z)$  – očitano sa slike = 2,25

$$q_p(z) = 2,25 * 0,574 = 1,292 \text{ kN/m}^2$$



Slika 6.3 Određivanje koeficijenta  $C_e(z)$

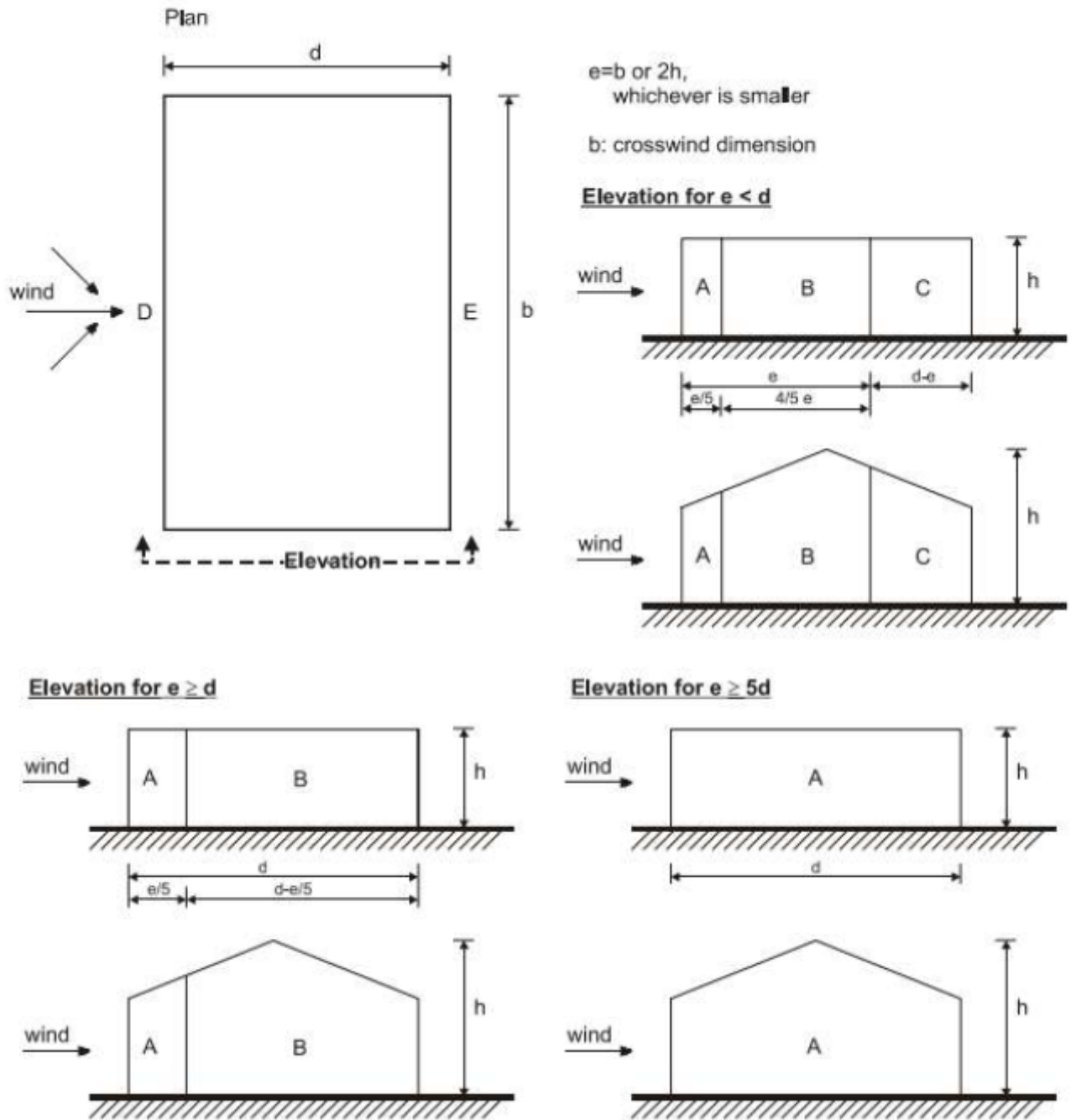
$h = 9,1\text{m}; b = 40\text{ m};$   
 mjerodavan profil:  $h < b$



Slika 6.4 Vjetrovni profil brzina u ovisnosti o širini i visini objekta

$$e = \min \{b, 2h\} = \min \{40, 2 \cdot 9,1\} = 18,2 \text{ m}; d = 25 \text{ m}$$

mjerodavan profil;  $e < d$  za kosi krov



Slika 6.5 Podjela zona za zidove

$$\frac{h}{d} = \frac{9,1}{25} = 0,364$$

Mjerodavni koeficijent vanjskog tlaka  $C_{pe}$  su odabrani za opterećenu površinu veću od  $10 \text{ m}^2$  te su linearno interpolirani.

Tablica 6.4 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka ( $C_{pe}$ ) za zidove tlocrtno pravokutnih zgrada

h/d	A	B	C	D	E
5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
0,364	-1,2	-0,8	-0,5	0,715	-0,330
0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Najnepovoljniji neto tlak vjetra za svaku zonu tlaka dobiva se kombinacijom odgovarajućeg koeficijenta vanjskog tlaka  $c_{pe}$  s najnepovoljnijom vrijednošću koeficijenta unutarnjeg tlaka  $c_{pi} = -0,300$  ili  $c_{pi} = 0,200$ . Kada je  $c_{pe}$  pozitivan tada je  $c_{pe} = -0,300$  mjerodavan. Kada je  $c_{pe}$  negativan  $c = 0,200$  je mjerodavan.

$$w_{net} = w_e - w_i = q_p(z_e) * c_{pe} - q_p(z_i) * c_{pi}$$

Tablica 6.5 Tablica mjerodavnih vjetrovnih opterećenja za zone A, B, C, D i E

h/d	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,715	-0,33
$C_{pi}$	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
$C_{p,net}$	-1,4	-1	-0,7	1,015	-0,53
$q_p(z_e)=q_p(z_i)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1,316				
$w_{net}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-1,842	-1,316	-0,921	1,336	-0,698

Mjerodavni koeficijent vanjskog tlaka  $C_{pe}$  su odabrani za opterećenu površinu veću od 10 m<sup>2</sup> te su linearno interpolirani.

Tablica 6.6 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka ( $C_{pe}$ ) za kosi krov

$\alpha$	F		G		H		I		J	
5	-1,7	0	-1,2	0	-0,6	0	-0,6	-	-0,6	0,2
5,71	-1,643	0,014	-1,172	0,014	-0,579	0,014	-0,586	-	-0,628	0,186
15	-0,9	0,2	-0,8	0,2	-0,3	0,2	-0,4	-	-1	0

Najnepovoljniji neto tlak vjetra za svaku zonu tlaka dobiva se kombinacijom odgovarajućeg koeficijenta vanjskog tlaka  $c_{pe}$  s najnepovoljnijom vrijednošću koeficijenta unutarnjeg tlaka  $c_{pi} = -0,300$  ili  $c_{pi} = 0,200$ . Kada je  $c_{pe}$  pozitivan tada je  $c_{pe} = -0,300$  mjerodavan. Kada je  $c_{pe}$  negativan  $c = 0,200$  je mjerodavan.

Tablica 6.7 Tablica mjerodavnih vjetrovnih opterećenja za zone F, G, H, I i J

$\alpha$	F		G		H		I		J	
$C_{pe}$	-1,643	0,014	-1,172	0,014	-0,579	0,014	-0,586	-	-0,628	0,186
$C_{pi}$	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	-	0,2	0,3
$C_{p,net}$	-1,843	0,314	-1,372	0,314	-0,779	0,314	-0,786	-	-0,828	0,486
$q_p(z)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	1,315									
$W_{net}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-2,425	0,413	-1,804	0,413	-1,024	0,413	-1,034	-	-1,090	0,639

## 6.5. Opterećenje potresom

Potresne sile proračunate su metodom višemodalne analize pomoću računalnog programa Scia Engineer 22.

Građevina se nalazi na području Solina gdje poredbeno vršno ubrzanje tla iznosi  $a_{gR}=0,218g$  prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske. Računsko ubrzanje je očitano za povratni period od 475 godina.



Slika 6.6 Vršno ubrzanje tla za promatranu lokaciju

Građevina je temeljena na temeljnom tlu klase B. Klasa duktilnosti je DCM. Tip spektra 1.

Proračun faktora ponašanja za horizontalno seizmičko djelovanje

$$q = q_0 * k_w = 1,5 * 1 = 1,5$$

$q_0$  – osnovni faktor ponašanja

$k_w$  – faktor prevladavajućeg sloma; jednak je 1,0.

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

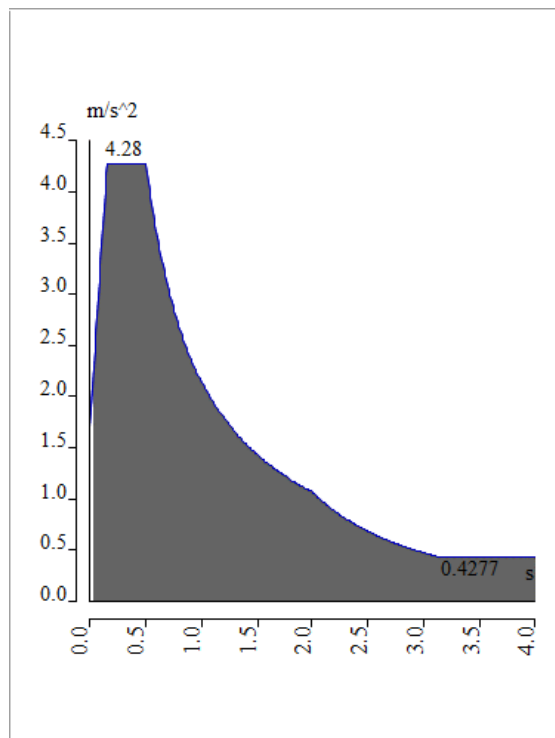
Slika 6.7 Osnovni faktor ponašanja  $q_0$  za sustave pravilne po visini

The screenshot shows a 'Code parameters' dialog box with the following parameters and values:

Parameter	Value
coeff accel. ag	0,218
ag - design acceleration [m/s^2]	2,139
q - behaviour factor	1,500
beta	0,200
S, Tb, Tc, Td manually?	No
Subsoil type	B
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,200
Tb	0,150
Tc	0,500
Td	2,000
Note	NA not supported

Buttons: OK, Cancel

Slika 6.8 Parametri potresnog opterećenja



Slika 6.9 Računski spektar odgovora

Potresno opterećenje je generirano na temelju sudjelujućih masa iz opterećenja vlastitom težinom, dodatnog stalnog opterećenja i dijela korisnog opterećenja:  $1,0 \text{ mG}$ (vlastita težina) +  $1,0 \text{ mdG}$ (dodatno stalno) +  $0,3\text{mQ}$ (korisno). Na temelju tih ulaznih podataka napravljena je modalna analiza iz koje su dobiveni vlastiti oblici konstrukcije i njima pripadajući periodi sa sudjelujućim masama. Za dvadeset četiri moda aktivirano je više od 96,5 % mase konstrukcije u x i u y smjeru. Prema EC-8, zadovoljen je uvjet da suma svih upotrijebljenih vlastitih oblika u proračunu moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase, kao i svi vlastiti oblici sa minimalno 5% aktivirane mase.

## 6.5.1. Rezultati proračuna – modalna analiza

### Calculation protocol

#### Solution of Free vibration

Number of 2D elements	12560
Number of 1D elements	1138
Number of mesh nodes	14146
Number of equations	84876
Combination of mass groups	MC1 CM1
Modification group	None
Number of frequencies	24
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard using improved reduced system (IRS)
Start of calculation	30.08.2023 11:13
End of calculation	30.08.2023 11:14

#### Sum of masses

Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1 Moving mass	631408,70	631408,70	631408,70
1 Total mass	631408,70	631408,70	631408,70

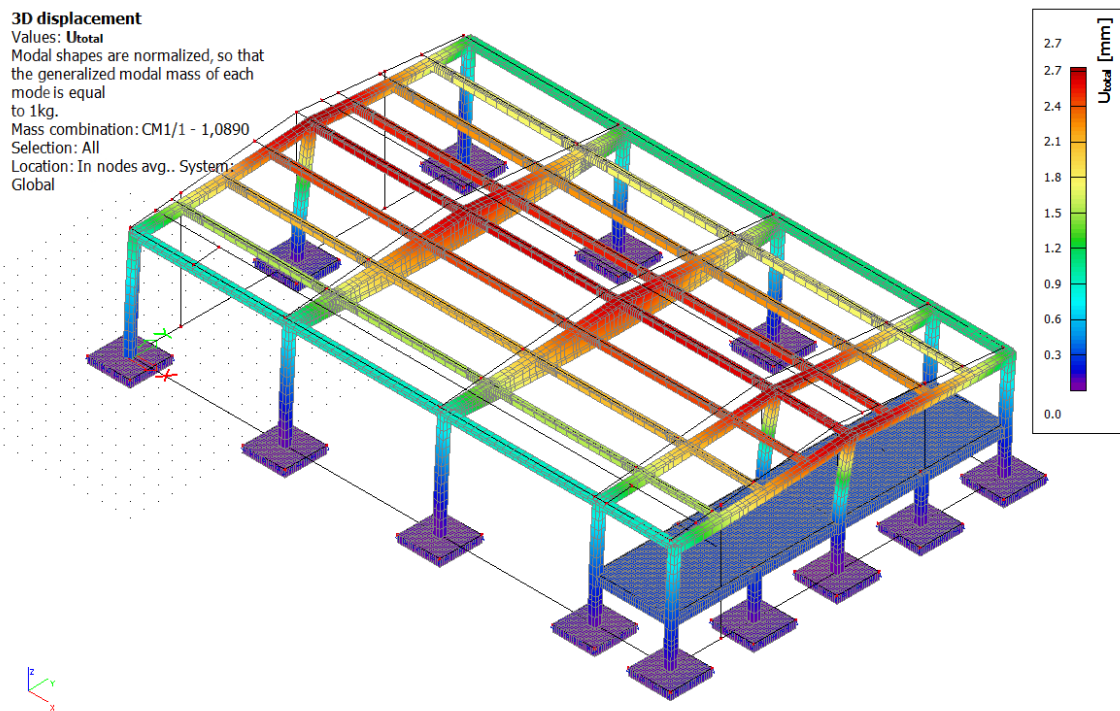
#### Relative modal masses

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$N_{xi\_R}/W_{xtot\_F}$	$W_{yi\_R}/W_{ytot\_F}$	$W_{zi\_R}/W_{ztot\_F}$
1	6.84253	0,9183	1,0890	0,4266	0,0000	0,0000	0,0000	0,0342	0,0004
2	7.59223	0,8276	1,2083	0,0001	0,2321	0,0000	0,0484	0,0000	0,2554
3	9.45728	0,6644	1,5052	0,0000	0,1368	0,0000	0,0237	0,0000	0,0537
4	11.3423	0,5540	1,8052	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0829
5	11.9877	0,5241	1,9079	0,0000	0,0038	0,0000	0,0004	0,0000	0,0003
6	16.2098	0,3876	2,5799	0,0752	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0001
7	21.1901	0,2965	3,3725	0,0000	0,2180	0,0000	0,0004	0,0000	0,0874
8	23.5291	0,2670	3,7448	0,0000	0,0000	0,2168	0,0000	0,0915	0,0000
9	26.0139	0,2415	4,1402	0,0005	0,0117	0,0000	0,0001	0,0000	0,0660
10	27.6425	0,2273	4,3994	0,0000	0,0000	0,0091	0,0000	0,0947	0,0000
11	29.8514	0,2105	4,7510	0,0000	0,0000	0,0090	0,0001	0,0015	0,0000
12	30.005	0,2094	4,7754	0,0000	0,0083	0,0000	0,0540	0,0000	0,0017
13	33.1686	0,1894	5,2789	0,0000	0,0000	0,0054	0,0000	0,0082	0,0000
14	36.2242	0,1735	5,7653	0,1933	0,0000	0,0000	0,0000	0,0045	0,0001
15	39.3458	0,1597	6,2621	0,0000	0,0006	0,0000	0,0005	0,0000	0,0035
16	64.1991	0,0979	10,2176	0,0000	0,0000	0,3870	0,0000	0,2175	0,0000
17	68.3567	0,0919	10,8793	0,0000	0,0098	0,0000	0,2240	0,0000	0,0028
18	90.6889	0,0693	14,4336	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0284	0,0002
19	95.4188	0,0658	15,1864	0,0000	0,0135	0,0000	0,4024	0,0000	0,0444
20	99.2628	0,0633	15,7982	0,0000	0,0000	0,2400	0,0000	0,3774	0,0000
21	107.199	0,0586	17,0613	0,0000	0,0083	0,0000	0,0154	0,0000	0,3253
22	109.949	0,0571	17,4989	0,0000	0,3222	0,0000	0,2201	0,0000	0,0004
23	119.326	0,0527	18,9914	0,0000	0,0000	0,1323	0,0000	0,1090	0,0000
24	132.729	0,0473	21,1244	0,2913	0,0000	0,0000	0,0000	0,0301	0,0000
				0,9881	0,9654	0,9996	0,9896	0,9981	0,9246

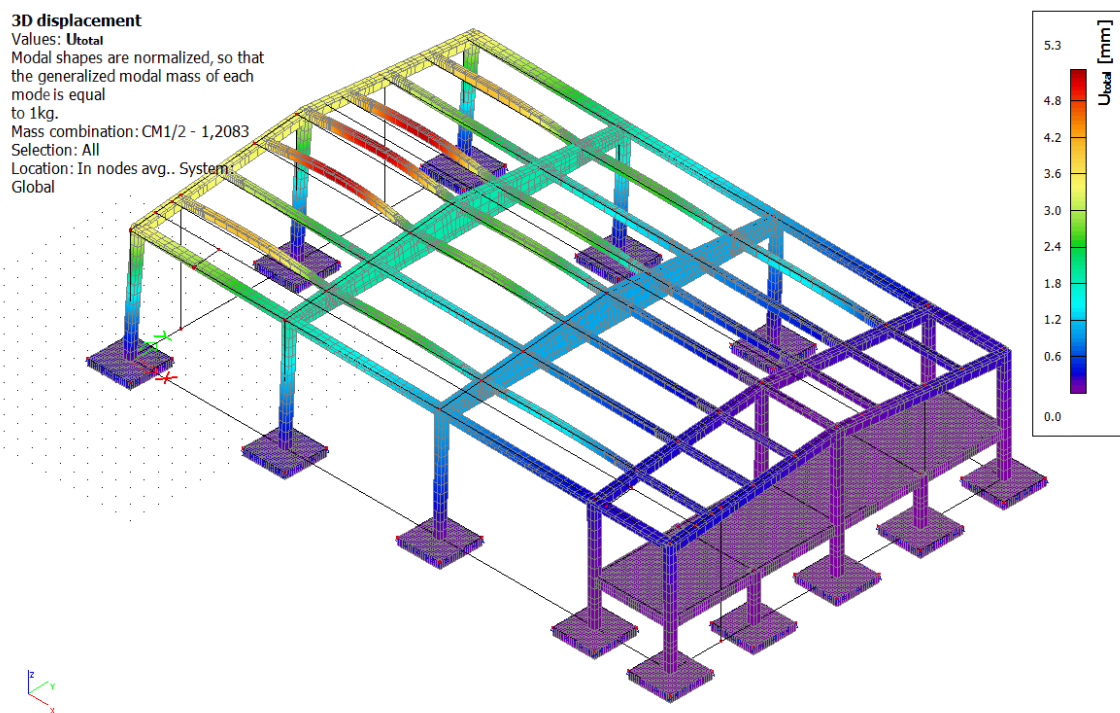
Slika 6.10 Prikaz sudjelujućih masa u pojedinim modovima

Na sljedećim slikama prikazani su četiri značajna vlastita vektora.





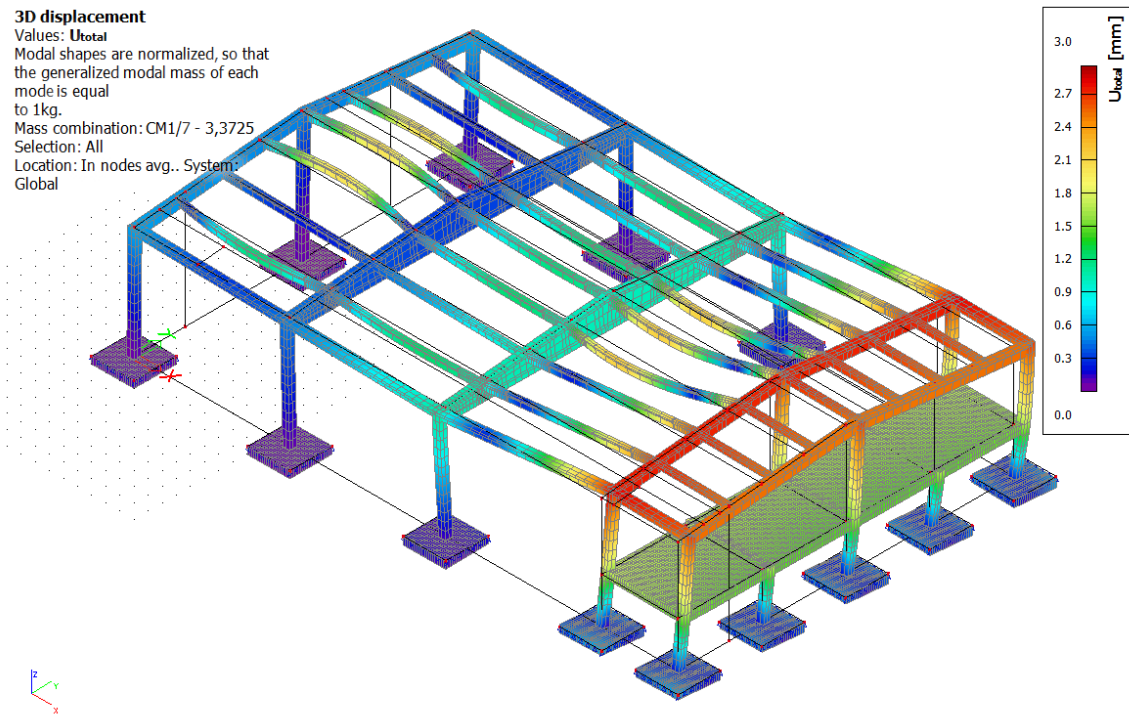
Slika 6.11 Prvi vlastiti vektor



Slika 6.12 Drugi vlastiti vektor

**3D displacement**

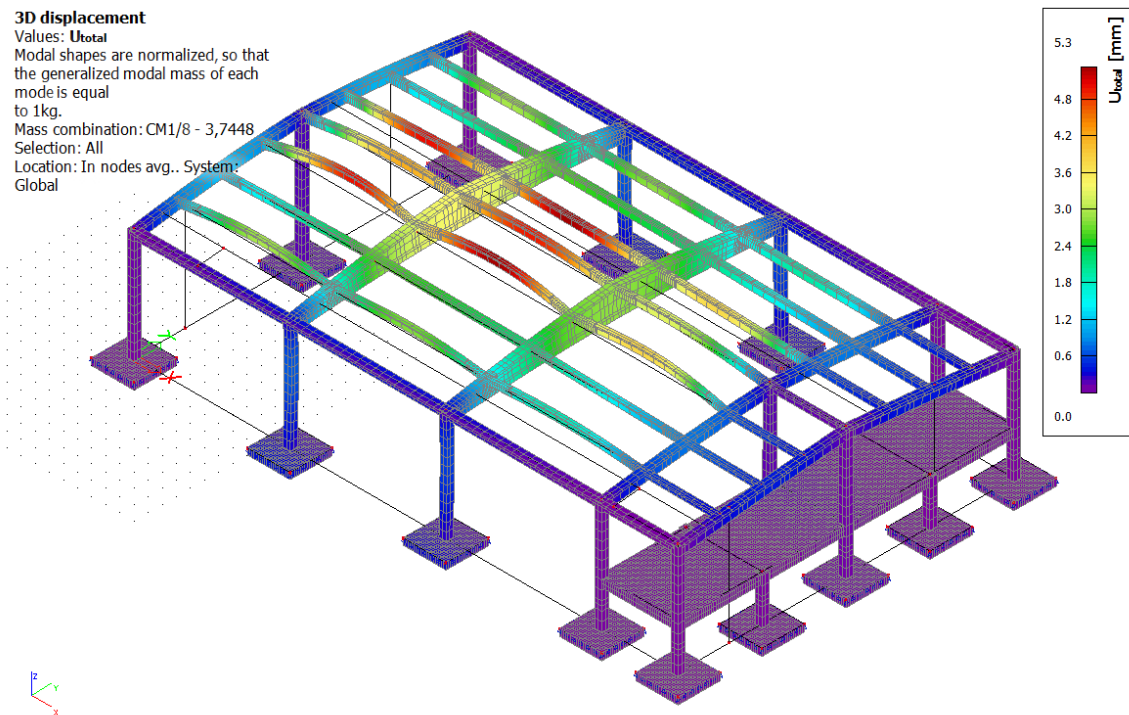
Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/7 - 3,3725  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 6.13 Sedmi vlastiti vektor

**3D displacement**

Values:  $U_{total}$   
Modal shapes are normalized, so that the generalized modal mass of each mode is equal to 1kg.  
Mass combination: CM1/8 - 3,7448  
Selection: All  
Location: In nodes avg.. System: Global



Slika 6.14 Osmi vlastiti vektor

## 6.6. Kombinacije opterećenja

Predviđene su sljedeće kombinacije za granično stanje nosivosti:

1.  $1,35*(G + dG) + 1,5*Q + 1,5*(0,6*W1 + 0,6*S)$
2.  $1,35*(G + dG) + 1,5*Q + 1,5*(0,6*W2 + 0,6*S)$
3.  $1,35*(G + dG) + 1,5*S + 1,5*(0,7*Q + 0,6*W1)$
4.  $1,35*(G + dG) + 1,5*S + 1,5*(0,7*Q + 0,6*W2)$
5.  $1,35*(G + dG) + 1,5*W1 + 1,5*(0,7*Q + 0,6*S)$
6.  $1,35*(G + dG) + 1,5*W2 + 1,5*(0,7*Q + 0,6*S)$
7.  $1,0*(G + dG) + 0,3*Q + 1,0*Ex + 0,3*Ey$
8.  $1,0*(G + dG) + 0,3*Q + 1,0*Ey + 0,3*Ex$

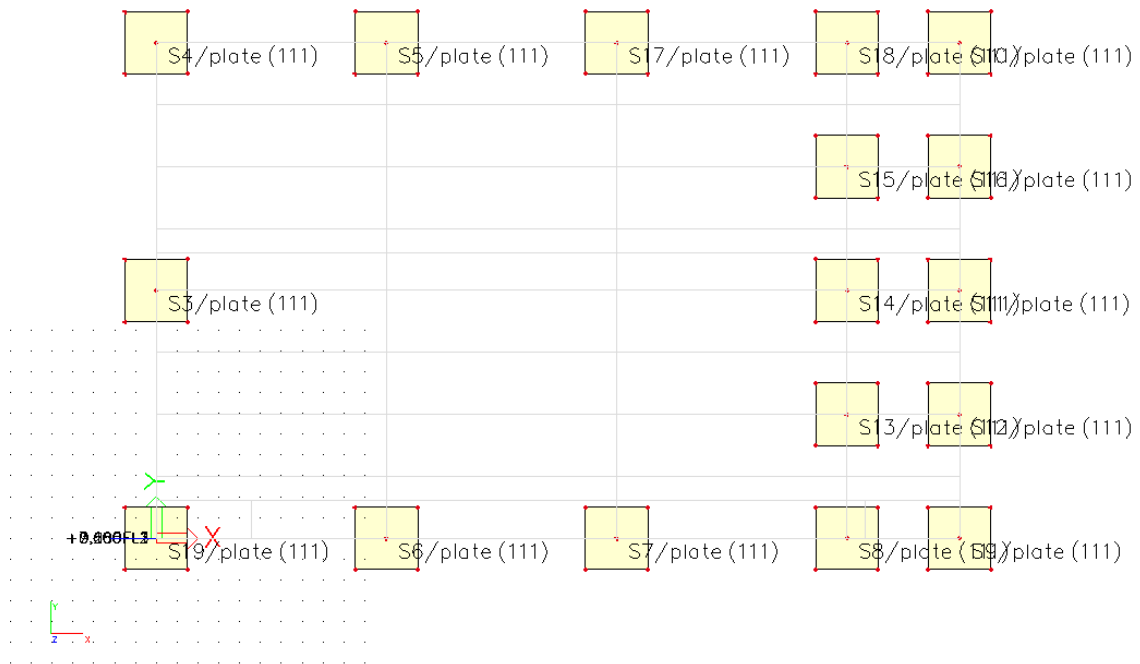
Predviđene su sljedeće kombinacije za granično stanje uprabe:

1.  $1,0*(G + dG) + 1,0*Q + 0,6*(W1 + S)$
2.  $1,0*(G + dG) + 1,0*Q + 0,6*(W2 + S)$
3.  $1,0*(G + dG) + 1,0*S + 0,7*Q + 0,6*W1$
4.  $1,0*(G + dG) + 1,0*S + 0,7*Q + 0,6*W2$
5.  $1,0*(G + dG) + 1,0*W1 + 0,7*Q + 0,6*S$
6.  $1,0*(G + dG) + 1,0*W2 + 0,7*Q + 0,6*S$

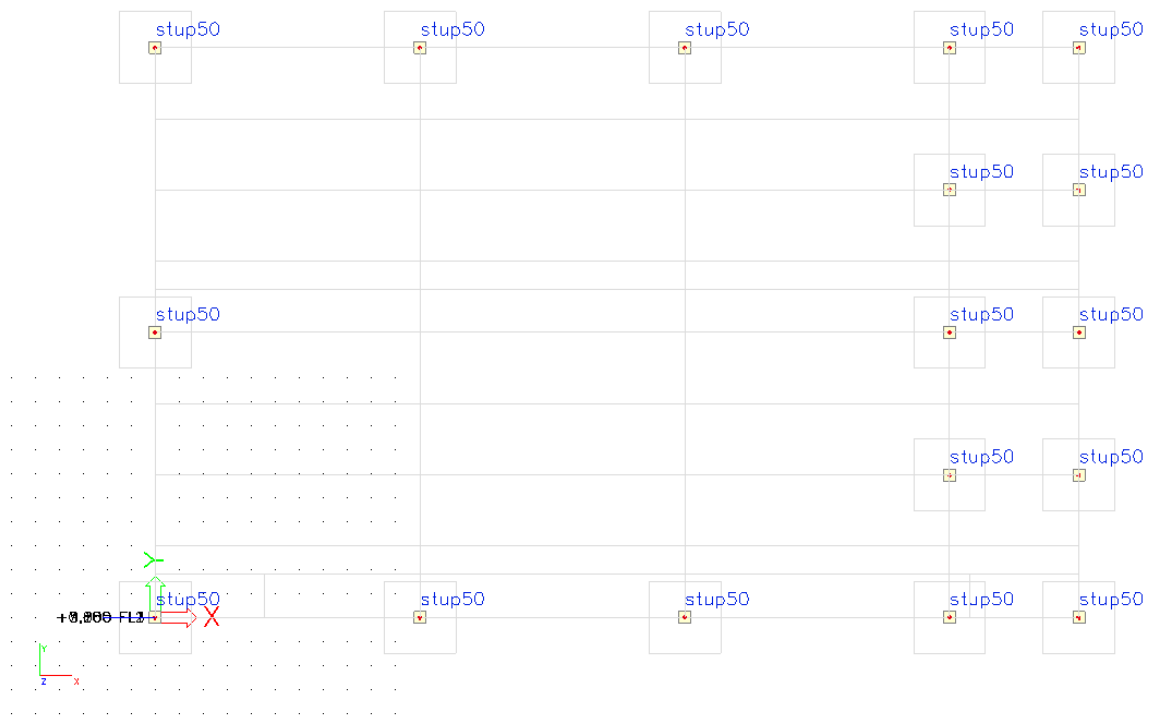
Rezne sile prikazane su pojedinačno za svaki element koji će se dimenzionirati, neposredno prije postupka dimenzioniranja.

## 7. Numerički model

U programu SCIA Engineer 22 izrađen je prostorni model konstrukcije. U nastavku su prikazane pozicije konstruktivnih elemenata te opterećenja na konstrukciju.



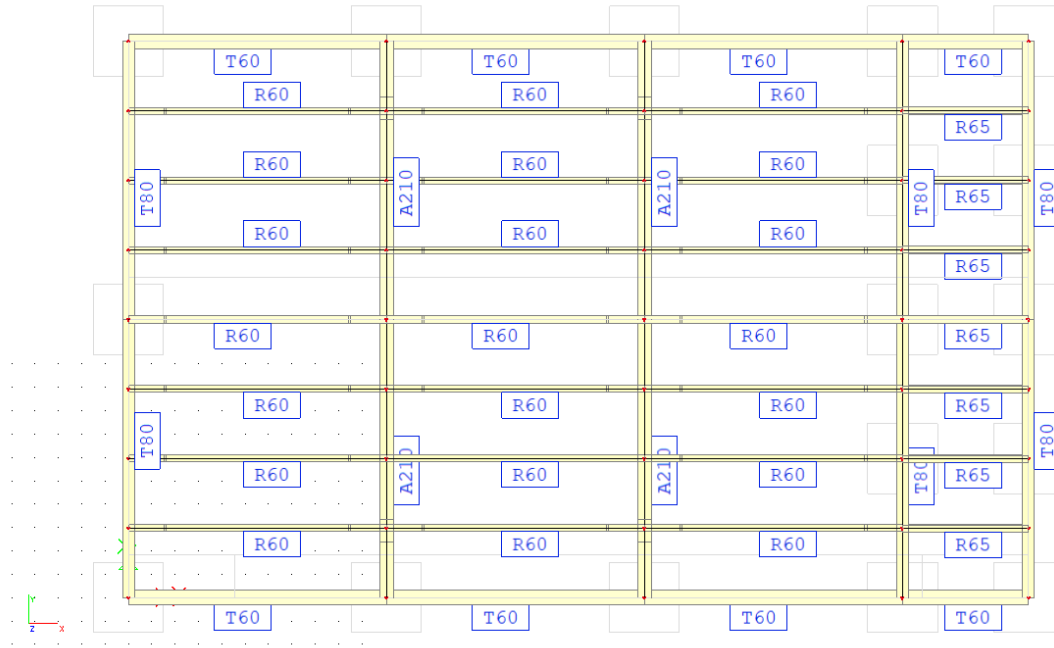
Slika 7.1 Položaj temelja



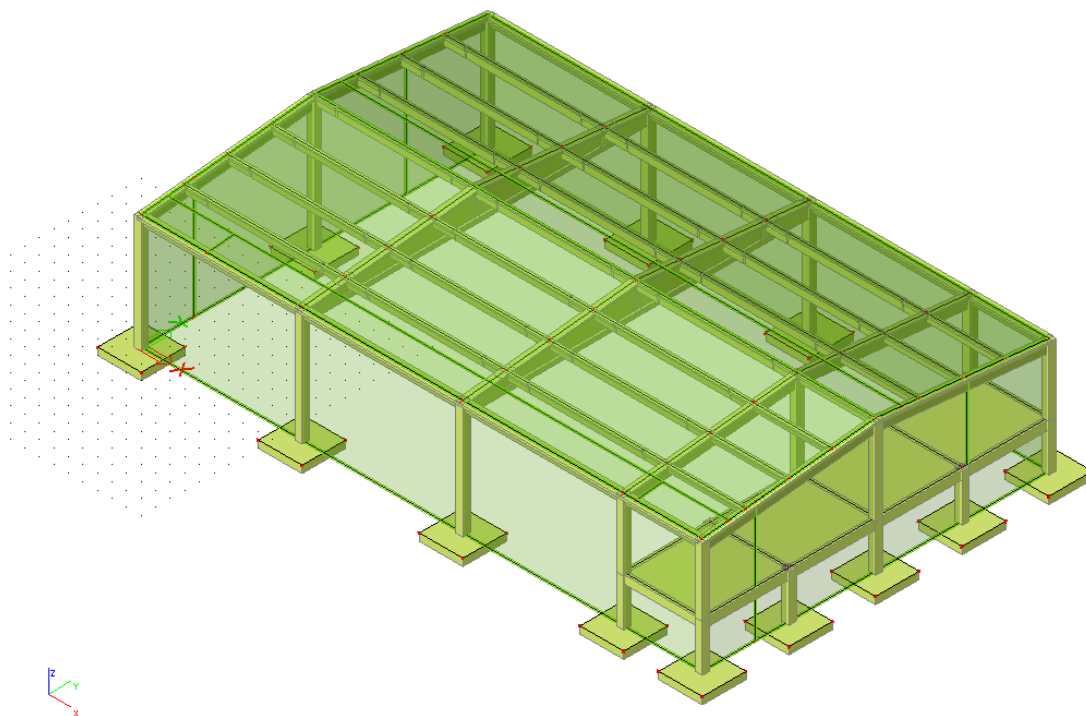
Slika 7.2 Položaj stupova



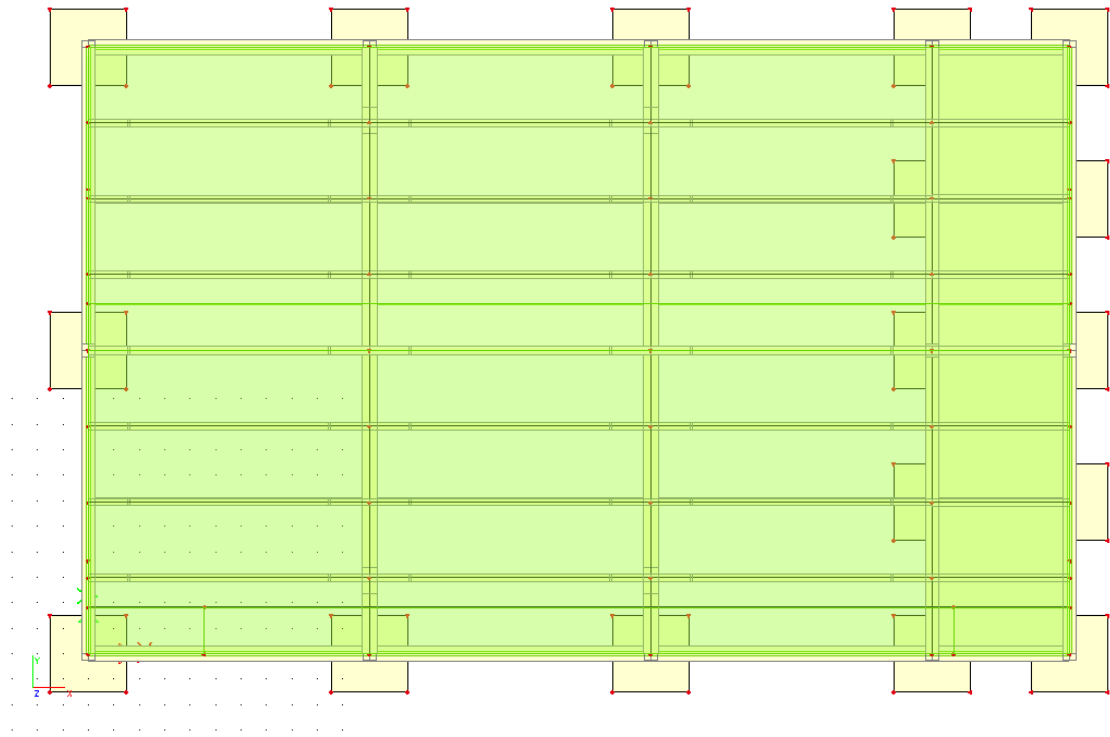
Slika 7.3 Položaj greda i ploča na prvom katu



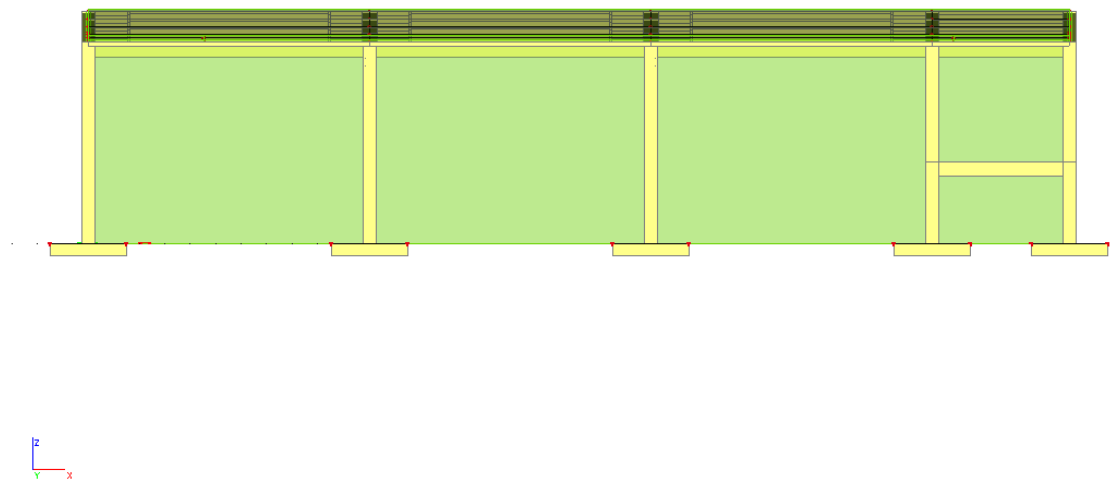
Slika 7.4 Položaj nosača



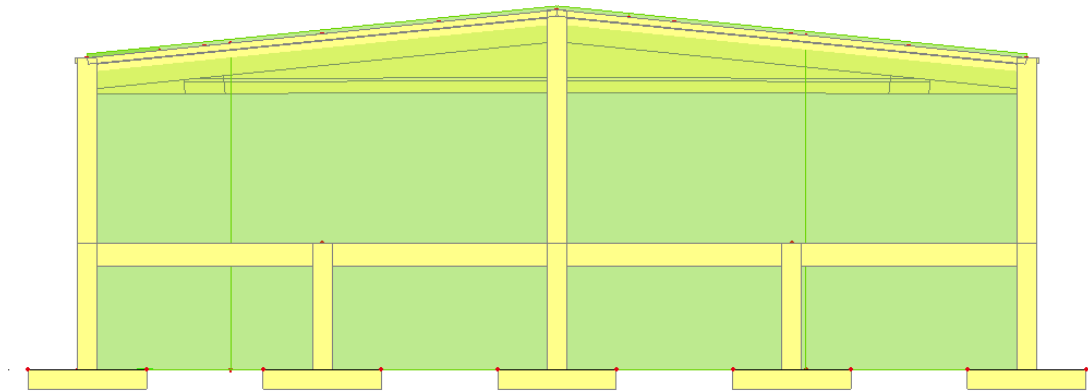
Slika 7.5 Izometrija objekta



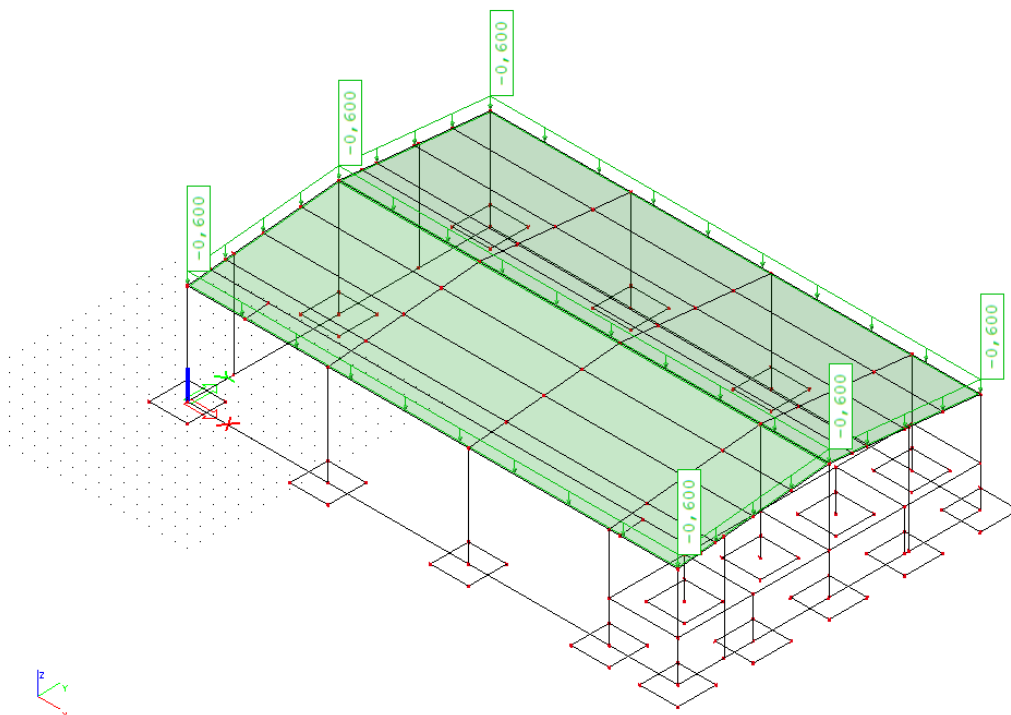
Slika 7.6 Tlocrt objekta



Slika 7.7 Bokocrt objekta

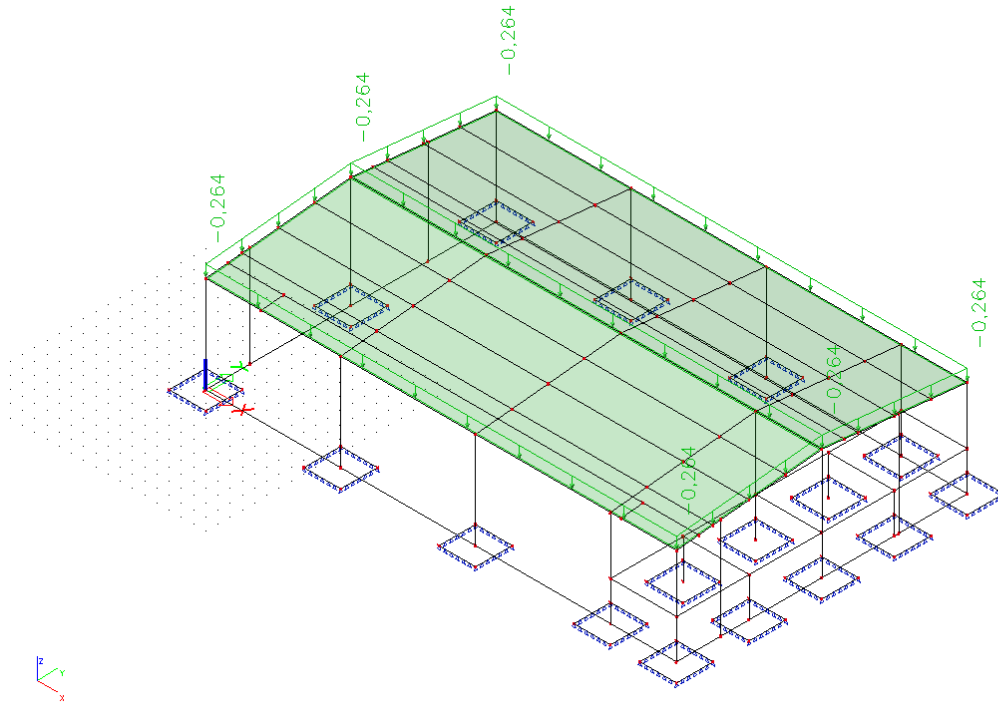


Slika 7.8 Nacrt objekta

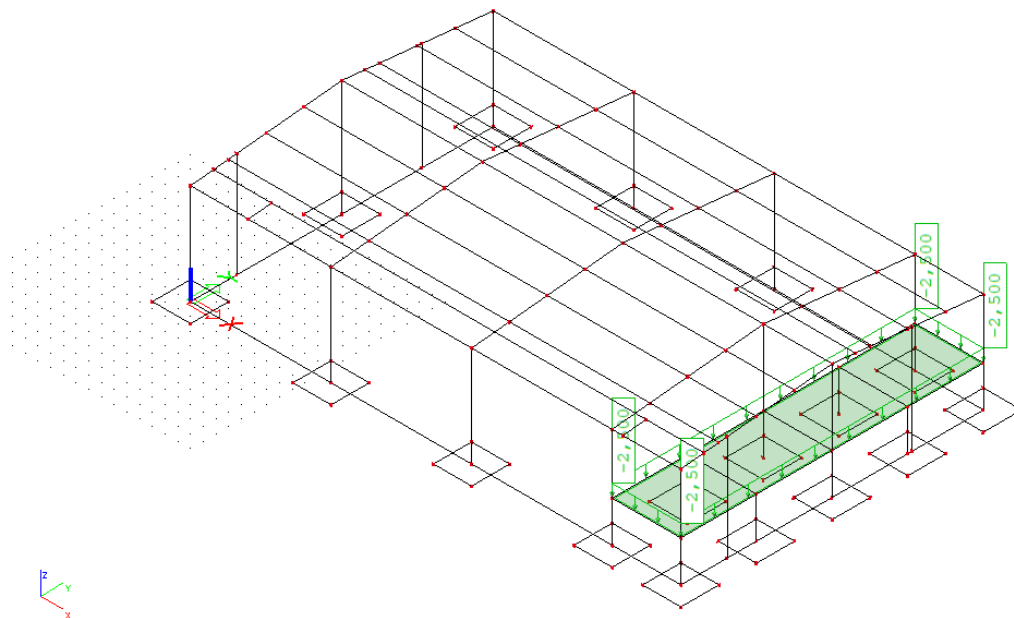


Slika 7.9 Dodatno stalno opterećenja na krovu

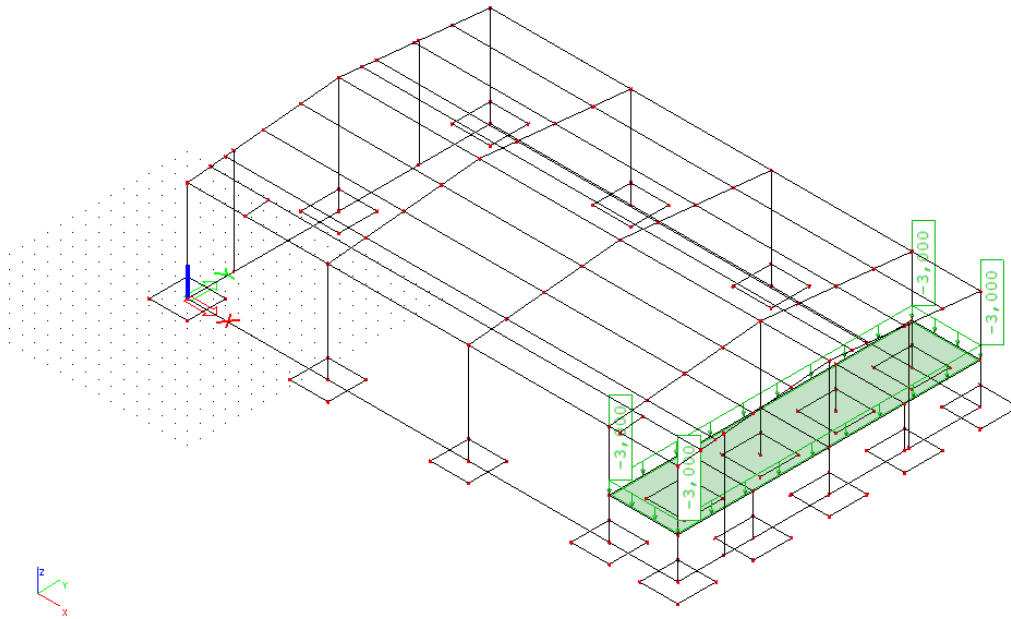




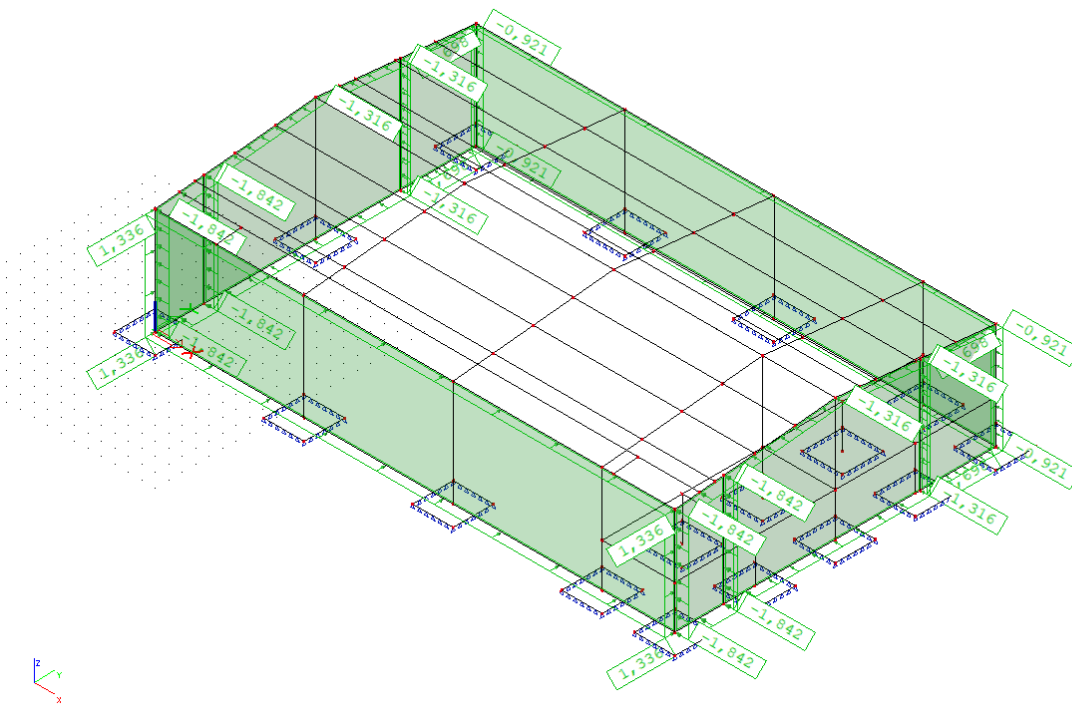
Slika 7.10 Opterećenje snijegom



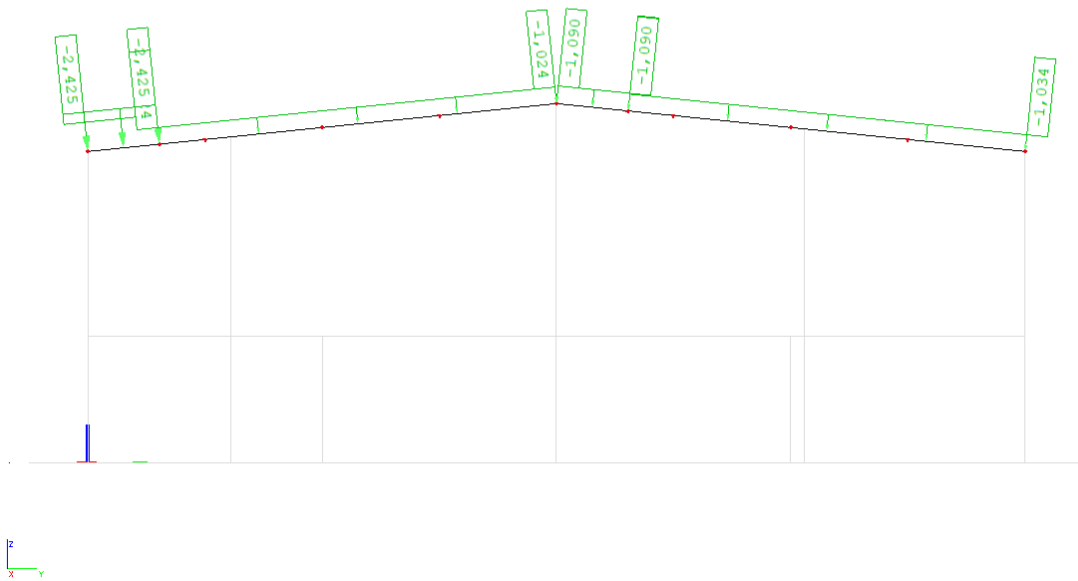
Slika 7.11 Dodatno stalno opterećenje na katu



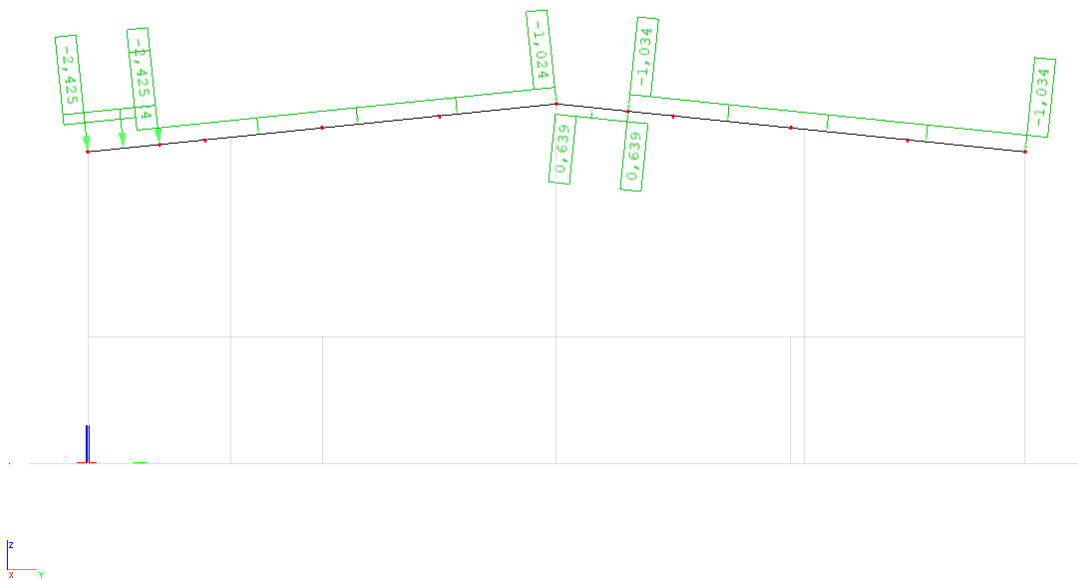
Slika 7.12 Korisno opterećenje na katu



Slika 7.13 Opterećenje vjetrom na zidove objekta



Slika 7.14 Opterećenje vjetrom na krov objekta, prvi slučaj



Slika 7.15 Opterećenje vjetrom na krov objekta, drugi slučaj

## 8. Utjecaj modula stišljivosti na rubne uvjete, period konstrukcije, pomake i sile

U ovom radu proučiti će se utjecaj modula stišljivosti na krutost konstrukcije ( $k$ ), period ( $T$ ), pomake ( $u$ ) i sile.

Krutost konstrukcije je otpor koji pruža konstrukcija pri jediničnom pomaku. Variranjem modula stišljivosti konstrukciju mijenjamo krutost konstrukcije, povećanjem vrijednosti modula stišljivosti povećavamo krutost i obrnuto. Kada vrijednost modula stišljivosti raste tako rubni uvjeti na ležaju postaju sve sličniji upetom ležaju. Kada vrijednost modula stišljivosti ide k nuli rubni uvjeti na ležaju postaju sve sličniji zglobno oslonjenom ležaju.

S obzirom da se period konstrukcije računa prema formuli:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

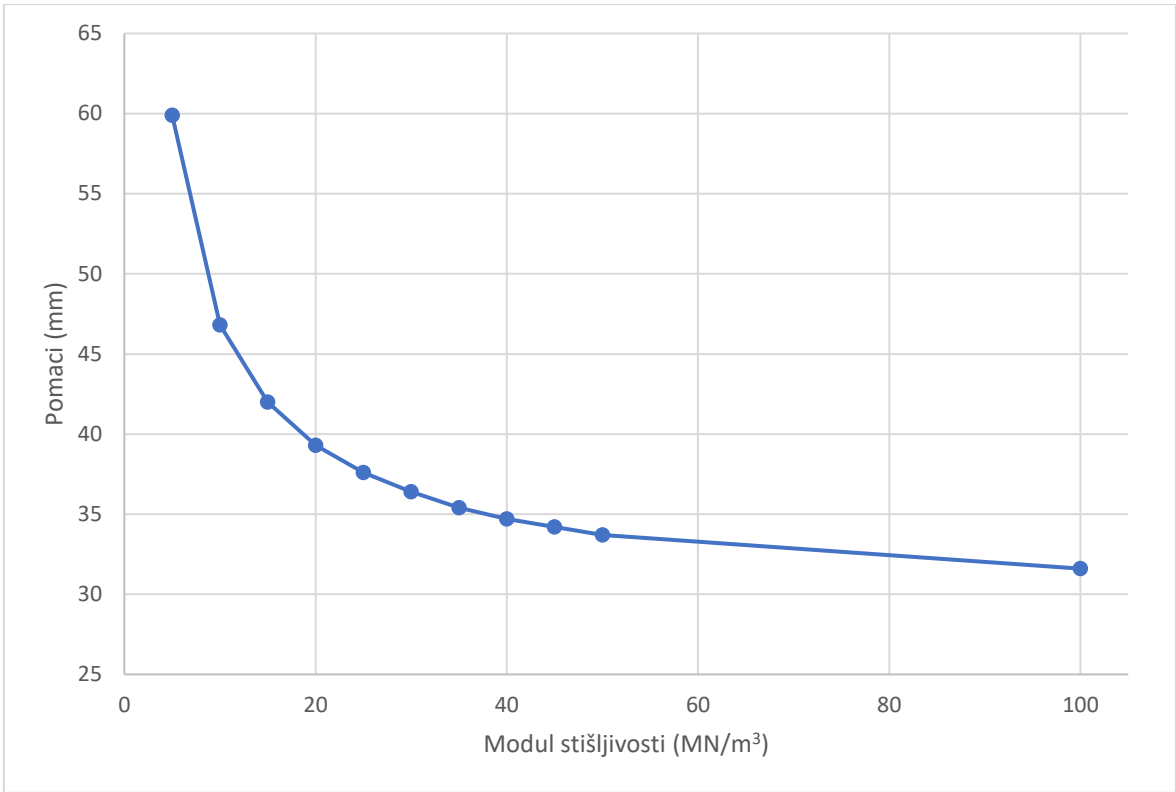
gdje su:  $T$  – period konstrukcije (sekunde)

$\omega$  – kružna frekvencija (rad/s)

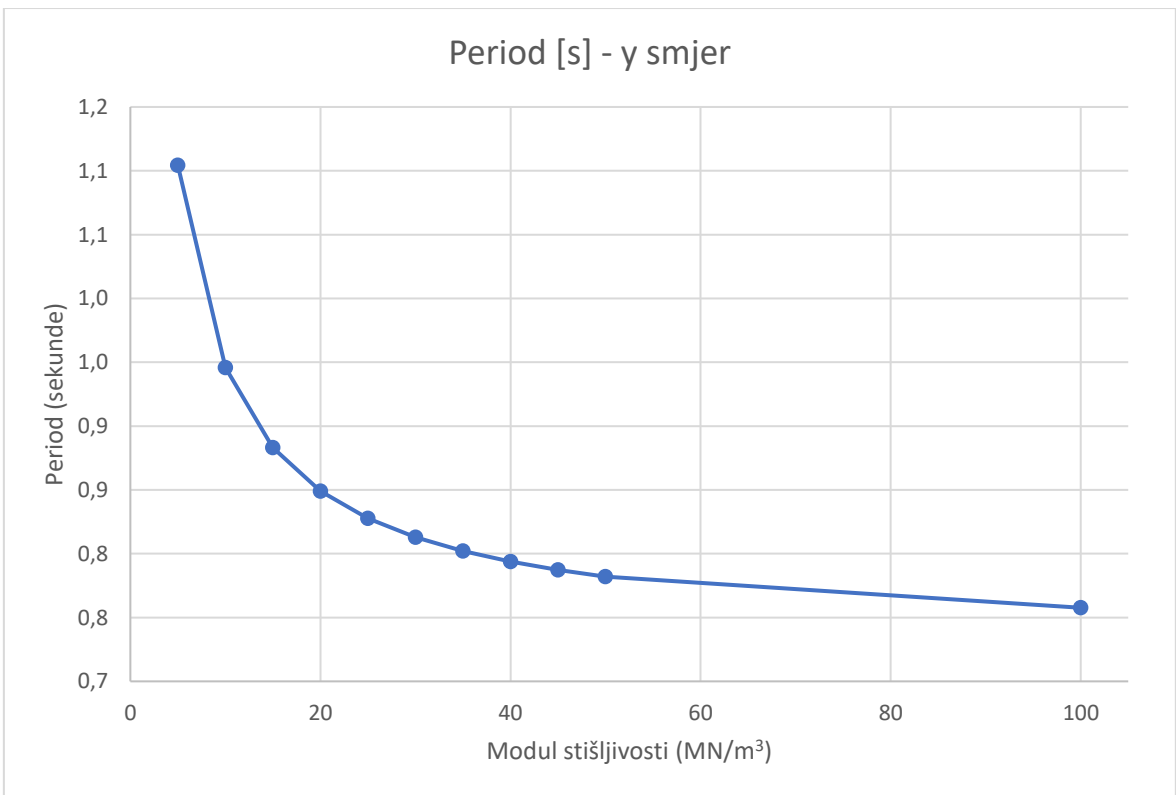
$k$  – krutost konstrukcije (kN/m)

$m$  – masa konstrukcije (tona)

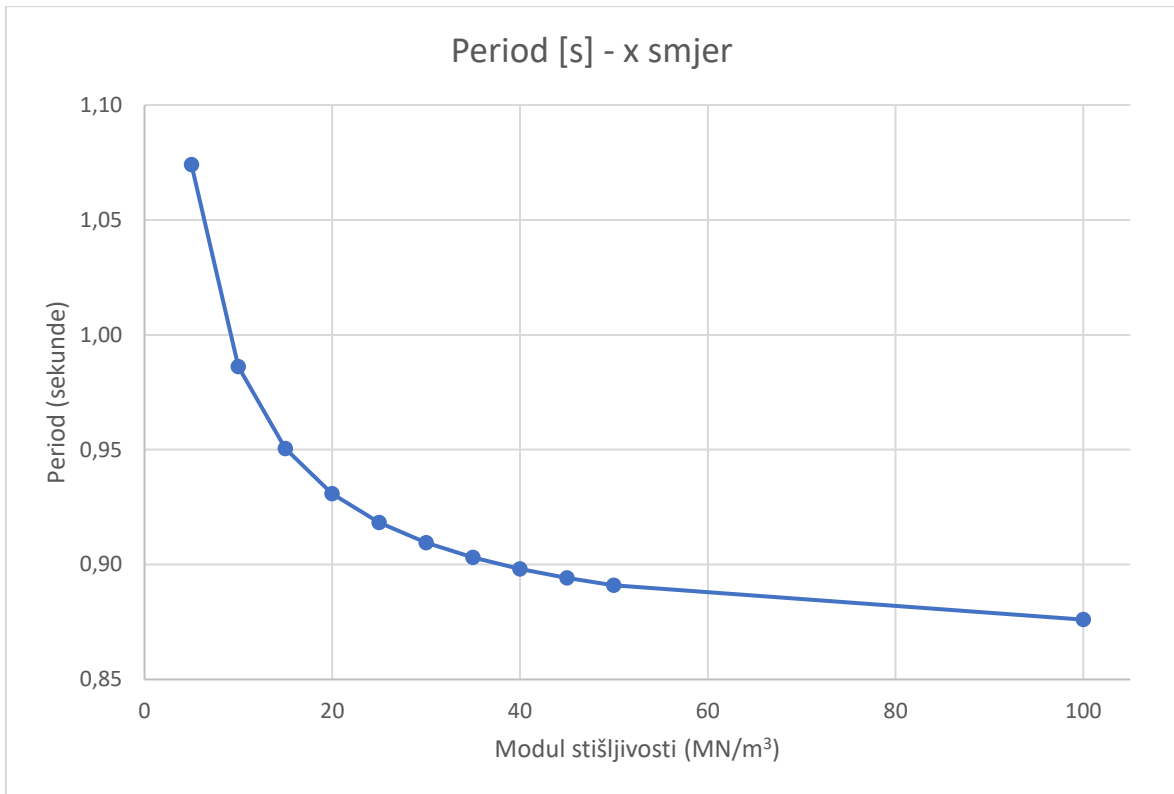
jasno je da kruće konstrukcije imaju manji period a “mekše” konstrukcije veći period. U računalnom programu SCIA Engineer 22 za prikazanu numerički model za ubrazanje od od  $a_g=0,218$  i  $0,145g$  (495 i 95-godišnju povratni period) provedena je spektralna analiza te su proračunati pomaci, periodi i sile. Na sljedećim slikama prikazani su rezultati.



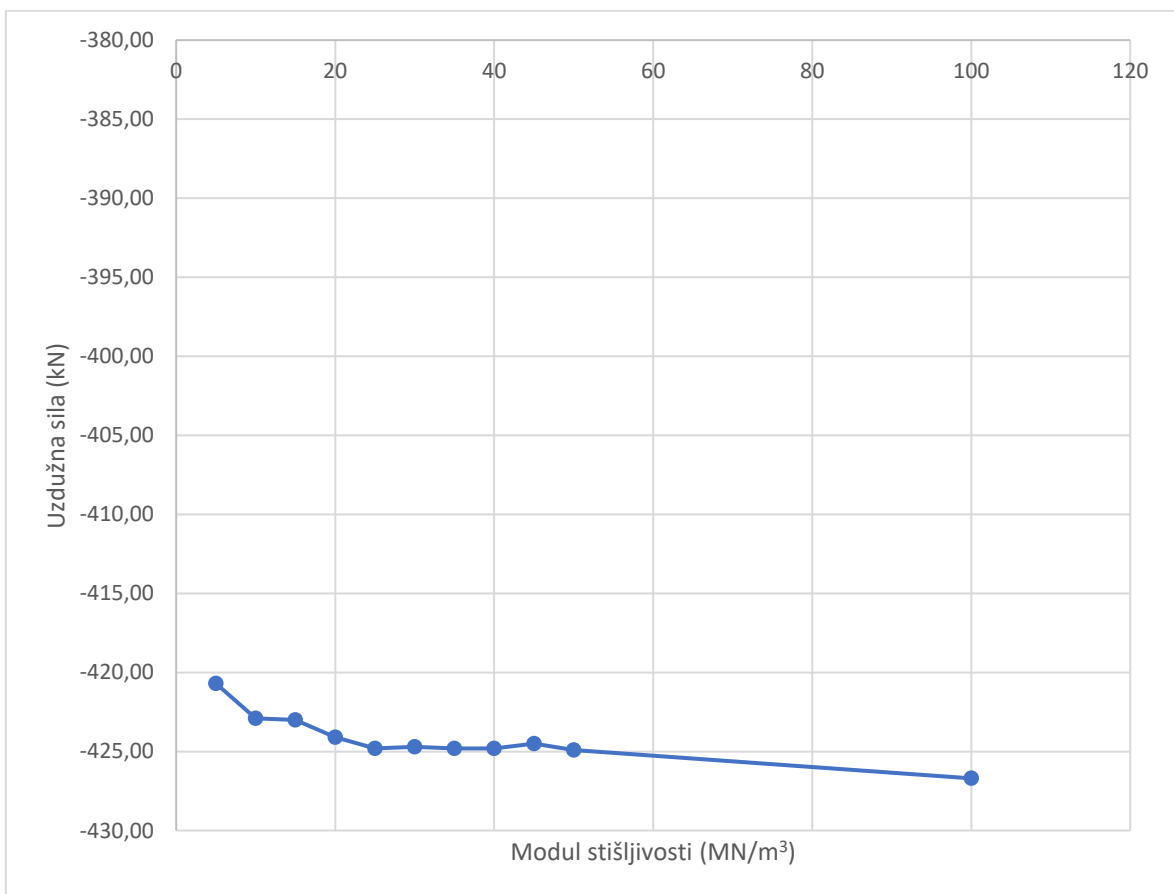
Slika 8.1 Maksimalni pomaci vrhova stupa u ovisnosti u modulu stišljivosti



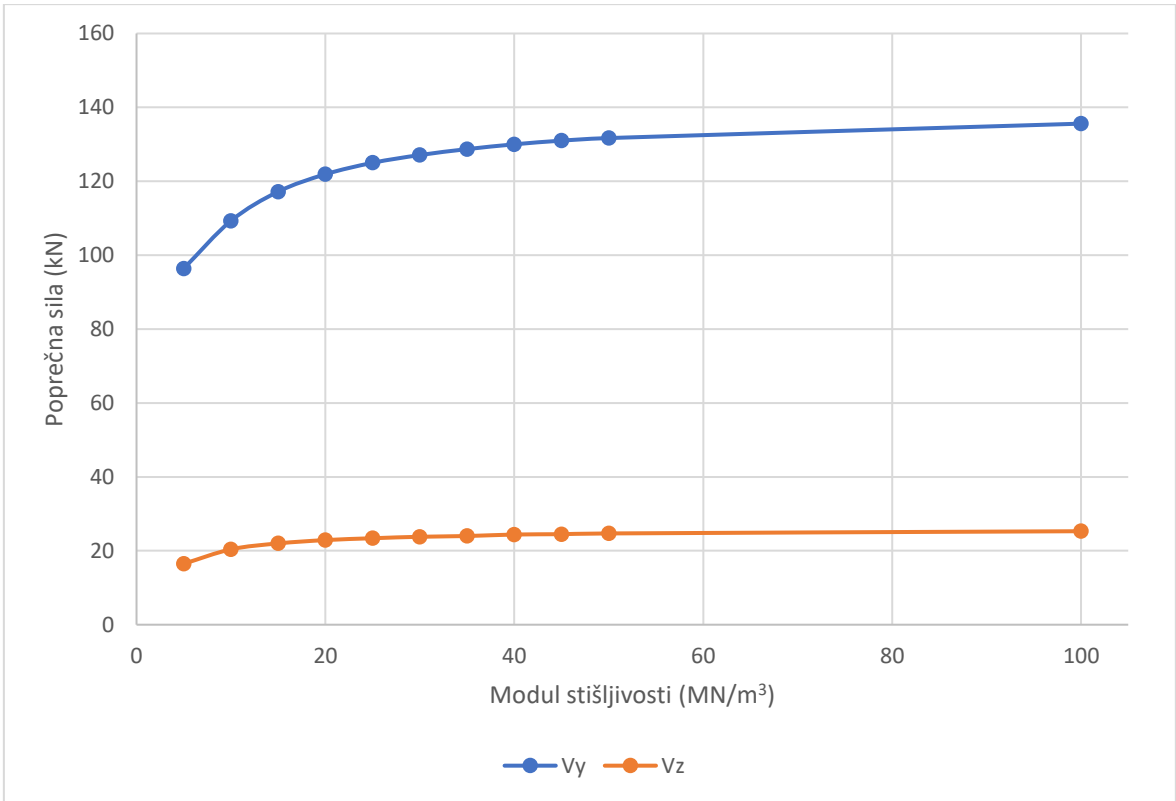
Slika 8.2 Periodi konstrukcije (smjer y) u ovisnosti o modulu stišljivosti



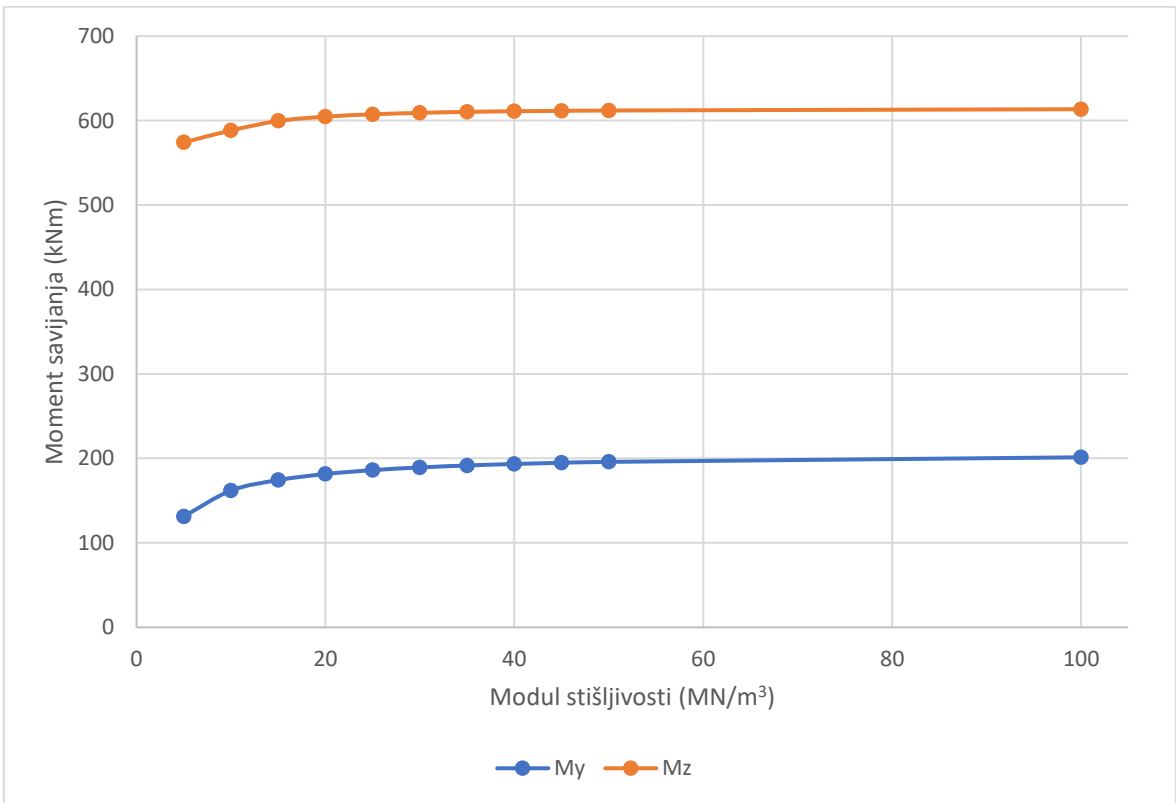
Slika 8.3 Periodi konstrukcije (smjer x) u ovisnosti o modulu stišljivosti



Slika 8.4 Uzdužna sila u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti



Slika 8.5 Poprečna sila u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti



Slika 8.6 Moment savijanja u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti

Iz grafova je vidljivo da su sile iznosom najniže u području malih vrijednosti modula stišljivosti no također pomaci u tom području si i najveći. S obzirom da pomaci ne smiju biti veći od dozvoljenih potrebno je izabrati onaj modul stišljivosti koji će zadovoljiti kriterij dopuštenih pomaka. S obzirom da manji modul stišljivosti daje manje sile a i potrebna je manja upotreba mehanizacije prilikom postizanja modul stišljivosti ekonomski je racionalno izabrati najmanji mogući modul stišljivosti za kojeg su pomaci u okviru dozvoljenog.

Pomaci stupa su ograničeni izrazom:  $0,0075 \cdot H$

gdje je H visina stupa (7,9 m)

$$d_r \cdot v \leq 0,0075 \cdot H$$

$$d_r = q \cdot d_{e \max}$$

$q = 1,50$  (faktor ponašanja konstrukcije)

$$d_{e \max} < \frac{0,0075 \cdot 7900}{1,5} < 39,5 \text{ mm}$$

Za dimenzioniranje odabran je modul stišljivost  $M_s = 25 \text{ MN/m}^3$ .



## 9. Dimenzioniranje betonskih elemenata

Prikazan je postupak dimenzioniranja za glavne nosače A210 i T80, podrožnicu T60 i R50, stup i temelj. Dimenzioniranje će se provesti u skladu sa normom Eurocode 2.

### 9.1. Dimenzioniranje podrožnice T60

Geometrija:

- visina podrožnice:  $h = 0,60 \text{ m}$
- razmak podrožnica:  $L_r = 1,49 \text{ m}$
- površina p.p.:  $A_p = 1605 \text{ cm}^2 = 0,1605 \text{ m}^2$

Materijal:

- jed. težina betona:  $\gamma_b = 25,0 \text{ kN/m}^2$

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67 \text{ MPa}$

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$

Vlastita težina podrožnice:

$$g_{\text{podr.}} = A_p * \gamma_b = 0,1605 * 25,0 = 4,01 \text{ kN/m}$$

Vlastita težina lima:

$$g_{\text{lim,max}} = L_r * \gamma_{\text{lim}} = 1,49 * 0,5 = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$g_{\text{lim,min}} = L_r * \gamma_{\text{lim}} = 1,49 * 0,2 = 0,3 \text{ kN/m}$$

Vjetar:

- pritisak: (koeficijent pritiska pri dimenzioniranju podrožnice odabran kao  $0,4 \text{ kN/m}^2$ )

$$w_p = 0,4 * 1,49 = 0,6 \text{ kN/m}$$

- odizanje: (koeficijent odizanja pri dimenzioniranju podorožnice odabran kao  $0,3 \text{ kN/m}^2$ )

$$w_o = (0,4 + 0,3) * 2,98 = -1,043 \text{ kN/m}$$

Snijeg:

$$s_k = 0,264 * 1,49 = 0,394 \text{ kN/m}$$

Ukupno stalno opterećenje:

$$g_{uk,max} = g_{podr.} + g_{lim} = 4,01 + 0,75 = 4,76 \text{ kN/m}$$

$$g_{uk,min} = g_{podr.} + g_{lim} = 4,01 + 0,3 = 4,31 \text{ kN/m}$$

Ukupno promjenjivo opterećenje:

$$q_{uk,max} = s_k + w_p = 0,394 + 0,6 = 0,994 \text{ kN/m}$$

$$q_{uk,min} = w_o = -1,043 \text{ kN/m}$$

Posmično djelovanje:

$$w_{pos} = 0,1 * w_o * L_r = 0,1 * 1,3 * 1,49 = 0,194 \text{ kN/m}$$

Savijanje oko horizontalne osi:

- maksimalni moment:

$$M_{Ed,max} = 1,35 \frac{g * L_2^2}{8} + 1,5 \frac{q * L_2^2}{8} = 1,35 \frac{4,76 * 5,4^2}{8} + 1,5 \frac{0,994 * 5,4^2}{8} \\ = 28,86 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,max} = 1,35 \frac{g * L_2}{2} + 1,5 \frac{q * L_2}{2} = 1,35 \frac{4,76 * 5,4}{2} + 1,5 \frac{0,994 * 5,4}{2} = 21,38 \text{ kN}$$

- minimalni moment:

$$M_{Ed,min} = 1,0 \frac{g * L_2^2}{8} + 1,5 \frac{q * L_2^2}{8} = 1,0 \frac{4,31 * 5,4^2}{8} - 1,5 \frac{1,043 * 5,4^2}{8} = 10,00 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,min} = 1,0 \frac{g * L_2}{2} + 1,5 \frac{q * L_2}{2} = 1,0 \frac{4,31 * 5,4}{2} - 1,5 \frac{1,043 * 5,4}{2} = 7,41 \text{ kN}$$

Savijanje oko vertikalne osi:

$$M_{Ed} = 1,5 \frac{w_{pos} * L_2^2}{8} = 1,5 \frac{0,194 * 5,4^2}{8} = 1,06 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1,5 \frac{w_{pos} * L_2}{2} = 1,5 \frac{0,194 * 5,4}{2} = 0,79 \text{ kN}$$

### 9.1.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

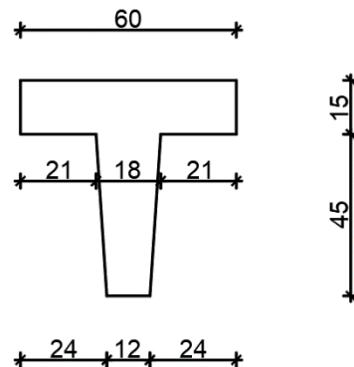
- Savijanje oko horizontalne osi:

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} \geq 0,26 f_{ctm} / f_{yk} * b_t * d \geq 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,min} \geq 0,26 * 3,6/500 * 1605 = 3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} \geq 0,0013 * 1605 = 2,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Slika 9.1 Poprečni presjek T60 dimenzioniran na moment savijanja

- maksimalni moment:

$$M_{ed} = 28,86 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{28,86 * 100}{60 * 55^2 * 2,67} = 0,006$$

$$\text{Očitano: } \mu_{sd} = 0,007 \quad \varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \xi = 0,038 \quad \zeta = 0,987$$

$$x = \xi * d = 0,57 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{2886}{0,987 * 55 * 43,48} = 1,22 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø16 ( $A_s=4,02 \text{ cm}^2$ )

Savijanje oko vertikalne osi

-maksimalni moment:

$$M_{ed} = 1,06 \text{ kNm}$$

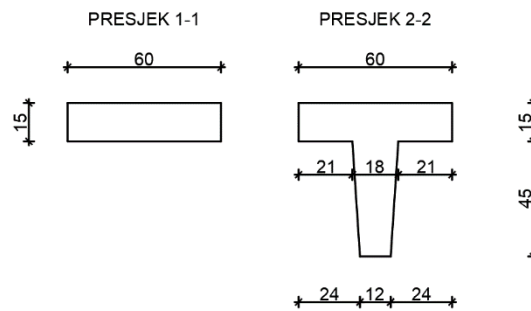
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{1,06 * 100}{15 * 55^2 * 2,66} = 0,0008$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰} \quad \xi = 0,02 \quad \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{1,06 * 100}{0,993 * 55 * 43,48} = 0,05 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 2Ø10 ( $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$ ) obostrano

### 9.1.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu



Slika 9.2 Poprečni presjeci T60 dimenzionirani na poprečnu silu

Presjek 1 – 1:

$$V_{Ed} = 21,38 \text{ kN}$$

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{115}} = 2,32 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 2\emptyset 16 + 4\emptyset 10 = 4,65 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{7,16}{60 * 11,5} = 0,0104$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 * 2,00 * (100 * 0,0104 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,0 \right] * 600 * 115$$

$$V_{Rd,c} = 57379 \text{ N} = 57,4 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 2,0^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,626$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,626 * 600 * 115$$

$$V_{Rd,c} \geq 43194 \text{ (N)} = 43,2 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 21,38 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * \nu * b_w * d * f_{cd}$$

$$\nu = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 600 * 115 * 26,67 = 463738 \text{ N} = 463,7 \text{ kN} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 21,38/463,7 = 0,046 \rightarrow V_{Ed} = 0,05 V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75d; 30,0 \text{ cm}) = \min(0,75 * 9,5; 30,0 \text{ cm}) = 8,6 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,00121$$

$$s_w = 8 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 8,0 * 30}{2} = 0,145 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone: Ø8/8 ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

Presjek 2-2:

$$V_{Ed} = 21,38 \text{ kN}$$

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,603 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 2\emptyset16 + 4\emptyset10 = 7,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{7,16}{1605} = 0,00446$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 * 1,603 * (100 * 0,00446 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,0] * 600 * 550$$

$$V_{Rd,c} = 165867 \text{ N} = 165,8 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,603^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,449$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,449 * 600 * 550$$

$$V_{Rd,c} \geq 148170 \text{ N} = 148,17 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 21,38 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * \nu * b_w * d * f_{cd}$$

$$\nu = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 600 * 550 * 26,67 = 2217877 \text{ N} = 2217,8 \text{ kN} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 21,38/2217,8 = 0,009 \rightarrow V_{Ed} = 0,01 V_{Rd,max}$$

$$s_{\max} = \min(0,75d; 30,0 \text{ cm}) = \min(0,75 * 55; 30,0 \text{ cm}) = 41,25 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,00121$$

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

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 30 * 30}{2} = 0,545 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone: Ø10/30 ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

### 9.1.3. Kontrola pukotina

$$W_k \leq W_g$$

$W_g = 0,3 \text{ mm} \rightarrow$  za ab konstrukcije

$$W_k = \beta * S_{rm} * \epsilon_{sm}$$

$\beta = 1,7 \rightarrow$  za vanjsko opterećenje

$$S_{rm} = 50 + 0,25 * k_1 * k_2 * \frac{\phi}{\rho_r}$$

$k_1 = 0,8 \rightarrow$  rebrasta armatura

$k_2 = 0,5 \rightarrow$  savijanje

$$M_{cr}^{uvale} = f_{ct,m} * W_{uvale}$$

$$E_{cm} = 9,5 * \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9,5 * \sqrt[3]{40 + 8} = 34,53 \text{ GPa}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 40^{2/3} = 3,51 \text{ (MPa)} = 0,351 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_{uvale} = 11046 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr}^{uvale} = f_{ct,m} * W_{uvale} = 3877,15 \text{ kNcm} = 38,77 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{g * L_2^2}{8} + \frac{q * L_2^2}{8} = \frac{4,76 * 5,4^2}{8} + \frac{0,994 * 5,4^2}{8} = 20,97 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 20,97 \text{ kNm} < M_{cr}^{uvale} = 38,77 \text{ kNm}$$

## 9.2. Dimenzioniranje podrožnice R65

Geometrija:

- visina podrožnice:  $h = 0,65 \text{ m}$

- razmak podrožnica:  $L_r = 2,98 \text{ m}$

- površina p.p.:  $A_p = 936 \text{ cm}^2 = 0,0936 \text{ m}^2$

Materijal:

- jed. težina betona:  $\gamma_b = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67 \text{ MPa}$

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$

### 9.2.1. Analiza opterećenja

Vlastita težina podrožnice:

$$g_{\text{podr.}} = A_p * \gamma_b = 0,0936 * 25,0 = 2,34 \text{ kN/m}$$

Vlastita težina lima:

$$g_{\text{lim,max}} = L_r * \gamma_{\text{lim}} = 2,98 * 0,5 = 1,49 \text{ kN/m}$$

$$g_{\text{lim,min}} = L_r * \gamma_{\text{lim}} = 2,98 * 0,2 = 0,596 \text{ kN/m}$$

Vjetar:

-pritisak: (koeficijent pritiska pri dimenzioniranju podrožnice odabran kao  $0,4 \text{ kN/m}^2$ )

$$w_p = 0,4 * 2,98 = 1,192 \text{ kN/m}$$

-odizanje: (koeficijent odizanja pri dimenzioniranju podorožnice odabran kao  $0,3 \text{ kN/m}^2$ )

$$w_o = (0,4 + 0,3) * 2,98 = -2,086 \text{ kN/m}$$

Snijeg:

$$s_k = 0,264 * 2,98 = 0,79 \text{ kN/m}$$

Ukupno stalno opterećenje:

$$g_{\text{uk,max}} = g_{\text{podr.}} + g_{\text{lim}} = 2,34 + 1,49 = 3,83 \text{ kN/m}$$



$$g_{uk,min} = g_{podr.} + g_{lim} = 2,34 + 0,596 = 2,94 \text{ kN/m}$$

Ukupno promjenjivo opterećenje:

$$q_{uk,max} = s_k + w_p = 0,79 + 1,192 = 1,982 \text{ kN/m}$$

$$q_{uk,min} = w_o = -2,086 \text{ kN/m}$$

Posmično djelovanje:

$$w_{pos} = 0,1 * w_o * L_r = 0,1 * 1,3 * 2,98 = 0,39 \text{ kN/m}$$

Savijanje oko horizontalne osi:

- maksimalni moment:

$$M_{Ed,max} = 1,35 \frac{g * L_2^2}{8} + 1,5 \frac{q * L_2^2}{8} = 1,35 \frac{3,83 * 5,4^2}{8} + 1,5 \frac{1,982 * 5,4^2}{8} = 29,68 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,max} = 1,35 \frac{g * L_2}{2} + 1,5 \frac{q * L_2}{2} = 1,35 \frac{3,83 * 5,4}{2} + 1,5 \frac{1,982 * 5,4}{2} = 21,99 \text{ kN}$$

- minimalni moment:

$$M_{Ed,min} = 1,0 \frac{g * L_2^2}{8} + 1,5 \frac{q * L_2^2}{8} = 1,0 \frac{2,94 * 5,4^2}{8} - 1,5 \frac{2,086 * 5,4^2}{8} = -0,7 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,min} = 1,0 \frac{g * L_2}{2} + 1,5 \frac{q * L_2}{2} = 1,0 \frac{2,94 * 5,4}{2} - 1,5 \frac{2,086 * 5,4}{2} = 0,51 \text{ kN}$$

Savijanje oko vertikalne osi:

$$M_{Ed} = 1,5 \frac{w_{pos} * L_2^2}{8} = 1,5 \frac{0,39 * 5,4^2}{8} = 2,13 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 1,5 \frac{w_{pos} * L_2}{2} = 1,5 \frac{0,39 * 5,4}{2} = 1,58 \text{ kN}$$

## 9.2.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

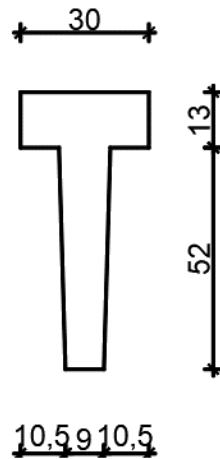
- Savijanje oko horizontalne osi:

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} \geq 0,26 f_{ctm} / f_{yk} * b_t * d \geq 0,0013 * b_t * d$$

$$A_{s,min} \geq 0,26 * 3,6/500 * 936 = 1,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} \geq 0,0013 * 936 = 1,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Slika 9.3 Poprečni presjek R65 dimenzioniran na moment savijanja

- maksimalni moment:

$$M_{ed} = 29,68 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{29,68 * 100}{30 * 60^2 * 2,67} = 0,01$$

$$\text{Očitano: } \mu_{sd} = 0,011 \quad \varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,048 \quad \zeta = 0,984$$

$$x = \xi * d = 0,74 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{2968}{0,984 * 60 * 43,48} = 1,16 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø12 ( $A_s=2,26 \text{ cm}^2$ )

- minimalni moment:

$$M_{ed} = 0,7 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = \frac{0,7 * 100}{9 * 60^2 * 2,67} = 0,0008$$

$$\text{Očitano: } \mu_{sd} = 0,002 \quad \varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰} \quad \xi = 0,02 \quad \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{70}{0,993 * 60 * 43,48} = 0,03 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø10 ( $A_s=1,57 \text{ cm}^2$ )

Savijanje oko vertikalne osi

-maksimalni moment:

$$M_{ed} = 2,13 \text{ kNm}$$

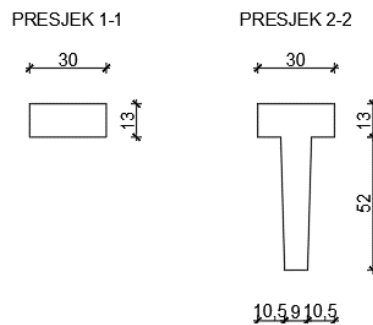
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{2,13 * 100}{13 * 25^2 * 2,66} = 0,0098$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{2,13 * 100}{0,984 * 25 * 43,48} = 0,2 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 2Ø10 ( $A_s = 1,57 \text{ cm}^2$ ) obostrano

### 9.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu



Slika 9.4 Poprečni presjeci R50 dimenzionirani na poprečnu silu

Presjek 1 – 1:

$$V_{Ed} = 21,99 \text{ kN}$$

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{95}} = 2,45 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 2\text{Ø}12 + 4\text{Ø}10 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,4}{30 * 13} = 0,0138$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 * 2,00 * (100 * 0,0138 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,0] * 300 * 95$$

$$V_{Rd,c} = 26043 \text{ N} = 26,04 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{\min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 2,0^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,626$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,626 * 300 * 95$$

$$V_{Rd,c} \geq 17841,0 \text{ (N)} = 17,84 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 21,99 \text{ kN}$$

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

$$v = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 300 * 95 * 26,67 = 191543 \text{ N} = 191,54 \text{ kN} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 21,99/191,54 = 0,115 \rightarrow V_{Ed} = 0,12 V_{Rd,max}$$

$$s_{\max} = \min(0,75d; 30,0 \text{ cm}) = \min(0,75 * 9,5; 30,0 \text{ cm}) = 7,125 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0,00121$$

$$s_w = 7 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{\min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 7,0 * 30}{2} = 0,127 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone: Ø8/7 ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

Presjek 2-2:

$$V_{Ed} = 21,99 \text{ kN}$$

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{600}} = 1,577 \leq 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 4\emptyset 10 + 2\emptyset 12 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{5,4}{932} = 0,0058$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 * 1,577 * \left( 100 * 0,0058 * 40,0 \right)^{1/3} + 0,15 * 0,0 \right] * 300 * 600$$

$$V_{Rd,c} = 97151 \text{ (N)} = 97,2 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,577^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,438$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,478 * 300 * 600$$

$$V_{Rd,c} \geq 78840 \text{ (N)} = 78,8 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 21,99 \text{ kN}$$

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

$$\nu = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 300 * 600 * 26,67 = 1209751 \text{ N} = 1209,8 \text{ kN} \geq V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{21,99}{1209,8} = 0,018 \rightarrow V_{Ed} = 0,02 V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,75d; 30,0 \text{ cm}) = \min(0,75 * 60; 30,0 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,00121$$

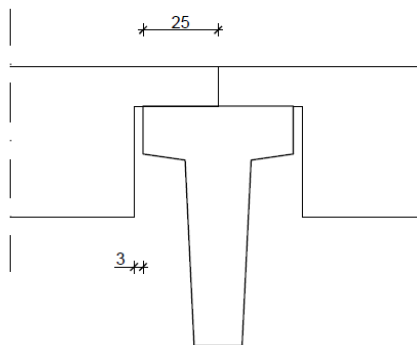
$$s_w = 30 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{s_w,min} = \frac{\rho_{min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 30 * 30}{2} = 0,545 \text{ cm}^2$$

Postaviti spone: Ø10/30 ( $A_{s_w} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

#### 9.2.4. Kontrola oslanjanja podrožnice na glavni nosač



Slika 9.5 Grafički prikaz oslanjanja

**Ekscentricitet:**

$$e = \frac{25}{2} + 3 = 15,5 \text{ cm}$$

**Opterećenje:**

$$\frac{R}{a * b} \leq 0,45 * f_{ck} = 0,45 * 40 = 18 \text{ MPa} = 1,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$R = 1,0 * R_g + 1,0 * R_q = 1,0 * \frac{g * l_2}{2} + 1,0 * \frac{q * l_2}{2}$$

$$= 1,0 * \frac{3,83 * 5,4}{2} + 1,0 * \frac{1,982 * 5,4}{2} = 15,69 \text{ kN}$$

$$\frac{R}{a * b} = \frac{15,69}{30 * 25} = 0,02 \text{ kN/cm}^2 < 1,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{Ed} = 1,35 * R_g * e + 1,35 * R_q * e$$

$$= 1,35 * \frac{3,83 * 5,4}{2} * 15,5 + 1,35 * \frac{1,982 * 5,4}{2} * 15,5 = 340,81 \text{ kNcm}$$

Savijanje:

$$M_{Ed} = 340,81 \text{ kNcm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{340,81}{30 * 9,5^2 * 2,67} = 0,047$$

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

$$\xi = 0,107 \quad \zeta = 0,962$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{340,81}{0,962 * 9,5 * 43,48} = 0,86 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 3Ø6 ( $A_s = 0,85 \text{ cm}^2$ )

### 9.2.5. Kontrola pukotina

$$W_k \leq W_g$$

$$W_g = 0,3 \text{ mm} \rightarrow \text{za ab konstrukcije}$$

$$W_k = \beta * S_{rm} * \varepsilon_{sm}$$

$$\beta = 1,7 \rightarrow \text{za vanjsko opterećenje}$$

$$S_{rm} = 50 + 0,25 * k_1 * k_2 * \frac{\emptyset}{\rho_r}$$

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

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

$$M_{cr}^{uvale} = f_{ct,m} * W_{uvale}$$

$$E_{cm} = 9,5 * \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9,5 * \sqrt[3]{40 + 8} = 34,53 \text{ GPa}$$

$$f_{ct,m} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 40^{2/3} = 3,51 \text{ (MPa)} = 0,351 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_{uvale} = 8693,3 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr}^{uvale} = f_{ct,m} * W_{uvale} = 3051,35 \text{ kNcm} = 30,51 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{g * L_2^2}{8} + \frac{q * L_2^2}{8} = \frac{3,83 * 5,4^2}{8} + \frac{1,982 * 5,4^2}{8} = 19,25 \text{ kNm}$$

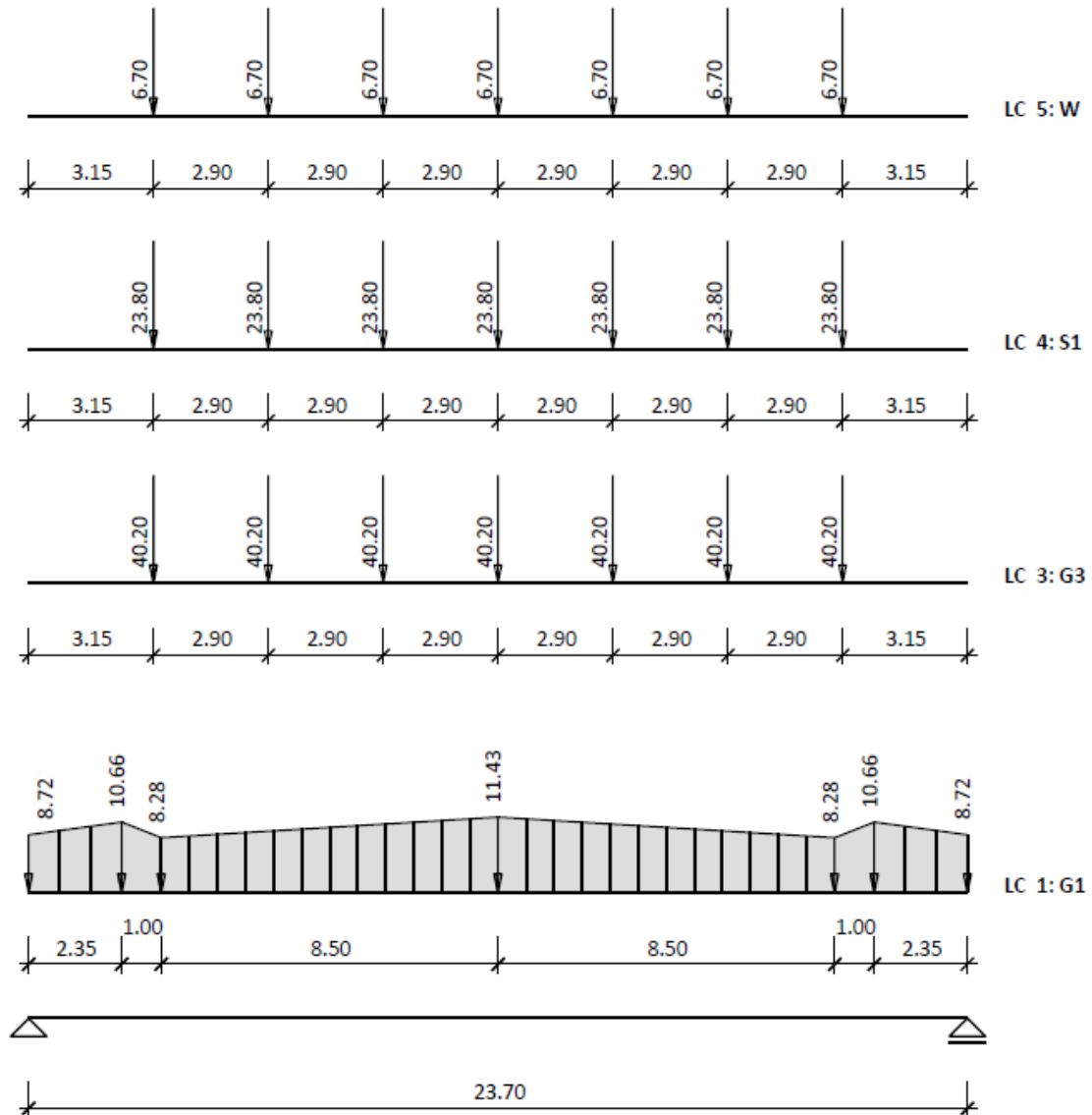
$$M_{Ed} = 21,18 \text{ kNm} < M_{cr}^{uvale} = 30,51 \text{ kNm}$$



### 9.3. Dimenzioniranje nosača A210

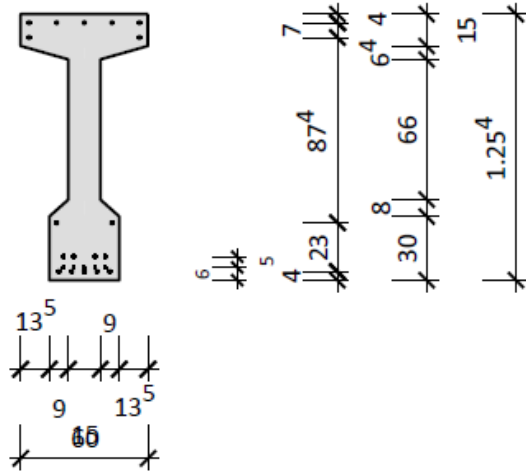
Loads

M 1 : 11

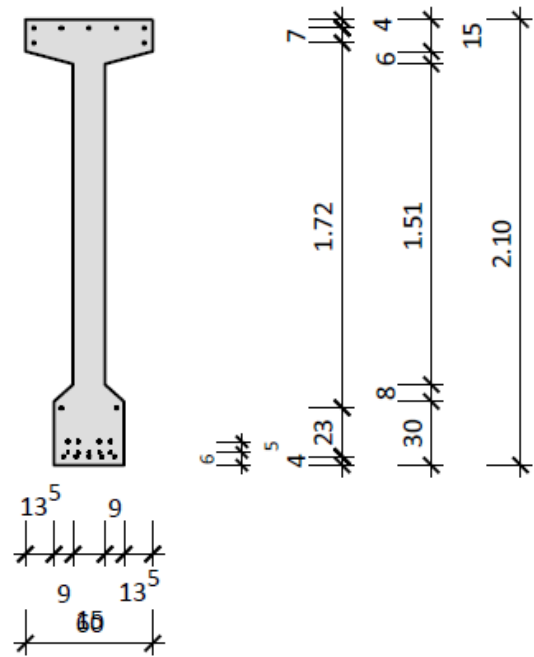




Q3  $x = 3.35$



Q4  $x = 11.85$



**MATERIALS:**

Relevant Norm: DIN EN 1992-1-1/N/A

\* ansteigender Ast der SDL wird berücksichtigt

Bs = Design Situations

Precast Element:	C40/50	Ecm	(N/mm <sup>2</sup> ):	35000.0	eps.c2	:	-2.00
		Ec(To)	(N/mm <sup>2</sup> ):	27054.6	eps.c2u	:	-3.50
DS: Persistent+Transient		fcd	(N/mm <sup>2</sup> ):	22.7	gamma.c	:	1.50
		fctm	(N/mm <sup>2</sup> ):	3.5			
		fctk005	(N/mm <sup>2</sup> ):	2.5			
Bs: Fatigue		fcd	(N/mm <sup>2</sup> ):	22.7	gamma.c	:	1.50
Prestr. Steel:	St1600/1860	Ep	(N/mm <sup>2</sup> ):	195000.0	eps.01	:	7.13
DS: Persistent+Transient		fpd*	(N/mm <sup>2</sup> ):	1391.3	gamma.s	:	1.15
Bs: Fatigue		fpd*	(N/mm <sup>2</sup> ):	1391.3	gamma.s	:	1.15
		sig.0t	(N/mm <sup>2</sup> ):	0.0	eps.b	:	25.00
		sig.0b	(N/mm <sup>2</sup> ):	1150.0			
Reinforcing Steel:	S500	Es	(N/mm <sup>2</sup> ):	200000.0	eps.sy	:	2.17
DS: Persistent+Transient		fyd*	(N/mm <sup>2</sup> ):	434.8	gamma.s	:	1.15
Bs: Fatigue		fyd*	(N/mm <sup>2</sup> ):	434.8	eps.su	:	25.00
					gamma.s	:	1.15

Prevalues for Creep and Shrinkage:

at Time		Temperature(G)	Humidity(%)	
till To	1 Days	:	25	
To till T1	30 Days	:	15	70
T1 till Too		:		50
Precast Element :	Consistency S2		Cement R (s=0.20)	1 Web(s)
Relaxation Coefficient Concrete	:			0.80
Relaxation Loss Prestr. Steel	:	In the Stressing	:	2.50 (%)
		Mould		
		To till T1	:	8.00 (%)
		T1 till Too	:	16.00 (%)

Relevant Design Combinations (DS)		Bottom	Top
Exposure Classes		XC1	XC1
Limitation of Cracks	DS :	Frequent	Frequent
Crack Widths	max.wk(mm) :	0.20	0.20
Largest Bar Diameter	Reinforcing Steel dg(mm) :	12.0	12.0
	Prestr. Steel dg(mm) :	12.0	12.0
Kind of Prestressing Steel:	intended	Compound Coefficient xi	:
			0.7

<b>SYSTEM CHARACTERISTICS:</b>		Cantilever	Span	Cantilever
Span	L(m):	0.00	23.70	0.00
Width of Bearing	B(m):			0.00

**Layers of Prestr. Steel:** (neg. Z: From top of precast element)

Layer	Number	Ap(cm2)	Apl(cm2)	E(cm)	Z(cm)	Xa(m)	Xe(m)
a	5	1.40	7.00	5.0	6.0	0.000	23.700
b	2	1.40	2.80	10.0	11.0	0.000	23.700
b	2	1.40	2.80	20.0	11.0	0.000	23.700

**Layers of Reinforc. Steel:** (neg. Z: From top of precast element)

Layer	Number	As(cm2)	Asl(cm2)	E(cm)	Z(cm)	Xa(m)	Xe(m)
1	5	D12	5.65	6.0	4.0	0.000	23.700
2	2	D12	2.26	26.0	27.0	0.000	23.700
3	2	D12	2.26	52.0	-11.0	0.000	23.700
4	2	D12	2.26	52.0	-4.0	0.000	23.700
4	3	D12	3.39	13.0	-4.0	0.000	23.700

**Cross Section:**

Layer	Ba(cm)	Xa(m)	Za(cm)	Be(cm)	Xe(m)	Ze(cm)
1	60.0	0.000	92.0	60.0	11.850	210.0
2	60.0	0.000	77.0	60.0	11.850	195.0
3	33.0	0.000	73.5	33.0	2.350	96.5
4	33.0	2.350	96.5	15.0	3.350	104.0
5	15.0	3.350	104.0	15.0	11.850	189.0
6	33.0	2.350	30.0	15.0	3.350	38.0
7	15.0	3.350	38.0	15.0	11.850	38.0
8	33.0	2.350	30.0	33.0	11.850	30.0
9	33.0	0.000	0.0	33.0	11.850	0.0
10	60.0	11.850	210.0	60.0	23.700	92.0
11	60.0	11.850	195.0	60.0	23.700	77.0
12	33.0	21.350	96.5	33.0	23.700	73.5
13	15.0	20.350	104.0	33.0	21.350	96.5
14	15.0	11.850	189.0	15.0	20.350	104.0
15	15.0	20.350	38.0	33.0	21.350	30.0
16	15.0	11.850	38.0	15.0	20.350	38.0
17	33.0	11.850	30.0	33.0	21.350	30.0
18	33.0	11.850	0.0	33.0	23.700	0.0

**LOAD CASES:**

LC	Action Type	Alt.	LC-Description
1	G1		Dead load
3	G3		Covering
4	S1		Snow
5	W		Wind

DL:Distributed Load Q1,Q2(kN/m), PL:Concentrated Load Q1(kN), MOM: Moment Q1(kNm)  
 Dead Load G1 Calculated with Bulk Density = 25.00 kN/m3

LC	Action Type	Kind	A(m)	Q1	B(m)	Q2	Ey(cm)
1	G1	DL	0.000	8.721	2.350	10.665	0.0
1	G1	DL	2.350	10.665	1.000	8.276	0.0
1	G1	DL	3.350	8.276	8.500	11.430	0.0
1	G1	DL	11.850	11.430	8.500	8.276	0.0
1	G1	DL	20.350	8.276	1.000	10.665	0.0
1	G1	DL	21.350	10.665	2.350	8.721	0.0
3	G3	PL	3.150	40.200			20.0
3	G3	PL	6.050	40.200			20.0

LC	Action Type	Kind	A(m)	Q1	B(m)	Q2	Ey(cm)
3	G3	PL	8.950	40.200			20.0
3	G3	PL	11.850	40.200			20.0
3	G3	PL	14.750	40.200			20.0
3	G3	PL	17.650	40.200			20.0
3	G3	PL	20.550	40.200			20.0
4	S1	PL	3.150	23.800			20.0
4	S1	PL	6.050	23.800			20.0
4	S1	PL	8.950	23.800			20.0
4	S1	PL	11.850	23.800			20.0
4	S1	PL	14.750	23.800			20.0
4	S1	PL	17.650	23.800			20.0
4	S1	PL	20.550	23.800			20.0
5	W	PL	3.150	6.700			20.0
5	W	PL	6.050	6.700			20.0
5	W	PL	8.950	6.700			20.0
5	W	PL	11.850	6.700			20.0
5	W	PL	14.750	6.700			20.0
5	W	PL	17.650	6.700			20.0
5	W	PL	20.550	6.700			20.0

#### Automatic Consideration of the Combination Factors acc. to DIN EN 1991

P/T: Persistent+Transient DS, A: Accidental DS

Ls: Static Equilibrium

Action Type	Due to gamma	(P/T)	.sup	(A).sup	psi0	psi1	psi2	r.inf	r.sup
P	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.05
G1	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
G3	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
S1	0.00	1.50	1.00	0.50	0.20	0.00			
W	0.00	1.50	1.00	0.60	0.20	0.00			

#### REACTIONS Az, Bz + - MOMENTS Ta, Tb:

LC	Action Type	Az(kN)	Ta(kNm)	Bz(kN)	Tb(kNm)
1	G1	115.999	0.000	115.999	0.000
3	G3	140.700	28.140	140.700	28.140
4	S1	83.300	16.660	83.300	16.660
5	W	23.450	4.690	23.450	4.690
<hr/>					
max.Ad	(P/T)	492.599	67.200	492.599	67.200
max.Td	(P/T)	451.999	67.201	451.999	67.201

Verifications in Section: 4

X(m): 2.181

#### TRANSFER OF PRESTRESS:

Shear Force F = 926.64 kN

Reinforcement for Splitting Tensile Asw = 10.23 cm<sup>2</sup>

#### Determination of Dispersion Length

Nominal Diameter	dp	=	12.5 mm
Time-related Coefficient	beta.cc	=	0.42 -
Compressive Strength of Concrete (T0)	fcm(t)	=	20.35 N/mm <sup>2</sup>
Tensile Strength of Concrete (T0)	fctm(t)	=	1.48 N/mm <sup>2</sup>
Design value of tensile Strength of Concrete (T0)	fctd(t)	=	0.59 N/mm <sup>2</sup>
Bond Stress	fbpt	=	1.68 N/mm <sup>2</sup>
Prestressing Steel Strength (T0)	sig.pm0	=	1031.9 N/mm <sup>2</sup>
Transmission Length	lpt	=	1.92 m
Dispersion Length	ldisp	=	2.18 m

Verifications in Section: 17

X(m): 8.000

	Concrete		Reinforcing Steel		Prestr. Steel	
	B(cm)	Z(cm)	As(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)	Ap(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)
1	60.00	171.66	3.39	167.66	2.80	11.00

	Concrete		Reinforcing Steel		Prestr. Steel	
	B(cm)	Z(cm)	As(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)	Ap(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)
2	60.00	156.66	2.26	167.66	2.80	11.00
3	15.00	150.50	2.26	160.66	7.00	6.00
4	15.00	38.00	2.26	27.00		
5	33.00	30.00	5.65	4.00		
6	33.00	0.00				

Creep and Shrinkage		u(cm)	h0(mm)	phi	eps
Precast Element	T0 to T1 :	478.7	167.1	0.95	-15.14E-5
Precast Element	T1 to TOO:	478.7	167.1	1.53	-42.61E-5

### **SAFETY AGAINST RUPTURE (P/T):**

max-Comb.: 20221					
Msd =	2884.03 kNm	eps.c =	-2.58 o/oo	x =	15.67 cm
MRd =	2883.78 kNm	eps.p =	24.31 o/oo	Z =	1831.77 kN
Exi.Ap =	12.60 cm <sup>2</sup>	Req.Ap =	11.38 cm <sup>2</sup>	Zp =	2028.65 kN
Exi.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	0.00 cm <sup>2</sup>	Zs =	360.61 kN
Nominal Reinforcement to Ensure the Ductile Behaviour:					
eff.Ap/3 =	4.20 cm <sup>2</sup>	Req.As =	3.15 cm <sup>2</sup>	Mcr =	578.73 kNm

### **LIMITATION OF CRACKS :**

Top of Precast Element :					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-0.48 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.84 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-0.48 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.84 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 10000		Verification of Cracked Section, 1.05-fold Prestr.			
MSd=	628.77 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	0.00 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>
Bottom of Precast Element:					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-8.96 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	6.41 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-6.26 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	3.45 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 20220		Verification of Cracked Section, 0.95-fold Prestr.			
MSd=	1581.92 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	12.60 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>

### **DESIGN FOR SHEAR + TORSION (P/T):**

Max.V-Comb.: 20221					
Minimum Shear Reinforcement					
V0d =	199.70 kN	asw,min =	1.68 cm <sup>2</sup> /m	Ap+As =	20.52 cm <sup>2</sup>
VEd =	17.29 kN	red.V0d =	17.29 kN	z =	157.4 cm
VRdc =	168.22 kN	cot.t =	1.00	asw =	0.10 cm <sup>2</sup> /m
Web					
TSd =	9.07 kNm	Ak =	1012.50 cm <sup>2</sup>	asw =	0.10 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	175.57 kNm	Uk =	225.00 kNm	ast =	0.41 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.06	cot.t =	1.00	Asl =	5.80 cm <sup>2</sup>
Upper Flange					
TSd =	7.77 kNm	Ak =	842.12 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	78.39 kNm	Uk =	124.66 kNm	ast =	1.06 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.10	cot.t =	1.00	Asl =	0.00 cm <sup>2</sup>
Lower Flange					
TSd =	11.96 kNm	Ak =	873.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	151.38 kNm	Uk =	105.08 kNm	ast =	1.58 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.08	cot.t =	1.00	Asl =	1.66 cm <sup>2</sup>

**DESIGN FOR SHEAR + TORSION (P/T):**

Max.T-Comb.:	00221				
Minimum Shear Reinforcement		asw,min =	1.68 cm <sup>2</sup> /m		
V0d =	185.26 kN	red.V0d =	16.77 kN	Ap+As =	20.52 cm <sup>2</sup>
VEd =	16.77 kN	cot.t =	1.00	z =	157.4 cm
VRdc =	168.22 kN	VRdmax =	2007.43 kN	asw =	0.10 cm <sup>2</sup> /m
Web		Ak =	1012.50 cm <sup>2</sup>	asw =	0.10 cm <sup>2</sup> /m
TSd =	9.07 kNm	Uk =	225.00 kNm	ast =	0.41 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	175.57 kNm	cot.t =	1.00	Asl =	5.80 cm <sup>2</sup>
IAB.V+T =	0.06				
Upper Flange		Ak =	842.12 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TSd =	7.77 kNm	Uk =	124.66 kNm	ast =	1.06 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	78.39 kNm	cot.t =	1.00	Asl =	0.00 cm <sup>2</sup>
IAB.V+T =	0.10				
Lower Flange		Ak =	873.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TSd =	11.96 kNm	Uk =	105.08 kNm	ast =	1.58 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	151.38 kNm	cot.t =	1.00	Asl =	1.66 cm <sup>2</sup>
IAB.V+T =	0.08				
Ac =	4000 cm <sup>2</sup>	Cross Sectional Area Without Topping			
Ai =	4132 cm <sup>2</sup>	Zit =	-82.00 cm	Wit =	180803.7 cm <sup>3</sup>
Ji =	14825888 cm <sup>4</sup>	Zib =	89.66 cm	Wib =	165352.1 cm <sup>3</sup>

**STRESSES sig(N/mm<sup>2</sup>)**

State of Uncracked or Cracked Section:

LC	N(kN)	M(kNm)	sig.cb	sig.ct	sig.p	sig.s
Po	-1412.8	-1144.6	-10.13	2.86	1051.5a	18.9
1 G1	0.0	628.8	3.80	-3.48	19.8a	20.8
KSn:To-1	167.2	138.3	1.57	-0.27	-132.6a	8.7
3 G3	0.0	852.2	5.15	-4.71	26.8a	28.1
KS:T1-oo	252.9	209.2	2.13	0.03	-200.6a	11.9
4 S1	0.0	504.6	3.05	-2.79	15.9a	16.7
5 W	0.0	142.0	0.86	-0.79	4.5a	4.7
Po+G1			-6.33	-0.62	1072.4b	-4.3
P1+G1-3			0.39	-5.60	965.7a	1.4
Quasi-Permanent	min (I)		2.52	-5.57	765.1a	13.3
Quasi-Permanent	max (I)		2.52	-5.57	765.1a	13.3
Frequent	min (I)		2.52	-5.57	765.1a	13.3
Frequent	max (I)		3.13	-6.13	768.3a	16.7
Rare	min (I)		2.52	-5.57	765.1a	13.3
Rare	max (I)		6.09	-8.83	783.7a	32.8
	max(II)		0.00	-8.91	1065.6a	9.1

**Verifications of Concrete comp. stresses**

**in Precast Element**

Too (qu.-perm)	: sig.c <= 0.45*fck	-5.57 <=	-18.00 ( 0.31 )
Too (rare)	: sig.c <= 0.6*fck	-8.83 <=	-24.00 ( 0.37 )

**Criteria for consideration of nonlinear creeping:**

T0 (Po+G1)	: sig.c >0.45*fck(T0)	-6.33 >	-5.56
------------	-----------------------	---------	-------

non-linearity of creeping is considered



	Concrete		Reinforcing Steel		Prestr. Steel	
	B(cm)	Z(cm)	As(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)	Ap(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)
1	60.00	210.00	3.39	206.00	2.80	11.00
2	60.00	195.00	2.26	206.00	2.80	11.00
3	15.00	189.00	2.26	199.00	7.00	6.00
4	15.00	38.00	2.26	27.00		
5	33.00	30.00	5.65	4.00		
6	33.00	0.00				

Creep and Shrinkage		u(cm)	h0(mm)	phi	eps
Precast Element	T0 to T1 :	555.7	164.6	0.95	-15.36E-5
Precast Element	T1 to TOO:	555.7	164.6	1.53	-42.55E-5

**SAFETY AGAINST RUPTURE (P/T):**

max-Comb.:	20221				
Msd =	3269.63 kNm	eps.c =	-2.08 o/oo	x =	15.85 cm
MRd =	3269.74 kNm	eps.p =	24.44 o/oo	Z =	1668.79 kN
Exi.Ap =	12.60 cm <sup>2</sup>	Req.Ap =	10.36 cm <sup>2</sup>	Zp =	2030.52 kN
Exi.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	0.00 cm <sup>2</sup>	Zs =	360.77 kN
Nominal Reinforcement to Ensure the Ductile Behaviour:					
eff.Ap/3 =	4.20 cm <sup>2</sup>	Req.As =	4.01 cm <sup>2</sup>	Mcr =	804.08 kNm

**LIMITATION OF CRACKS :**

Top of Precast Element :					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-0.06 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.36 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-0.06 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.36 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 10000		Verification of Cracked Section, 1.05-fold Prestr.			
MSd=	709.95 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	0.00 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>
Bottom of Precast Element:					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-7.27 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	4.86 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-5.03 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	2.44 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 20220		Verification of Cracked Section, 0.95-fold Prestr.			
MSd=	1792.36 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	12.60 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>

**DESIGN FOR SHEAR + TORSION (P/T):**

Max.V-Comb.:	00221				
Minimum Shear Reinforcement		asw,min =	1.68 cm <sup>2</sup> /m		
V0d =	48.00 kN	red.V0d =	-105.55 kN	Ap+As =	20.52 cm <sup>2</sup>
VEd =	-105.55 kN	cot.t =	1.00	z =	195.9 cm
VRdc =	186.60 kN	VRdmax =	2498.08 kN	asw =	0.50 cm <sup>2</sup> /m
Web					
TSd =	3.74 kNm	Ak =	1359.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.50 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	235.65 kNm	Uk =	302.00 kNm	ast =	0.13 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.06	cot.t =	1.00	Asl =	2.39 cm <sup>2</sup>
Upper Flange					
TSd =	2.28 kNm	Ak =	837.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	77.47 kNm	Uk =	124.57 kNm	ast =	0.31 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.03	cot.t =	1.00	Asl =	0.00 cm <sup>2</sup>

Lower Flange Ak = 873.00 cm<sup>2</sup> asw = 0.00 cm<sup>2</sup>/m  
 TSd = 3.59 kNm Uk = 105.08 kNm ast = 0.47 cm<sup>2</sup>/m  
 TRdmax = 151.38 kNm cot.t = 1.00 Asl = 0.50 cm<sup>2</sup>  
 IAB.V+T = 0.02

Ac = 4572 cm<sup>2</sup> Cross Sectional Area Without Topping  
 Ai = 4704 cm<sup>2</sup> Zit = -101.12 cm Wit = 247352.4 cm<sup>3</sup>  
 Ji = 25013038 cm<sup>4</sup> Zib = 108.88 cm Wib = 229736.8 cm<sup>3</sup>

**STRESSES sig(N/mm<sup>2</sup>)**

State of Uncracked or Cracked Section:

LC	N(kN)	M(kNm)	sig.cb	sig.ct	sig.p	sig.s
Po	-1412.8	-1415.5	-9.00	2.67	1058.8a	18.1
1 G1	0.0	709.9	3.09	-2.87	16.3a	17.0
KS:To-1	165.7	169.0	1.37	-0.26	-131.4a	7.6
3 G3	0.0	967.8	4.21	-3.91	22.2a	23.2
KS:T1-oo	260.3	265.6	1.98	-0.08	-206.5a	11.1
4 S1	0.0	573.0	2.49	-2.32	13.1a	13.7
5 W	0.0	161.3	0.70	-0.65	3.7a	3.9
Po+G1			-5.91	-0.20	1076.0b	-1.8
P1+G1-3			-0.33	-4.38	966.0a	-2.3
Quasi-Permanent	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Quasi-Permanent	max (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Frequent	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Frequent	max (I)		2.16	-4.91	762.1a	11.6
Rare	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Rare	max (I)		4.57	-7.16	774.9a	24.9
	max(II)		0.00	-7.43	1071.6a	9.1

**Verifications of Concrete comp. stresses**

**in Precast Element**

Too (qu.-perm) : sig.c <= 0.45\*fck -4.45 <= -18.00 ( 0.25 )  
 Too (rare) : sig.c <= 0.6\*fck -7.16 <= -24.00 ( 0.30 )

**Criteria for consideration of nonlinear creeping:**

T0 (Po+G1) : sig.c >0.45\*fck(T0) -5.91 > -5.56  
 non-linearity of creeping is considered

**Verifications in Section: 22**

**X(m): 11.850**

	Concrete		Reinforcing Steel		Prestr. Steel	
	B(cm)	Z(cm)	As(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)	Ap(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)
1	60.00	210.00	3.39	206.00	2.80	11.00
2	60.00	195.00	2.26	206.00	2.80	11.00
3	15.00	189.00	2.26	199.00	7.00	6.00
4	15.00	38.00	2.26	27.00		
5	33.00	30.00	5.65	4.00		
6	33.00	0.00				

Creep and Shrinkage		u(cm)	h0(mm)	phi	eps
Precast Element	T0 to T1 :	555.7	164.6	0.95	-15.36E-5
Precast Element	T1 to T00:	555.7	164.6	1.53	-42.55E-5

**SAFETY AGAINST RUPTURE (P/T):**

max-Comb.: 20221					
Msd =	3269.63 kNm	eps.c =	-2.08 o/oo	x =	15.85 cm
MRd =	3269.74 kNm	eps.p =	24.44 o/oo	Z =	1668.79 kN
Exi.Ap =	12.60 cm <sup>2</sup>	Req.Ap =	10.36 cm <sup>2</sup>	Zp =	2030.52 kN
Exi.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	0.00 cm <sup>2</sup>	Zs =	360.77 kN
Nominal Reinforcement to Ensure the Ductile Behaviour:					
eff.Ap/3 =	4.20 cm <sup>2</sup>	Req.As =	4.01 cm <sup>2</sup>	Mcr =	804.08 kNm

**LIMITATION OF CRACKS:**

Top of Precast Element :					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-0.06 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.36 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-0.06 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-6.36 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 10000		Verification of Cracked Section, 1.05-fold Prestr.			
MSd=	709.95 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	0.00 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>
Bottom of Precast Element:					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	-7.27 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	4.86 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	-5.03 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	2.44 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 20220		Verification of Cracked Section, 0.95-fold Prestr.			
MSd=	1792.36 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	12.60 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.92 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.92 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>

**DESIGN FOR SHEAR + TORSION (P/T):**

Min.V-Comb.: 00221					
Minimum Shear Reinforcement		asw,min =	1.68 cm <sup>2</sup> /m		
V0d =	-48.00 kN	red.V0d =	105.55 kN	Ap+As =	20.52 cm <sup>2</sup>
VEd =	105.55 kN	cot.t =	1.00	z =	195.9 cm
VRdc =	186.60 kN	VRdmax =	2498.08 kN	asw =	0.50 cm <sup>2</sup> /m
Web					
TSd =	-3.74 kNm	Ak =	1359.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.50 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	235.65 kNm	Uk =	302.00 kNm	ast =	0.13 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.06	cot.t =	1.00	Asl =	2.39 cm <sup>2</sup>
Upper Flange					
TSd =	-2.28 kNm	Ak =	837.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	77.47 kNm	Uk =	124.57 kNm	ast =	0.31 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.03	cot.t =	1.00	Asl =	0.00 cm <sup>2</sup>
Lower Flange					
TSd =	-3.59 kNm	Ak =	873.00 cm <sup>2</sup>	asw =	0.00 cm <sup>2</sup> /m
TRdmax =	151.38 kNm	Uk =	105.08 kNm	ast =	0.47 cm <sup>2</sup> /m
IAB.V+T =	0.02	cot.t =	1.00	Asl =	0.50 cm <sup>2</sup>

Turnaround of Compression Chord:  
Vertical Lateral Force Vd = 238.82 kN Req.As = 5.49 cm<sup>2</sup>

Ac =	4572 cm <sup>2</sup>	Cross Sectional Area Without Topping	
Ai =	4704 cm <sup>2</sup>	Zit =	-101.12 cm
Ji =	25013038 cm <sup>4</sup>	Zib =	108.88 cm
		Wit =	247352.4 cm <sup>3</sup>
		Wib =	229736.8 cm <sup>3</sup>

**STRESSES sig(N/mm<sup>2</sup>)**

State of Uncracked or Cracked Section:

LC	N(kN)	M(kNm)	sig.cb	sig.ct	sig.p	sig.s
Po	-1412.8	-1415.5	-9.00	2.67	1058.8a	18.1

LC	N(kN)	M(kNm)	sig.cb	sig.ct	sig.p	sig.s
1 G1	0.0	709.9	3.09	-2.87	16.3a	17.0
KSn:To-1	165.7	169.0	1.37	-0.26	-131.4a	7.6
3 G3	0.0	967.8	4.21	-3.91	22.2a	23.2
KS:T1-oo	260.3	265.6	1.98	-0.08	-206.5a	11.1
4 S1	0.0	573.0	2.49	-2.32	13.1a	13.7
5 W	0.0	161.3	0.70	-0.65	3.7a	3.9
Po+G1			-5.91	-0.20	1076.0b	-1.8
P1+G1-3			-0.33	-4.38	966.0a	-2.3
Quasi-Permanent	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Quasi-Permanent	max (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Frequent	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Frequent	max (I)		2.16	-4.91	762.1a	11.6
Rare	min (I)		1.66	-4.45	759.5a	8.8
Rare	max (I)		4.57	-7.16	774.9a	24.9
	max(II)		0.00	-7.43	1071.6a	9.1

**Verifications of Concrete comp. stresses****in Precast Element**

Too (qu.-perm)	: sig.c <= 0.45*fck	-4.45 <=	-18.00 ( 0.25 )
Too (rare)	: sig.c <= 0.6*fck	-7.16 <=	-24.00 ( 0.30 )

**Criteria for consideration of nonlinear creeping:**

T0 (Po+G1)	: sig.c >0.45*fck(T0)	-5.91 >	-5.56
------------	-----------------------	---------	-------

non-linearity of creeping is considered

**Verifications in Section: 38****X(m): 21.519****TRANSFER OF PRESTRESS:**Shear Force F = 926.64 kN      Reinforcement for Splitting Tensile Asw = 10.23 cm<sup>2</sup>**Verification of Fire Resistance:****DIN EN 1992-1-2**Fire Resistance Class      Default:      R 90      **X(m): 16.180**

Adjustment of Distances Between Axes a for the Critical Temperature crit.T:

MSdfi = 1528.65 kNm	Req.Z = 1824.77 kN	crit.Ts = 598.3	del.as = -1.0 cm
MSd = 2786.73 kNm	Exi.Z = 2388.94 kN	crit.Tp = 432.5	del.ap = -0.8 cm
Prestressed Wires/Strands:		Dimension Adjustment	del.ap = 1.5 cm

**Minimum Dimensions**

Web Table 5.5:

	Req.	Exi.
Web Thickness	bw : 10.0 cm <	15.0
Beam Width	bmin : 33.0 cm	33.0 at Reinforcing
Distance Between Axes	am : 3.8 cm <	6.3 Total Tensile Reinf.
Distance Between Axes	am/2 : 1.9 cm <	4.5 Individual Bar

**Verification of Anchorage:**(Perm. Long. Tensile Strength of Concrete fctk005 = 2.45 N/mm<sup>2</sup>)

Layer	X(m)	lr(m)	lpt2(m) lbpd (m)	sig.cb(N/mm <sup>2</sup> )	Req.Z(kN)	Exi.Z(kN)
a	0.00	1.02	< 2.31 2.49	0.00	854.10	1528.94
				5.55	0.00	0.00
	23.70	1.02	< 2.31 2.49	5.55	854.22	1529.11
				0.00	0.00	0.00

**Relevant Longitudinal Stresses (SLS) sig(N/mm2):**

**limiting values Prestr. Steel St1600/1860**

Layer of Prestr.	0.80 * fpk	0.80 * 1860	sig.pmax	<	1488.00
Layer of Prestr.	0.90 * fp01k	0.90 * 1600	sig.pmax	<	1440.00
T = T0	0.75 * fpk	0.75 * 1860	sig.pm0	<	1395.00
T = T0	0.85 * fp01k	0.85 * 1600	sig.pm0	<	1360.00
Quasi-Permanent Combinat.	0.65 * fpk	0.65 * 1860	sig.pm	<	1209.00

**limiting values Reinforcing Steel S500**

Rare Combination	0.80 * fyk	0.80 * 500.0	sig.s	<	400.00
------------------	------------	--------------	-------	---	--------

**limiting values Concrete C40/50**

at Time T0 (P0+G1)	0.45 * fck(T0)	0.45 * 12.3	sig.cT0	<	-5.56
Rare Combination	0.60 * fck	0.60 * 40.0	sig.cToo	<	-24.00
Quasi-Permanent Combinat.	0.45 * fck	0.45 * 40.0	sig.cToo	<	-18.00

Section	X(m)	Quasi-Permanent		Rare Combination		sig.p	sig.s
		sig.ct sig.cb	sig.p IAB.cToo	sig.ct sig.cb	s_ig.tt sig.tb		
1	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
2	0.44	-0.64	157.35	-1.05		223.61	6.35
		-1.87	0.03	-1.87			0.04
3	0.88	-1.17	309.85	-2.21		442.14	8.24
		-3.70	0.06	-3.70			0.09
4	2.18	-2.40	717.18	-4.48		1060.36	9.45
		<b>-8.89</b>	0.13	<b>-8.89</b>			0.19
5	2.35	-2.63	722.72	-4.81		1061.60	11.53
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
6	2.35	-2.63	722.72	-4.81		1061.60	11.53
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
7	2.37	-2.65	722.74	-4.85		1061.57	11.70
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
8	3.15	-4.14	726.18	-7.22		1059.63	21.11
		-8.66	0.23	-8.66			0.29
9	3.15	-4.14	726.18	-7.22		1059.63	21.11
		-8.66	0.23	-8.66			0.29
10	3.35	-4.46	724.73	-7.65		1058.77	22.47
		-8.73	0.25	-8.73			0.31
11	3.35	-4.46	724.73	-7.65		1058.77	22.47
		-8.73	0.25	-8.73			0.31
12	4.74	-5.28	746.20	-8.62		1064.57	29.23
		-7.64	0.29	-7.64			0.35
13	6.05	<b>-5.75</b>	759.21	<b>-9.15</b>		1068.50	33.47
		-6.96	<b>0.32</b>	-6.96			<b>0.38</b>
14	6.05	<b>-5.75</b>	759.21	<b>-9.15</b>		1068.50	33.47
		-6.96	<b>0.32</b>	-6.96			<b>0.38</b>
15	7.11	-5.70	763.34	-9.04		1070.88	33.33
		-6.57	0.31	-6.57			0.37
16	7.54	-5.66	764.28	-8.98		1071.68	33.09
		-6.45	0.31	-6.45			0.37
17	8.00	-5.60	765.12	-8.91		1072.45	32.81
		-6.33	0.31	-6.33			0.37
18	8.95	-5.46	<b>766.27</b>	-8.73		1073.75	32.20
		-6.15	0.30	-6.15			0.36
19	8.95	-5.46	<b>766.27</b>	-8.73		1073.75	32.20
		-6.15	0.30	-6.15			0.36
20	9.48	-5.27	765.25	-8.49		1074.34	30.74
		-6.07	0.29	-6.07			0.35
21	11.85	-4.45	759.51	-7.43		<b>1076.02</b>	24.85
		-5.91	0.25	-5.91			0.30
22	11.85	-4.45	759.51	-7.43		<b>1076.02</b>	24.85
		-5.91	0.25	-5.91			0.30

Section	X(m)	Quasi-Permanent		Rare Combination		sig.p	sig.s
		sig.ct sig.cb	sig.p IAB.cToo	sig.ct sig.cb	s_ig.tt sig.tb		
23	14.22	-5.26	765.14	-8.49		1074.34	30.67
		-6.07	0.29	-6.07			0.35
24	14.75	-5.46	<b>766.27</b>	-8.73		1073.75	32.20
		-6.15	0.30	-6.15			0.36
25	14.75	-5.46	<b>766.27</b>	-8.73		1073.75	32.20
		-6.15	0.30	-6.15			0.36
26	16.18	-5.66	764.35	-8.99		1071.65	33.16
		-6.45	0.31	-6.45			0.37
27	16.59	-5.70	763.29	-9.04		1070.88	33.30
		-6.57	0.31	-6.57			0.37
28	17.65	<b>-5.75</b>	759.27	<b>-9.15</b>		1068.50	<b>33.49</b>
		-6.96	<b>0.32</b>	-6.96			<b>0.38</b>
29	17.65	<b>-5.75</b>	759.27	<b>-9.15</b>		1068.50	<b>33.49</b>
		-6.96	<b>0.32</b>	-6.96			<b>0.38</b>
30	18.96	-5.28	746.18	-8.62		1064.57	29.23
		-7.64	0.29	-7.64			0.35
31	20.35	-4.46	724.73	-7.65		1058.77	22.48
		-8.73	0.25	-8.73			0.31
32	20.35	-4.46	724.73	-7.65		1058.77	22.48
		-8.73	0.25	-8.73			0.31
33	20.55	-4.14	726.21	-7.22		1059.63	21.12
		-8.66	0.23	-8.66			0.29
34	20.55	-4.14	726.21	-7.22		1059.63	21.12
		-8.66	0.23	-8.66			0.29
35	21.33	-2.66	722.84	-4.86		1061.57	11.76
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
36	21.35	-2.63	722.73	-4.81		1061.60	11.53
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
37	21.35	-2.63	722.73	-4.81		1061.60	11.53
		-8.65	0.15	-8.65			0.20
38	21.52	-2.40	717.16	-4.48		1060.36	9.44
		<b>-8.89</b>	0.13	<b>-8.89</b>			0.19
39	22.82	-1.17	309.85	-2.21		442.14	8.25
		-3.70	0.06	-3.70			0.09
40	23.26	-0.64	157.33	-1.04		223.61	6.30
		-1.87	0.03	-1.87			0.04
41	23.70	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00			0.00

**Crack Widths wkb.wkt**

Exposure Class 1 Frequent DS  
Exposure Class 1 Frequent DS

max.wkt = 0.20  
max.wkb = 0.20

Section	X(m)	MSd(kNm)	sig.c	sig.s	Asb (cm2) Ast	wkb (mm) wkt
1	0.00	0.00	0.00	0.00	7.92	0.00
2	0.44	119.42	0.00	0.00	7.92	0.00
3	0.88	237.09	0.00	0.00	7.92	0.00
4	2.18	573.98	0.00	0.00	7.92	0.00
5	2.35	616.53	0.00	0.00	7.92	0.00
6	2.35	616.53	0.00	0.00	7.92	0.00
7	2.37	621.54	0.00	0.00	7.92	0.00
8	3.15	813.78	0.00	0.00	7.92	0.00
9	3.15	813.78	0.00	0.00	7.92	0.00
10	3.35	853.18	0.00	0.00	7.92	0.00
11	3.35	853.18	0.00	0.00	7.92	0.00
12	4.74	1117.67	0.00	0.00	7.92	0.00
13	6.05	1351.41	0.00	0.00	7.92	0.00
14	6.05	1351.41	0.00	0.00	7.92	0.00
15	7.11	1481.26	0.00	0.00	7.92	0.00
16	7.54	1530.37	0.00	0.00	7.92	0.00



Section	X(m)	MSd(kNm)	sig.c	sig.s	Asb (cm2) Ast	wkb (mm) wkt
17	8.00	1581.92	0.00	0.00	7.92	0.00
18	8.95	1680.61	0.00	0.00	7.92	0.00
19	8.95	1680.61	0.00	0.00	7.92	0.00
20	9.48	1707.81	0.00	0.00	7.92	0.00
21	11.85	1792.36	0.00	0.00	7.92	0.00
22	11.85	1792.36	0.00	0.00	7.92	0.00
23	14.22	1707.81	0.00	0.00	7.92	0.00
24	14.75	1680.61	0.00	0.00	7.92	0.00
25	14.75	1680.61	0.00	0.00	7.92	0.00
26	16.18	1528.65	0.00	0.00	7.92	0.00
27	16.59	1481.26	0.00	0.00	7.92	0.00
28	17.65	1351.41	0.00	0.00	7.92	0.00
29	17.65	1351.41	0.00	0.00	7.92	0.00
30	18.96	1117.67	0.00	0.00	7.92	0.00
31	20.35	853.18	0.00	0.00	7.92	0.00
32	20.35	853.18	0.00	0.00	7.92	0.00
33	20.55	813.78	0.00	0.00	7.92	0.00
34	20.55	813.78	0.00	0.00	7.92	0.00
35	21.33	621.54	0.00	0.00	7.92	0.00
36	21.35	616.53	0.00	0.00	7.92	0.00
37	21.35	616.53	0.00	0.00	7.92	0.00
38	21.52	573.98	0.00	0.00	7.92	0.00
39	22.82	237.09	0.00	0.00	7.92	0.00
40	23.26	119.42	0.00	0.00	7.92	0.00
41	23.70	0.00	0.00	0.00	7.92	0.00

**Relevant Deflections:**

k.I, k.II(1/km): Curvature (Uncracked and Cracked Section)  
 eff.k (1/km): Effective Curvature for beta.1 =1.0, beta.2 =0.5

Deflections at the Time To Under P0 + G1 :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	82.50	0.0000			0.0
2	0.44	-74.94	-180.67	-0.0796			-0.1
3	0.88	-164.53	-254.94	-0.1543			-0.2
4	2.18	-515.42	-505.51	-0.3443	-0.3500	-0.3472	-0.4
5	2.35	-511.71	-514.57	-0.3276			-0.4
6	2.35	-511.71	-514.57	-0.3276			-0.4
7	2.37	-511.18	-516.59	-0.3261			-0.4
8	3.15	-488.48	-608.28	-0.2748			-0.5
9	3.15	-488.48	-608.28	-0.2748			-0.5
10	3.35	-481.45	-637.08	-0.2630			-0.6
11	3.35	-481.45	-637.08	-0.2630			-0.6
12	4.74	-471.40	-721.06	-0.1947			-0.7
13	6.05	-477.35	-800.02	-0.1556			-0.8
14	6.05	-477.35	-800.02	-0.1556			-0.8
15	7.11	-493.71	-863.89	-0.1351			-0.9
16	7.54	-503.30	-889.54	-0.1288			-0.9
17	8.00	-515.79	-917.55	-0.1230			-0.9
18	8.95	-548.07	-974.91	-0.1138			-1.0
19	8.95	-548.07	-974.91	-0.1138			-1.0
20	9.48	-570.11	-1006.97	-0.1100			-1.0
21	11.85	-705.57	-1151.01	-0.1005			-1.0
22	11.85	-705.57	-1151.01	-0.1005			-1.0
23	14.22	-570.11	-1006.97	-0.1100			-1.0
24	14.75	-548.07	-974.91	-0.1138			-1.0
25	14.75	-548.07	-974.91	-0.1138			-1.0
26	16.18	-502.93	-888.63	-0.1290			-0.9
27	16.59	-493.71	-863.89	-0.1351			-0.9
28	17.65	-477.35	-800.02	-0.1556			-0.8

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
29	17.65	-477.35	-800.02	-0.1556			-0.8
30	18.96	-471.40	-721.06	-0.1947			-0.7
31	20.35	-481.45	-637.08	-0.2630			-0.6
32	20.35	-481.45	-637.08	-0.2630			-0.6
33	20.55	-488.48	-608.28	-0.2748			-0.5
34	20.55	-488.48	-608.28	-0.2748			-0.5
35	21.33	-511.18	-516.59	-0.3261			-0.4
36	21.35	-511.71	-514.57	-0.3276			-0.4
37	21.35	-511.71	-514.57	-0.3276			-0.4
38	21.52	-515.42	-505.51	-0.3443	-0.3500	-0.3472	-0.4
39	22.82	-164.53	-254.94	-0.1543			-0.2
40	23.26	-74.94	-180.67	-0.0796			-0.1
41	23.70	0.00	82.50	0.0000			0.0

Rotations at Bearings alpha(arc) Left: -0.00198 Right: 0.00198

Deflections at the Time T11 Under P0 + G1 + (K+S).1 :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	170.27	0.5695			0.0
2	0.44	-12.14	-310.05	-0.1357			-0.1
3	0.88	-96.07	-395.10	-0.2420			-0.3
4	2.18	-419.50	-679.74	-0.6011			-0.7
5	2.35	-415.78	-693.47	-0.5642			-0.7
6	2.35	-415.78	-693.47	-0.5642			-0.7
7	2.37	-414.99	-695.73	-0.5616			-0.7
8	3.15	-380.22	-795.20	-0.4780			-0.9
9	3.15	-380.22	-795.20	-0.4780			-0.9
10	3.35	-369.32	-825.27	-0.4596			-0.9
11	3.35	-369.32	-825.27	-0.4596			-0.9
12	4.74	-353.58	-943.16	-0.3182			-1.2
13	6.05	-352.19	-1055.65	-0.2445			-1.3
14	6.05	-352.19	-1055.65	-0.2445			-1.3
15	7.11	-361.77	-1147.74	-0.2076			-1.4
16	7.54	-368.36	-1185.00	-0.1973			-1.4
17	8.00	-377.50	-1225.84	-0.1878			-1.5
18	8.95	-402.68	-1310.03	-0.1732			-1.5
19	8.95	-402.68	-1310.03	-0.1732			-1.5
20	9.48	-420.65	-1357.39	-0.1672			-1.6
21	11.85	-536.53	-1572.78	-0.1547			-1.6
22	11.85	-536.53	-1572.78	-0.1547			-1.6
23	14.22	-420.66	-1357.39	-0.1671			-1.6
24	14.75	-402.68	-1310.03	-0.1732			-1.5
25	14.75	-402.68	-1310.03	-0.1732			-1.5
26	16.18	-368.12	-1183.66	-0.1975			-1.4
27	16.59	-361.76	-1147.74	-0.2077			-1.4
28	17.65	-352.22	-1055.65	-0.2443			-1.3
29	17.65	-352.22	-1055.65	-0.2443			-1.3
30	18.96	-353.56	-943.16	-0.3184			-1.2
31	20.35	-369.32	-825.27	-0.4596			-0.9
32	20.35	-369.32	-825.27	-0.4596			-0.9
33	20.55	-380.22	-795.20	-0.4780			-0.9
34	20.55	-380.22	-795.20	-0.4780			-0.9
35	21.33	-414.99	-695.73	-0.5616			-0.7
36	21.35	-415.78	-693.47	-0.5641			-0.7
37	21.35	-415.78	-693.47	-0.5641			-0.7
38	21.52	-419.50	-679.74	-0.6011			-0.7
39	22.82	-96.07	-395.10	-0.2420			-0.3
40	23.26	-12.13	-310.05	-0.1358			-0.1
41	23.70	0.00	170.27	0.5695			0.0



Rotations at Bearings alpha(arc)

Left: -0.00311

Right: 0.00311

Deflections at the Time Too Under P0 + G1-3 + (K+S) + psi2\*max.Q :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	180.17	1.7084			0.0
2	0.44	175.37	364.50	-0.1017			0.0
3	0.88	159.01	376.94	-0.1346			0.0
4	2.18	35.11	389.22	-0.3907			0.1
5	2.35	64.24	404.21	-0.3299			0.1
6	2.35	64.24	404.21	-0.3299			0.1
7	2.37	68.10	407.38	-0.3253			0.1
8	3.15	216.35	470.11	-0.1173			0.2
9	3.15	216.35	470.11	-0.1173			0.2
10	3.35	248.02	489.68	-0.0797			0.2
11	3.35	248.02	489.68	-0.0797			0.2
12	4.74	418.62	599.97	0.0965			0.4
13	6.05	566.20	699.96	0.1743			0.5
14	6.05	566.20	699.96	0.1743			0.5
15	7.11	634.15	776.55	0.1794			0.6
16	7.54	658.88	810.03	0.1764			0.6
17	8.00	683.91	845.51	0.1719			0.6
18	8.95	728.63	914.53	0.1599			0.7
19	8.95	728.63	914.53	0.1599			0.7
20	9.48	729.28	953.50	0.1430			0.7
21	11.85	696.84	1120.13	0.0713			0.7
22	11.85	696.84	1120.13	0.0713			0.7
23	14.22	729.41	956.00	0.1425			0.7
24	14.75	728.63	914.53	0.1599			0.7
25	14.75	728.63	914.53	0.1599			0.7
26	16.18	657.93	807.04	0.1774			0.6
27	16.59	634.20	777.53	0.1792			0.6
28	17.65	566.15	699.56	0.1745			0.5
29	17.65	566.15	699.56	0.1745			0.5
30	18.96	418.63	600.04	0.0964			0.4
31	20.35	248.02	489.60	-0.0796			0.2
32	20.35	248.02	489.60	-0.0796			0.2
33	20.55	216.33	469.80	-0.1171			0.2
34	20.55	216.33	469.80	-0.1171			0.2
35	21.33	68.03	406.26	-0.3242			0.1
36	21.35	64.24	404.17	-0.3298			0.1
37	21.35	64.24	404.17	-0.3298			0.1
38	21.52	35.12	389.37	-0.3908			0.1
39	22.82	159.00	376.88	-0.1345			0.0
40	23.26	175.42	365.12	-0.1027			0.0
41	23.70	0.00	180.17	1.7084			0.0

Rotations at Bearings alpha(arc)

Left: 0.00072

Right: -0.00072

**Required Longitudinal Reinforcement:**

(Prestr. Steel Ap + Reinforcing Steel Asb, Ast)

Section	X(m)	MSd(kNm)	eps.c	eps.s	Z(kN)	Ap(cm2)	Asb(cm2)	Ast
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.44	215.59	-1.13	23.81	248.51	1.55	0.94m	0.00
3	0.88	428.80	-1.52	23.84	474.66	2.96	1.18m	0.00
4	2.18	1044.34	-2.28	23.95	1024.74	6.38	1.80m	0.00
5	2.35	1122.68	-2.35	23.96	1085.32	6.76	1.88m	0.00
6	2.35	1122.68	-2.35	23.96	1085.32	6.76	1.88m	0.00
7	2.37	1131.92	-2.36	23.97	1092.33	6.80	1.88m	0.00
8	3.15	1487.83	-2.62	24.02	1343.70	8.36	1.89m	0.00
9	3.15	1487.83	-2.62	24.02	1343.70	8.36	1.89m	0.00

Section	X(m)	MSd(kNm)	eps.c	eps.s	Z(kN)	Ap(cm2)	Asb(cm2)	Ast
10	3.35	1558.67	-2.65	24.04	1384.26	8.61	1.90m	0.00
11	3.35	1558.67	-2.65	24.04	1384.26	8.61	1.90m	0.00
12	4.74	2038.41	-2.75	24.13	1621.08	10.08	2.31m	0.00
13	6.05	2469.58	-2.77	24.21	1785.85	11.10	2.67m	0.00
14	6.05	2469.58	-2.77	24.21	1785.85	11.10	2.67m	0.00
15	7.11	2701.02	-2.67	24.26	1816.63	11.29	2.94m	0.00
16	7.54	2789.86	-2.63	24.28	1825.04	11.34	3.04m	0.00
17	8.00	2884.03	-2.58	24.31	1831.77	11.38	3.15m	0.00
18	8.95	3067.58	-2.49	24.34	<b>1838.82</b>	11.42	3.37m	0.00
19	8.95	3067.58	-2.49	24.34	<b>1838.82</b>	11.42	3.37m	0.00
20	9.48	3113.64	-2.41	24.37	1808.75	11.23	3.49m	0.00
21	11.85	3269.63	-2.08	24.44	1668.79	10.36	4.01m	0.00
22	11.85	3269.63	-2.08	24.44	1668.79	10.36	4.01m	0.00
23	14.22	3113.64	-2.41	24.37	1808.75	11.23	3.49m	0.00
24	14.75	3067.58	-2.49	24.34	<b>1838.82</b>	11.42	3.37m	0.00
25	14.75	3067.58	-2.49	24.34	<b>1838.82</b>	11.42	3.37m	0.00
26	16.18	2786.73	-2.63	24.28	1824.77	11.34	3.04m	0.00
27	16.59	2701.02	-2.67	24.26	1816.63	11.29	2.94m	0.00
28	17.65	2469.58	-2.77	24.21	1785.85	11.10	2.67m	0.00
29	17.65	2469.58	-2.77	24.21	1785.85	11.10	2.67m	0.00
30	18.96	2038.41	-2.75	24.13	1621.08	10.08	2.31m	0.00
31	20.35	1558.67	-2.65	24.04	1384.26	8.61	1.90m	0.00
32	20.35	1558.67	-2.65	24.04	1384.26	8.61	1.90m	0.00
33	20.55	1487.83	-2.62	24.02	1343.70	8.36	1.89m	0.00
34	20.55	1487.83	-2.62	24.02	1343.70	8.36	1.89m	0.00
35	21.33	1131.92	-2.36	23.97	1092.33	6.80	1.88m	0.00
36	21.35	1122.68	-2.35	23.96	1085.32	6.76	1.88m	0.00
37	21.35	1122.68	-2.35	23.96	1085.32	6.76	1.88m	0.00
38	21.52	1044.34	-2.28	23.95	1024.74	6.38	1.80m	0.00
39	22.82	428.80	-1.52	23.84	474.66	2.96	1.18m	0.00
40	23.26	215.59	-1.13	23.81	248.51	1.55	0.94m	0.00
41	23.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Req. shear reinforcement for Beams + Torsional Reinforcement ast, Asl:**

Tensile Strength of Concrete  $f_{ctd} = 1.39 \text{ N/mm}^2$  Predominantly Static Loading  
Torsion: S: Web Reinforcement Due to V:  $a_{sw}(\text{cm}^2/\text{m})$  2-shear  
Distribution of TEd: O: Upper Flange T:  $a_{st}(\text{cm}^2/\text{m})$  1-shear  
U: Lower Flange T:  $A_{sl}(\text{cm}^2)$  Circle  
Distance Between Border and Center Line  $t/2$  Horizontal: 3.0 cm, Vertical: 3.0 cm  
Interaction T+V  $IAB = (TEd/TRd_{max})^{**2} + (VEd/VRd_{max})^{**2}$   
m: Nominal Reinforcement, i: n.NCI Zu 9.3.2 (2), p:  $b/h \geq 5$  Slab  
VEd\*: red. Querkraft inf. auflagenaher Concentrated Load, z\*: red. Hebelarm

Section	X(m)	V0d(kN)	VEd(kN)	z(cm)	cot(V)	VRdmax	VRdc	Z.	asw
			TSd(kNm)		cot(T)	TRdmax	Asl		ast
1	0.00	492.60	434.54	74.7*	1.45	1959.70			
	S		67.20		1.45	376.43	10.90		2.30
2	0.44	487.31	434.54	79.1*	1.47	2063.49			
	S		61.05		1.47	325.68	9.03		2.36
	O		6.15		1.00	66.91	0.00		0.00
3	0.88	481.81	434.54	83.5*	1.50	2163.92	210.64	2	8.00
	S		61.38		1.50	342.24	9.16		2.21
	O		5.82		1.00	67.37	0.00		0.00
4	2.18	464.27	362.23	96.4*	1.58	2443.40	221.45	2	5.46
	S		62.15		1.58	388.37	9.61		1.82
	O		5.05		1.00	68.75	0.00		0.00
5	2.35	461.85	353.78	98.1*	1.60	2477.57	223.35	2	5.20
	S		62.24		1.60	394.02	9.68		1.78
	O		4.96		1.00	68.93	0.00		0.00
6	2.35	461.85	353.78	98.1*	1.60	2477.57	223.35	2	5.20

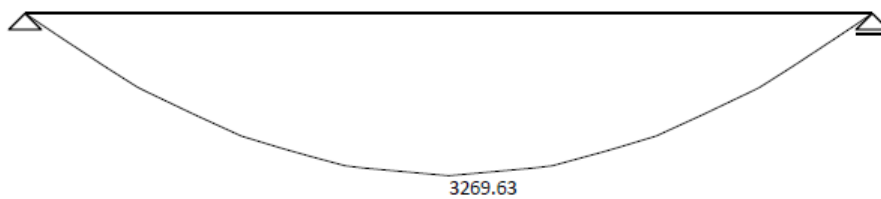
Section	X(m)	V0d(kN)	VEd(kN) TSd(kNm)	z(cm)	cot(V) cot(T)	VRdmax TRdmax	VRdc Asl	Z.	asw ast
7	S	461.56	62.24	98.3*	1.60	394.02	9.68	2	1.78
	O		4.96		1.00	68.93	0.00		0.00
	U		352.79		1.59	2457.47	222.03		5.18
8	S	451.36	62.12	106.1*	1.59	391.22	9.74	2	1.79
	O		5.08		1.00	69.17	0.00		0.00
	U		317.56		1.52	1541.64	160.12		4.54
9	S	355.36	22.20	106.1*	1.52	132.73	6.15	2	2.02
	O		18.17		1.00	77.69	0.00		0.00
	U		26.83		1.00	148.38	5.48		2.38
10	S	353.06	221.56	108.1*	1.69	1470.00	160.12	2	2.84
	O		15.86		1.69	126.56	4.89		1.30
	U		12.98		1.00	77.69	0.00		0.00
11	S	353.06	215.22	108.1*	1.00	148.38	4.37	2	0.00
	O		19.16		1.00	148.38	4.37		0.00
	U		215.22		1.71	1202.24	139.62		2.68
12	S	337.05	9.59	121.9*	1.71	89.85	4.18	2	1.09
	O		15.36		1.00	79.50	0.00		0.00
	U		23.05		1.00	151.38	5.42		0.00
13	S	160.55	215.22	138.3	1.71	1202.24	139.62	2	2.68
	O		9.59		1.71	89.85	4.18		1.09
	U		15.36		1.00	79.50	0.00		0.00
14	S	225.07	23.05	138.3	1.00	151.38	5.42	2	0.00
	O		23.05		1.00	151.38	5.42		0.00
	U		175.63		1.83	1307.61	149.17		1.81
15	S	211.51	11.42	148.7	1.83	104.88	5.34	2	1.00
	O		14.56		1.00	79.17	0.00		0.00
	U		22.02		1.00	151.38	5.27		0.00
16	S	205.91	69.50	152.9	1.00	1763.14	157.38	2	1.68 m
	O		12.99		1.42	136.71	6.65		0.89
	U		13.88		1.00	78.86	0.00		0.00
17	S	199.70	21.13	157.4	1.00	151.38	4.15	2	0.00
	O		21.13		1.00	151.38	4.15		0.00
	U		47.24		1.00	1763.14	157.38		1.68 m
18	S	186.64	7.80	166.8	1.00	145.14	4.98	2	0.00
	O		8.33		1.00	78.86	0.00		0.00
	U		12.68		1.00	151.38	1.76		0.00
19	S	186.64	30.62	166.8	1.00	1895.71	163.43	2	1.68 m
	O		8.51		1.00	161.68	5.44		0.00
	U		8.02		1.00	78.60	0.00		0.00
20	S	90.64	12.28	172.1	1.00	151.38	1.70	2	0.00
	O		24.18		1.00	1949.04	165.75		1.68 m
	U		8.78		1.00	168.32	5.61		0.00
21	S	83.16	7.90	172.1	1.00	78.50	0.00	2	0.00
	O		12.12		1.00	151.38	1.68		0.00
	U		17.29		1.00	2007.43	168.22		1.68 m
22	S	199.70	9.07	157.4	1.00	175.57	5.80	2	0.00
	O		7.77		1.00	78.39	0.00		0.00
	U		11.96		1.00	151.38	1.66		0.00
23	S	186.64	3.54	166.8	1.00	2127.00	173.13	2	1.68 m
	O		9.64		1.00	190.39	6.16		0.00
	U		7.52		1.00	78.16	0.00		0.00
24	S	90.64	11.64	166.8	1.00	151.38	1.61	2	0.00
	O		-92.46		1.00	2127.00	173.13		1.68 m
	U		3.21		1.00	190.39	2.05		0.00
25	S	83.16	2.51	172.1	1.00	78.16	0.00	2	0.00
	O		3.88		1.00	151.38	0.54		0.00
	U		-96.95		1.00	2194.83	175.71		1.68 m
26	S	48.00	3.32	195.9	1.00	198.66	2.12	2	0.00
	O		2.46		1.00	78.03	0.00		0.00
	U		3.82		1.00	151.38	0.53		0.00
27	S	48.00	-105.55	195.9	1.00	2498.08	186.60	2	1.68 m
	O		3.74		1.00	235.65	2.39		0.00
	U		2.28		1.00	77.47	0.00		0.00

Section	X(m)	V0d(kN)	VEd(kN) TSd(kNm)	z(cm)	cot(V) cot(T)	VRdmax TRdmax	VRdc Asl	Z.	asw ast	
22	U	-48.00	3.59	195.9	1.00	151.38	0.50	2	0.00	
	S		-3.74		1.00	2498.08	186.60		1.68 m	
	O		-2.28		1.00	235.65	2.39		0.00	
23	U	-83.16	-3.59	172.1	1.00	151.38	0.50	2	0.00	
	S		96.95		1.00	2194.83	175.70		1.68 m	
	O		-3.32		1.00	198.66	2.12		0.00	
24	U	-90.64	-2.46	166.8	1.00	78.03	0.00	2	0.00	
	S		-3.82		1.00	151.38	0.53		0.00	
	O		92.46		1.00	2127.00	173.13		1.68 m	
25	U	-186.64	-3.21	166.8	1.00	190.39	2.05	2	0.00	
	S		-2.51		1.00	78.16	0.00		0.00	
	O		-3.88		1.00	151.38	0.54		0.00	
26	U	-206.11	-3.54	152.7	1.00	2127.00	173.13	2	1.68 m	
	S		-9.64		1.00	190.39	6.16		0.00	
	O		-7.52		1.00	78.16	0.00		0.00	
27	U	-211.51	-11.64	148.7	1.00	151.38	1.61	2	0.00	
	S		-24.41		1.00	1947.14	165.67		1.68 m	
	O		-8.77		1.00	168.08	5.60		0.00	
28	U	-225.07	-7.90	138.3	1.00	78.50	0.00	2	0.00	
	S		-12.13		1.00	151.38	1.68		0.00	
	O		-30.62		1.00	1895.71	163.43		1.68 m	
29	U	-160.55	-8.51	138.3	1.00	161.68	5.44	2	0.00	
	S		-12.28		1.00	78.60	0.00		0.00	
	O		-12.28		1.00	151.38	1.70		0.00	
30	U	-337.05	-47.24	121.9*	1.00	1763.14	157.38	2	1.68 m	
	S		-7.80		1.00	145.14	4.98		0.00	
	O		-8.33		1.00	78.86	0.00		0.00	
31	U	-353.06	-12.68	108.1*	1.00	151.38	1.76	2	0.00	
	S		-69.50		1.00	1763.14	157.38		1.68 m	
	O		-12.99		1.42	136.71	6.65		0.89	
32	U	-353.06	-13.88	108.1*	1.00	78.86	0.00	2	0.00	
	S		-21.13		1.00	151.38	4.15		0.00	
	O		-175.63		1.83	1307.61	149.17		2	1.81
33	U	-355.36	-11.42	106.1*	1.83	104.88	5.34	2	1.00	
	S		-14.56		1.00	79.17	0.00		0.00	
	O		-22.02		1.00	151.38	5.27		0.00	
34	U	-451.36	-215.22	98.3*	1.71	1202.24	139.62	2	2.68	
	S		-9.59		1.71	89.85	4.18		1.09	
	O		-15.36		1.00	79.50	0.00		0.00	
35	U	-461.56	-23.05	98.1*	1.00	151.38	5.42	2	0.00	
	S		-215.22		1.71	1202.24	139.62		2	2.68
	O		-9.59		1.71	89.85	4.18		1.09	
36	U	-461.85	-15.36	106.1*	1.00	79.50	0.00	2	0.00	
	S		-23.05		1.00	151.38	5.42		0.00	
	O		-221.56		1.69	1470.00	160.12		2	2.84
37	U	-461.85	-15.86	106.1*	1.69	126.56	4.89	2	1.30	
	S		-12.98		1.00	77.69	0.00		0.00	
	O		-19.16		1.00	148.38	4.37		0.00	
38	U	-461.85	-317.56	98.1*	1.52	1541.64	160.12	2	4.54	
	S		-22.20		1.52	132.73	6.15		2.02	
	O		-18.17		1.00	77.69	0.00		0.00	
39	U	-461.85	-26.83	98.1*	1.00	148.38	5.48	2	2.38	
	S		-352.79		1.59	2457.47	222.04		2	5.18
	O		-62.12		1.59	391.22	9.74		1.79	
40	U	-461.85	-5.08	98.1*	1.00	69.17	0.00	2	0.00	
	S		-353.78		1.60	2477.57	223.35		2	5.20
	O		-62.24		1.60	394.02	9.68		1.78	
41	U	-461.85	-4.96	98.1*	1.00	68.93	0.00	2	0.00	
	S		-353.78		1.60	2477.57	223.35		2	5.20
	O		-353.78		1.60	2477.57	223.35		2	5.20

Section	X(m)	V0d(kN)	VEd(kN) TSd(kNm)	z(cm)	cot(V) cot(T)	VRdmax TRdmax	VRdc Asl	Z	asw ast
38	21.52	-464.27	-62.24	96.4*	1.60	394.02	9.68	2	1.78
			-4.96		1.00	68.93	0.00		0.00
			-362.23		1.58	2443.40	221.45		5.46
39	22.82	-481.81	-62.15	83.5*	1.58	388.37	9.61	2	1.82
			-5.05		1.00	68.75	0.00		0.00
			-434.54		1.50	2163.92	210.64		8.00
40	23.26	-487.31	-61.38	79.1*	1.50	342.24	9.16	2	2.21
			-5.82		1.00	67.37	0.00		0.00
			-434.54		1.47	2063.49	9.03		2.36
41	23.70	-492.60	-61.05	74.7*	1.47	325.68	9.03	2	2.36
			-6.15		1.00	66.91	0.00		0.00
			-434.54		1.45	1959.70	10.90		2.30
			-67.20		1.45	376.43			

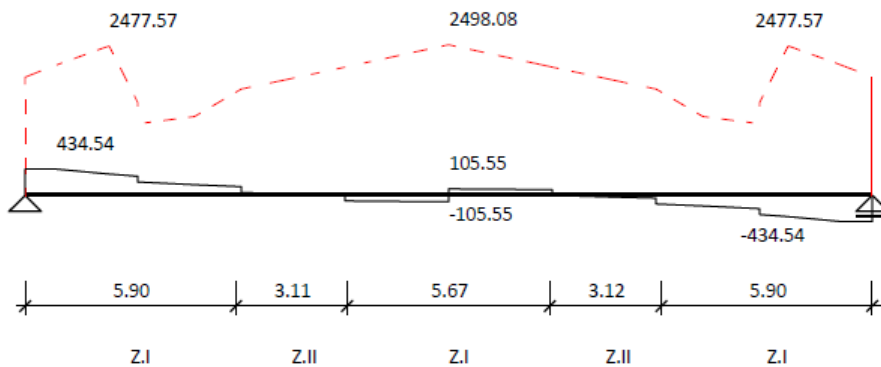
Relevant Moments MSd (kNm)

M 1 : 1308



Relevant Shear Forces VEd (kN)

M 1 : 1078

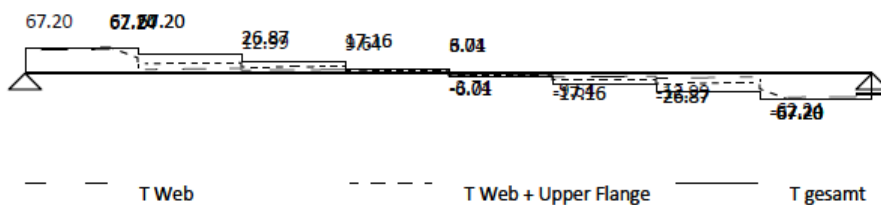


VRdm - - - - -

VEd ———

Relevant Torsional Moments TEd(kNm)

M 1 : 169



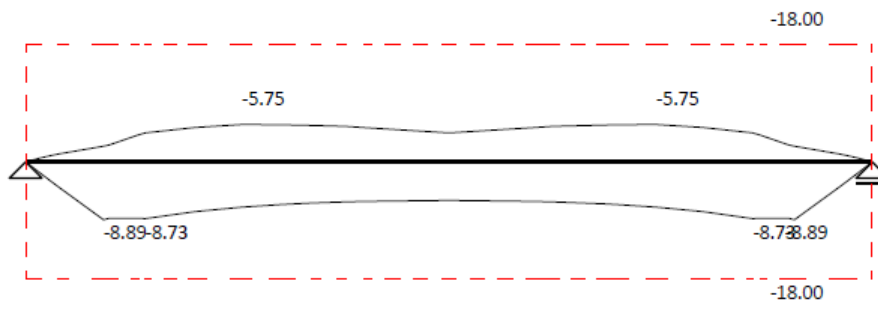
T Web - - - - -

T Web + Upper Flange - . - . - .

T gesamt ———

Stresses sig.c (N/mm2) Quasi-Perm. Combination, T oo

M 1 : 10



Stresses sig.c (N/mm2) Rare Combination, T oo

M 1 : 10

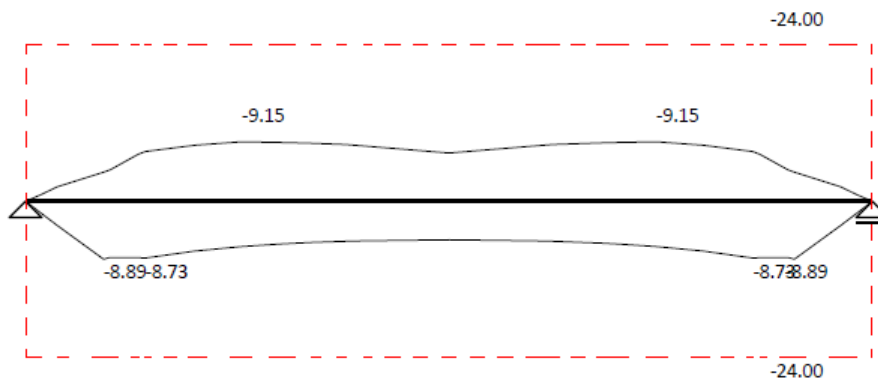
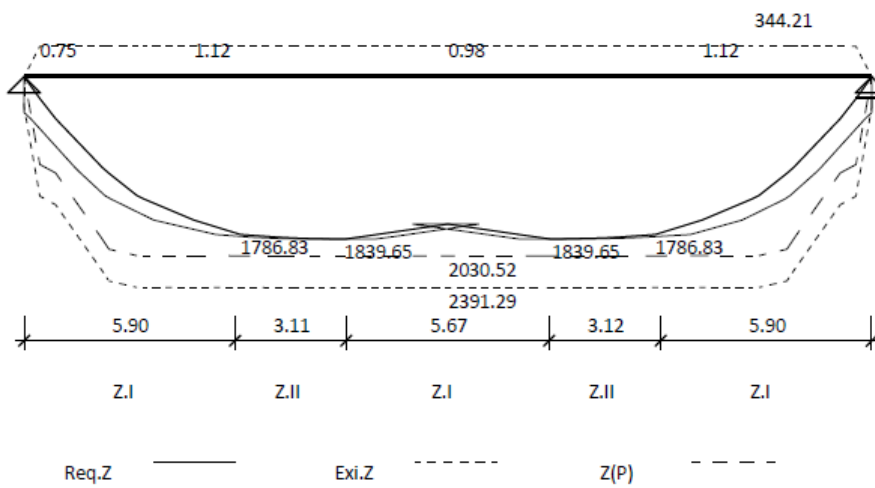


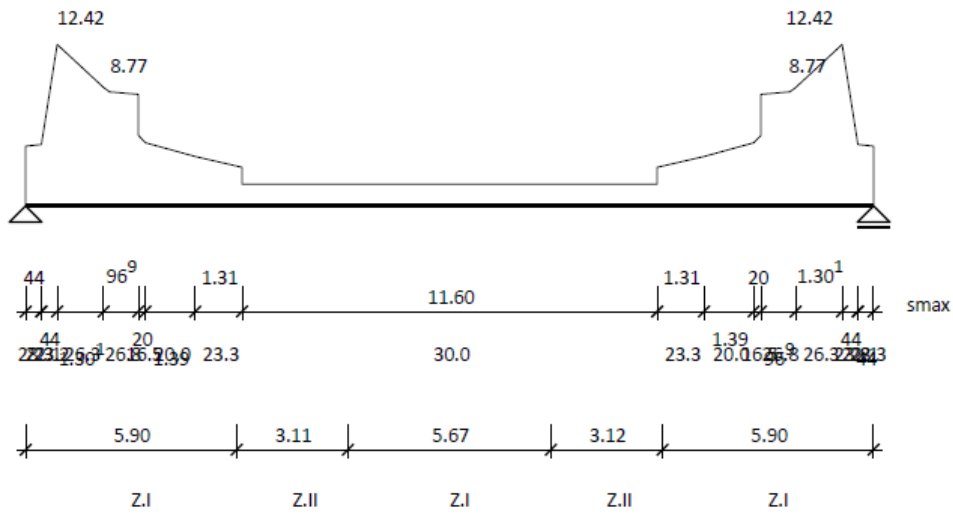
Diagram of Tensile Force Z (kN)

M 1 : 736



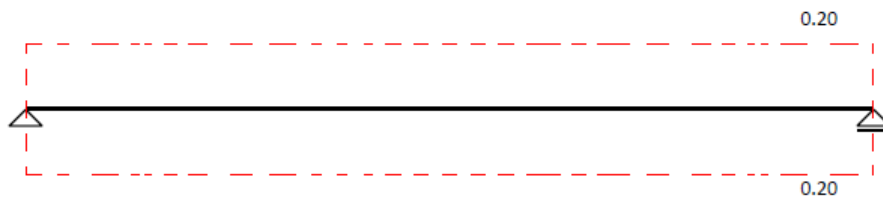
Stirrbewehrung 2-shear asw+ast (cm<sup>2</sup>/m) S 500

M 1 : 5



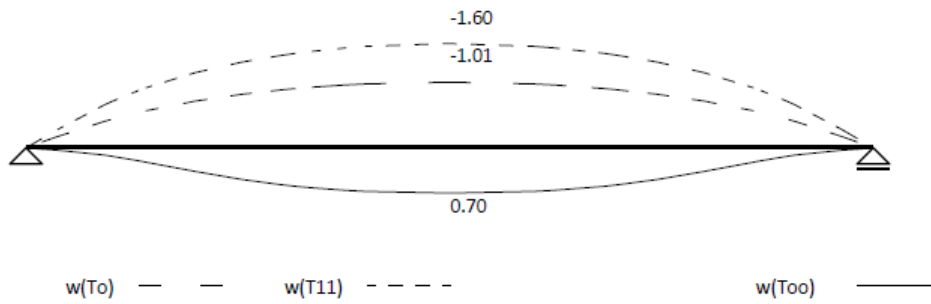
Crack Widths  $w_k$ (mm)

M 1 : .20



Deflections  $W$  (cm)

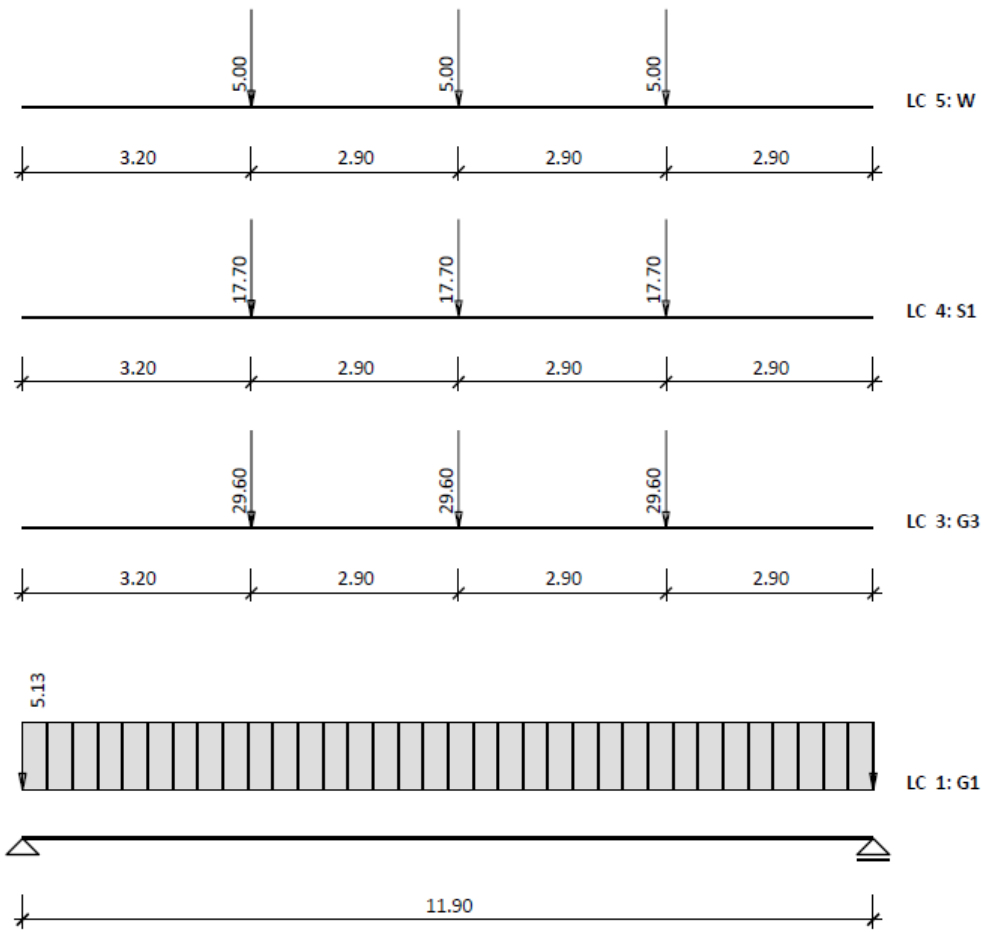
M 1 : 1



## 9.4. Dimenzioniranje nosača T80

Loads

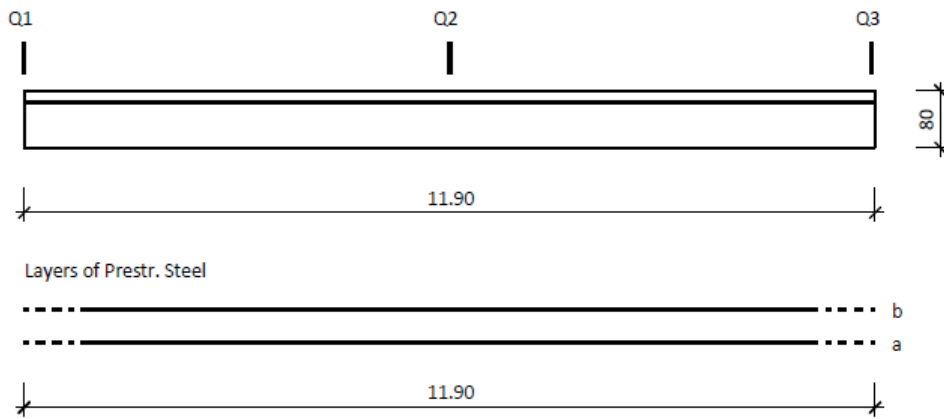
M 1 : 5





Longitudinal Section

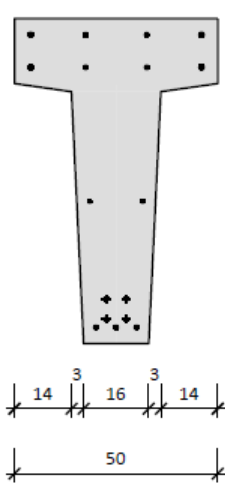
M 1 : 91



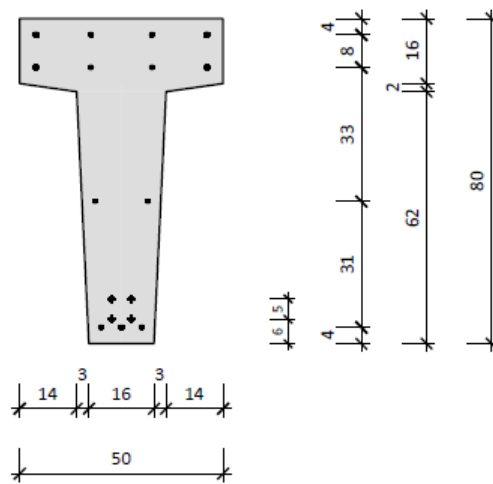
Cross Sections

M 1 : 16

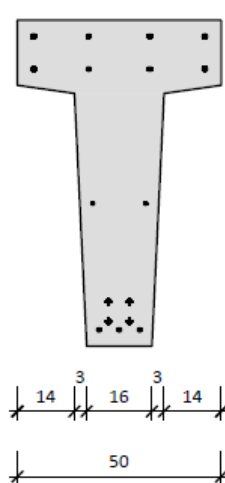
Q1  $x = 0.00$



Q2  $x = 5.95$



Q3  $x = 11.85$



**MATERIALS:**

Relevant Norm: DIN EN 1992-1-1/N/A

\* ansteigender Ast der SDL wird berücksichtigt

Bs = Design Situations

Precast Element:	C40/50	E <sub>cm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	35000.0	eps.c2	:	-2.00
		E <sub>c</sub> (T <sub>0</sub> )	(N/mm <sup>2</sup> ):	27054.6	eps.c2u	:	-3.50
DS: Persistent+Transient		f <sub>cd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	22.7	gamma.c	:	1.50
		f <sub>ctm</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	3.5			
		f <sub>ctk005</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	2.5			
Bs: Fatigue		f <sub>cd</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	22.7	gamma.c	:	1.50
Prestr. Steel:	St1670/1860	E <sub>p</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	195000.0	eps.01	:	7.45
DS: Persistent+Transient		f <sub>pd</sub> *	(N/mm <sup>2</sup> ):	1452.2	gamma.s	:	1.15
Bs: Fatigue		f <sub>pd</sub> *	(N/mm <sup>2</sup> ):	1452.2	gamma.s	:	1.15
		sig.0t	(N/mm <sup>2</sup> ):	0.0	eps.b	:	25.00
		sig.0b	(N/mm <sup>2</sup> ):	1150.0			
Reinforcing Steel:	S500	E <sub>s</sub>	(N/mm <sup>2</sup> ):	200000.0	eps.sy	:	2.17
DS: Persistent+Transient		f <sub>yd</sub> *	(N/mm <sup>2</sup> ):	434.8	gamma.s	:	1.15
					eps.su	:	25.00
Bs: Fatigue		f <sub>yd</sub> *	(N/mm <sup>2</sup> ):	434.8	gamma.s	:	1.15

## Prevalues for Creep and Shrinkage:

at Time				Temperature(G)	Humidity(%)		
till	To	1 Days	:	25			
To	till	T1	30 Days	:	15	70	
T1	till	Too	:			50	
Precast Element :		Consistency S2			Cement R (s=0.20)	1 Web(s)	
Relaxation Coefficient Concrete		:				0.80	
Relaxation Loss Prestr. Steel		:	In the Stressing	:		2.50 (%)	
			Mould				
			To	till	T1	:	8.00 (%)
			T1	till	Too	:	15.00 (%)

## Relevant Design Combinations (DS)

		Bottom	Top
Exposure Classes		XC1	XC1
Limitation of Cracks	DS :	Frequent	Frequent
Crack Widths	max.wk(mm) :	0.20	0.20
Largest Bar Diameter	Reinforcing Steel dg(mm) :	12.0	12.0
	Prestr. Steel dg(mm) :	12.0	12.0
Kind of Prestressing Steel:	Strands,	Compound Coefficient xi	:
			0.6

<b>SYSTEM CHARACTERISTICS:</b>		Cantilever	Span	Cantilever
Span	L(m):	0.00	11.90	0.00
Width of Bearing	B(m):		0.00	

**Layers of Prestr. Steel:** (neg. Z: From top of precast element)

Layer	Number	Ap(cm2)	Apl(cm2)	E(cm)	Z(cm)	Xa(m)	Xe(m)
a	2	1.40	2.80	5.0	6.0	0.000	11.900
b	2	1.40	2.80	5.0	11.0	0.000	11.900

**Layers of Reinforc. Steel:** (neg. Z: From top of precast element)

Layer	Number	As(cm2)	Asl(cm2)	E(cm)	Z(cm)	Xa(m)	Xe(m)
1	3	D10	2.36	5.0	4.0	0.000	11.900
2	2	D 8	1.01	13.0	35.0	0.000	11.900
3	2	D12	2.26	42.0	68.0	0.000	11.900
3	2	D10	1.57	15.0	68.0	0.000	11.900
4	2	D12	2.26	42.0	76.0	0.000	11.900
4	2	D10	1.57	15.0	76.0	0.000	11.900

**Cross Section:**

Layer	Ba(cm)	Xa(m)	Za(cm)	Be(cm)	Xe(m)	Ze(cm)
1	50.0	0.000	80.0	50.0	11.900	80.0
2	50.0	0.000	64.0	50.0	11.900	64.0
3	22.0	0.000	62.0	22.0	11.900	62.0
4	16.0	0.000	0.0	16.0	11.900	0.0

**LOAD CASES:**

LC	Action Type	Alt.	LC-Description
1	G1		Dead load
3	G3		Covering
4	S1		Snow
5	W		Wind

DL:Distributed Load Q1,Q2(kN/m), PL:Concentrated Load Q1(kN), MOM:Moment Q1(kNm)  
 Dead Load G1 Calculated with Bulk Density = 25.00 kN/m3

LC	Action Type	Kind	A(m)	Q1	B(m)	Q2	Ey(cm)
1	G1	DL	0.000	5.125	11.900	5.125	0.0
3	G3	PL	3.200	29.600			20.0
3	G3	PL	6.100	29.600			20.0
3	G3	PL	9.000	29.600			20.0
4	S1	PL	3.200	17.700			20.0
4	S1	PL	6.100	17.700			20.0
4	S1	PL	9.000	17.700			20.0
5	W	PL	3.200	5.000			20.0
5	W	PL	6.100	5.000			20.0
5	W	PL	9.000	5.000			20.0

**Automatic Consideration of the Combination Factors acc. to DIN EN 1991**

Action Type	Due to gamma	(P/T)	.sup	(A).sup	psi0	psi1	psi2	r.inf	r.sup
P	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.05
G1	1.00		1.35	1.00	1.00	1.00	1.00		
G3	1.00		1.35	1.00	1.00	1.00	1.00		
S1	0.00		1.50	1.00	0.50	0.20	0.00		
W	0.00		1.50	1.00	0.60	0.20	0.00		

Ls: Static Equilibrium

**REACTIONS Az, Bz + - MOMENTS Ta, Tb:**

LC	Action Type	Az(kN)	Ta(kNm)	Bz(kN)	Tb(kNm)
1	G1	30.494	0.000	30.494	0.000
3	G3	43.281	8.656	45.519	9.104
4	S1	25.881	5.176	27.219	5.444
5	W	7.311	1.462	7.689	1.538
max.Ad (P/T)		144.996	20.766	150.367	21.840
max.Td (P/T)		134.324	20.767	139.694	21.841

Verifications in Section: 5

X(m): 1.636

**TRANSFER OF PRESTRESS:**Shear Force F = 372.09 kN      Reinforcement for Splitting Tensile Asw = 4.19 cm<sup>2</sup>**Determination of Dispersion Length**

Nominal Diameter	dp	=	12.5 mm
Time-related Coefficient	beta.cc	=	0.42 -
Compressive Strength of Concrete (T0)	fcm(t)	=	20.35 N/mm <sup>2</sup>
Tensile Strength of Concrete (T0)	fctm(t)	=	1.48 N/mm <sup>2</sup>
Design value of tensile Strength of Concrete (T0)	fctd(t)	=	0.59 N/mm <sup>2</sup>
Bond Stress	fbpt	=	1.68 N/mm <sup>2</sup>
Prestressing Steel Strength (T0)	sig.pm0	=	1039.5 N/mm <sup>2</sup>
Transmission Length	lpt	=	1.47 m
Dispersion Length	ldisp	=	1.64 m

Verifications in Section: 11

X(m): 5.950

	Concrete		Reinforcing Steel		Prestr. Steel	
	B(cm)	Z(cm)	As(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)	Ap(cm <sup>2</sup> )	Z(cm)
1	50.00	80.00	1.57	76.00	2.80	11.00
2	50.00	64.00	2.26	76.00	2.80	6.00
3	22.00	62.00	1.57	68.00		
4	16.00	0.00	2.26	68.00		
5			1.01	35.00		
6			2.36	4.00		

		u(cm)	h0(mm)	phi	eps
Creep and Shrinkage					
Precast Element	T0 to T1 :	250.4	163.7	0.96	-15.44E-5
Precast Element	T1 to T00:	250.4	163.7	1.53	-42.53E-5

**SAFETY AGAINST RUPTURE (P/T):**

max-Comb.:	20221				
Msd =	544.98 kNm	eps.c =	-2.90 o/oo	x =	7.90 cm
MRd =	545.00 kNm	eps.p =	23.35 o/oo	Z =	798.97 kN
Exi.Ap =	5.60 cm <sup>2</sup>	Req.Ap =	4.98 cm <sup>2</sup>	Zp =	898.45 kN
Exi.As =	2.36 cm <sup>2</sup>	Req.As =	0.00 cm <sup>2</sup>	Zs =	107.57 kN
Nominal Reinforcement to Ensure the Ductile Behaviour:					
eff.Ap/3 =	1.87 cm <sup>2</sup>	Req.As =	0.72 cm <sup>2</sup>	Mcr =	88.44 kNm

**LIMITATION OF CRACKS:**

Top of Precast Element :					
Edge Stress (Rare DS):		sig.ct =	1.22 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-9.63 N/mm <sup>2</sup>
Edge Stress (Frequent DS):		sig.ct =	1.22 N/mm <sup>2</sup>	sig.cb =	-9.63 N/mm <sup>2</sup>
Comb.: 10000		Verification of Cracked Section, 1.05-fold Prestr.			
MSd=	90.72 kNm	sig.c =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	x =	0.00 cm
Exi.Ap=	0.00 cm <sup>2</sup>	sig.s =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	Z =	0.00 kN
Exi.As=	7.67 cm <sup>2</sup>	Req.As =	7.67 cm <sup>2</sup>	As'=	0.00 cm <sup>2</sup>

Bottom of Precast Element:

Edge Stress (Rare DS):	sig.ct =	-6.93 N/mm2	sig.cb =	7.94 N/mm2	
Edge Stress (Frequent DS):	sig.ct =	-4.32 N/mm2	sig.cb =	3.90 N/mm2	
Comb.: 20220	Verification of Cracked Section, 0.95-fold Prestr.				
MSd=	287.90 kNm	sig.c =	-7.66 N/mm2	x =	23.10 cm
Exi.Ap=	5.60 cm2	sig.s =	111.80 N/mm2	Z =	74.01 kN
Exi.As=	2.36 cm2	Req.As =	2.36 cm2	As'=	0.00 cm2
		Exi.wk =	0.03 mm	s =	97.68 mm

### **DESIGN FOR SHEAR + TORSION (P/T):**

Max.V-Comb.: 00221

Minimum Shear Reinforcement	asw,min =	1.84 cm2/m			
V0d =	32.82 kN	red.V0d =	32.82 kN	Ap+As =	7.96 cm2
VEd =	32.82 kN	cot.t =	1.00	z =	68.2 cm
VRdc =	82.65 kN	VRdmax =	950.10 kN	asw =	0.44 cm2/m

Web		Ak =	1399.00 cm2	asw =	0.44 cm2/m
TSd =	6.56 kNm	Uk =	226.44 kNm	ast =	0.22 cm2/m
TRdmax =	133.18 kNm	cot.t =	1.00	Asl =	3.05 cm2
IAB.V+T =	0.08				

Ac = 2050 cm2

Ai = 2127 cm2

Ji = 1229577 cm4

Cross Sectional Area Without Topping

Zit = -31.34 cm Wit = -39234.4 cm3

Zib = 48.66 cm Wib = 25268.3 cm3

### **STRESSES sig(N/mm2)**

State of Uncracked or Cracked Section:

LC	N(kN)	M(kNm)	sig.cb	sig.ct	sig.p	sig.s
Po	-627.9	-251.3	-12.59	3.37	1039.1a	19.0
1 G1	0.0	90.7	3.59	-2.31	17.5a	18.8
KS:To-1	85.8	34.8	2.31	-0.39	-152.7a	12.4
3 G3	0.0	176.1	6.97	-4.49	34.0a	36.6
KS:T1-oo	106.1	43.0	2.39	0.19	-189.1a	13.1
4 S1	0.0	105.3	4.17	-2.68	20.4a	21.9
5 W	0.0	29.7	1.18	-0.76	5.8a	6.2
Po+G1			-9.00	1.05	1060.9b	3.1
P1+G1-3			0.28	-3.82	938.8a	0.4
Quasi-Permanent	min (I)		2.67	-3.63	749.7a	13.5
Quasi-Permanent	max (I)		2.67	-3.63	749.7a	13.5
Frequent	min (I)		2.67	-3.63	749.7a	13.5
Frequent	max (I)		3.50	-4.16	753.7a	17.8
Rare	min (I)		2.67	-3.63	749.7a	13.5
Rare	max (I)		7.54	-6.77	773.5a	39.0
	max(II)		0.00	-6.41	1043.7a	9.1

### **Verifications of Concrete comp. stresses**

**in Precast Element**

Too (qu.-perm) : sig.c <= 0.45\*fck -3.63 <= -18.00 ( 0.20 )

Too (rare) : sig.c <= 0.6\*fck -6.77 <= -24.00 ( 0.28 )

### **Criteria for consideration of nonlinear creeping:**

T0 (Po+G1) : sig.c >0.45\*fck(T0) -9.00 > -5.56

non-linearity of creeping is considered

**Verifications in Section: 19**

**X(m): 10.264**

**TRANSFER OF PRESTRESS:**

Shear Force F = 372.09 kN

Reinforcement for Splitting Tensile Asw = 4.19 cm<sup>2</sup>**Verification of Fire Resistance:****DIN EN 1992-1-2**

Fire Resistance Class Default: R 60 X(m): 5.950

Adjustment of Distances Between Axes a for the Critical Temperature crit.T:

MSdfi = 287.90 kNm Req.Z = 798.97 kN crit.Ts = 598.1 del.as = -1.0 cm

MSd = 544.98 kNm Exi.Z = 1006.01 kN crit.Tp = 432.3 del.ap = -0.8 cm

Prestressed Wires/Strands: Dimension Adjustment del.ap = 1.5 cm

Minimum Dimensions

Req.

Exi.

Web Table 5.5:

Web Thickness

bw : 10.0 cm &lt; 16.0

Beam Width

bmin : 16.5 cm 16.5 at Reinforcing

Distance Between Axes

am : 3.4 cm &lt; 5.1 Total Tensile Reinf.

Distance Between Axes

am/2 : 1.7 cm &lt; 4.2 Individual Bar

**Verification of Anchorage:**(Perm. Long. Tensile Strength of Concrete fctk005 = 2.45 N/mm<sup>2</sup>)

Layer	X(m)	lr(m)	lpt2(m) lbpd (m)	sig.cb(N/mm <sup>2</sup> )		Req.Z(kN)	Exi.Z(kN)
a	0.00	lr	> 1.77	0.00	2.43	471.51	768.44
			2.58			0.00	0.00
	11.90	1.55	< 1.77	2.79	0.00	431.25	722.63
			2.45			0.00	0.00

**Relevant Longitudinal Stresses (SLS) sig(N/mm<sup>2</sup>):****limiting values Prestr. Steel St1670/1860**

Layer of Prestr. 0.80 \* fpk 0.80 \* 1860 sig.pmax &lt; 1488.00

Layer of Prestr. 0.90 \* fp01k 0.90 \* 1670 sig.pmax &lt; 1503.00

T = T0 0.75 \* fpk 0.75 \* 1860 sig.pm0 &lt; 1395.00

T = T0 0.85 \* fp01k 0.85 \* 1670 sig.pm0 &lt; 1395.00

Quasi-Permanent Combinat. 0.65 \* fpk 0.65 \* 1860 sig.pm &lt; 1209.00

**limiting values Reinforcing Steel S500**

Rare Combination 0.80 \* fyk 0.80 \* 500.0 sig.s &lt; 400.00

**limiting values Concrete C40/50**

at Time T0 (P0+G1) 0.45 \* fck(T0) 0.45 \* 12.3 sig.cT0 &lt; -5.56

Rare Combination 0.60 \* fck 0.60 \* 40.0 sig.cToo &lt; -24.00

Quasi-Permanent Combinat. 0.45 \* fck 0.45 \* 40.0 sig.cToo &lt; -18.00

Section	X(m)	Quasi-Permanent		Rare Combination		sig.p	sig.s
		sig.ct	sig.p	sig.ct	s_ig.tt		
		sig.cb	IAB.cToo	sig.cb	sig.tb		IAB.cToo
1	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
2	0.38	0.16	178.69	0.16		256.72	2.77
		-2.48	0.02	-2.48			0.02
3	0.76	0.13	347.31	-0.25		506.10	4.06
		-4.99	0.06	-4.99			0.05
4	1.19	0.05	521.06	-0.83		779.33	6.52
		-7.87	0.10	-7.87			0.08
5	1.64	-0.26	673.20	-1.52		1052.81	9.20
		<b>-10.89</b>	0.13	<b>-10.89</b>			0.09
6	2.38	-1.29	697.01	-3.13		1055.37	10.44
		-10.30	0.07	-10.30			0.13
7	3.20	-2.44	720.94	-4.99		1057.64	23.90
		-9.77	0.13	-9.77			0.20
8	3.20	-2.44	720.94	-4.99		1057.64	23.90
		-9.77	0.13	-9.77			0.20
9	3.57	-2.67	726.52	-5.22		1058.47	26.25

Section	X(m)	Quasi-Permanent		Rare Combination		sig.p	sig.s
		sig.ct sig.cb	sig.p IAB.cToo	sig.ct sig.cb	s_ig.tt sig.tb		
10	4.76	-9.58 -3.33	0.14 740.76	-9.58 -6.03		1060.32	0.21 33.14
11	5.95	-9.15 -3.82	0.18 749.67	-9.15 -6.77		<b>1060.94</b>	0.25 39.02
12	6.10	-9.00 <b>-3.87</b>	0.20 <b>750.37</b>	-9.00 <b>-6.85</b>		<b>1060.93</b>	0.28 <b>39.66</b>
13	6.10	-9.01 <b>-3.87</b>	<b>0.20</b> <b>750.37</b>	-9.01 <b>-6.85</b>		<b>1060.93</b>	<b>0.29</b> <b>39.66</b>
14	7.14	-9.01 -3.37	<b>0.20</b> 741.43	-9.01 -6.10		1060.32	<b>0.29</b> 33.72
15	8.33	-9.15 -2.65	0.18 726.13	-9.15 -5.20		1058.47	0.25 25.94
16	9.00	-9.58 -2.18	0.14 715.12	-9.58 -4.75		1056.88	0.21 21.18
17	9.00	-9.95 -2.18	0.12 715.12	-9.95 -4.75		1056.88	0.19 21.18
18	9.52	-9.95 -1.41	0.12 699.09	-9.95 -3.35		1055.37	0.19 12.19
19	10.26	-10.30 -0.34	0.08 674.57	-10.30 -1.67		1052.81	0.14 9.20
20	10.71	<b>-10.89</b> -0.02	0.12 521.81	<b>-10.89</b> -0.94		779.33	0.09 6.52
21	11.14	-7.87 0.08	0.10 347.61	-7.87 -0.32		506.10	0.07 4.06
22	11.52	-4.99 0.14	0.06 178.76	-4.99 0.14		256.72	0.05 2.67
23	11.90	-2.48 0.00	0.02 0.00	-2.48 0.00		0.00	0.02 0.00
		0.00	0.00	0.00			0.00

**Crack Widths wkb,wkt**

Exposure Class 1 Frequent DS  
Exposure Class 1 Frequent DS

max.wkt = 0.20  
max.wkb = 0.20

Section	X(m)	MSd(kNm)	sig.c	sig.s	Asb (cm2) Ast	wkb (mm) wkt
1	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00
2	0.38	29.63	0.00	0.00	2.36	0.00
3	0.76	58.52	0.00	0.00	2.36	0.00
4	1.19	90.32	0.00	0.00	2.36	0.00
5	1.64	122.34	0.00	0.00	2.36	0.00
6	2.38	173.39	0.00	0.00	2.36	0.00
7	3.20	226.40	0.00	0.00	2.36	0.00
8	3.20	226.40	0.00	0.00	2.36	0.00
9	3.57	236.93	0.00	0.00	2.36	0.00
10	4.76	266.05	0.00	0.00	2.36	0.00
11	5.95	287.90	-7.66	111.80	2.36	0.03
12	6.10	290.14	-7.80	115.91	2.36	0.03
13	6.10	290.14	-7.80	115.91	2.36	0.03
14	7.14	268.04	0.00	0.00	2.36	0.00
15	8.33	235.94	0.00	0.00	2.36	0.00
16	9.00	214.68	0.00	0.00	2.36	0.00
17	9.00	214.68	0.00	0.00	2.36	0.00
18	9.52	179.35	0.00	0.00	2.36	0.00
19	10.26	126.44	0.00	0.00	2.36	0.00
20	10.71	93.31	0.00	0.00	2.36	0.00
21	11.14	60.43	0.00	0.00	2.36	0.00
22	11.52	30.58	0.00	0.00	2.36	0.00
23	11.90	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00



**Relevant Deflections:**

k.I, k.II(1/km): Curvature (Uncracked and Cracked Section)  
 eff.k (1/km): Effective Curvature for beta.1 =1.0, beta.2 =0.5

Deflections at the Time To Under P0 + G1 :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	34.26	0.0000			0.0
2	0.38	-47.14	-90.57	-0.1375			-0.1
3	0.76	-95.02	-118.27	-0.2772			-0.2
4	1.19	-150.10	-149.61	-0.4380			-0.3
5	1.64	-208.28	-182.15	-0.6080	-0.7037	-0.6671	-0.4
6	2.38	-193.26	-182.15	-0.5628	-0.5836	-0.5744	-0.6
7	3.20	-179.98	-182.15	-0.5229			-0.7
8	3.20	-179.98	-182.15	-0.5229			-0.7
9	3.57	-175.11	-182.15	-0.5083			-0.7
10	4.76	-164.23	-182.15	-0.4755			-0.8
11	5.95	-160.60	-182.15	-0.4646			<b>-0.9</b>
12	6.10	-160.66	-182.15	-0.4648			<b>-0.9</b>
13	6.10	-160.66	-182.15	-0.4648			<b>-0.9</b>
14	7.14	-164.23	-182.15	-0.4755			-0.8
15	8.33	-175.11	-182.15	-0.5083			-0.7
16	9.00	-184.44	-182.15	-0.5363	-0.5217	-0.5288	-0.7
17	9.00	-184.44	-182.15	-0.5363	-0.5217	-0.5288	-0.7
18	9.52	-193.26	-182.15	-0.5628	-0.5836	-0.5744	-0.6
19	10.26	-208.28	-182.15	-0.6080	-0.7037	-0.6671	-0.4
20	10.71	-150.10	-149.61	-0.4380			-0.3
21	11.14	-95.02	-118.27	-0.2772			-0.2
22	11.52	-47.14	-90.57	-0.1375			-0.1
23	11.90	0.00	34.26	0.0000			0.0

Rotations at Bearings alpha(arc) Left: -0.00275 Right: 0.00275

Deflections at the Time T11 Under P0 + G1 + (K+S).1 :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	70.71	0.6715			0.0
2	0.38	-19.50	-157.47	-0.2472			-0.2
3	0.76	-65.84	-185.17	-0.4610			-0.4
4	1.19	-117.17	-216.51	-0.7903			-0.6
5	1.64	-168.11	-249.05	-1.2745			-0.8
6	2.38	-154.96	-249.05	-1.1322			-1.1
7	3.20	-143.19	-249.05	-1.0142			-1.3
8	3.20	-143.19	-249.05	-1.0142			-1.3
9	3.57	-138.85	-249.05	-0.9730			-1.4
10	4.76	-129.08	-249.05	-0.8829			-1.6
11	5.95	-125.80	-249.05	-0.8541			<b>-1.7</b>
12	6.10	-125.85	-249.05	-0.8548			<b>-1.7</b>
13	6.10	-125.85	-249.05	-0.8548			<b>-1.7</b>
14	7.14	-129.08	-249.05	-0.8830			-1.6
15	8.33	-138.85	-249.05	-0.9730			-1.4
16	9.00	-147.16	-249.05	-1.0528			-1.2
17	9.00	-147.16	-249.05	-1.0528			-1.2
18	9.52	-154.96	-249.05	-1.1322			-1.1
19	10.26	-168.11	-249.05	-1.2745			-0.8
20	10.71	-117.17	-216.51	-0.7903			-0.6
21	11.14	-65.84	-185.17	-0.4609			-0.4
22	11.52	-19.50	-157.47	-0.2471			-0.2
23	11.90	0.00	70.71	0.6715			0.0

Rotations at Bearings alpha(arc) Left: -0.00506 Right: 0.00506



Deflections at the Time Too Under P0 + G1-3 + (K+S) + psi2\*max.Q :

Section	X(m)	M(kNm)	Mr(kNm)	k.I	k.II	eff.k	w(cm)
1	0.00	0.00	74.82	1.9307			0.0
2	0.38	46.25	145.17	-0.3412			-0.1
3	0.76	16.73	134.44	-0.5366			-0.2
4	1.19	-16.08	119.26	-0.8345			-0.4
5	1.64	-48.73	97.08	-1.2626			-0.5
6	2.38	-5.04	102.70	-0.9015			-0.6
7	3.20	40.41	108.02	-0.5495			-0.7
8	3.20	40.41	108.02	-0.5495			-0.7
9	3.57	49.50	109.30	-0.4669			-0.7
10	4.76	74.62	112.54	-0.2561			<b>-0.8</b>
11	5.95	93.37	114.33	-0.1258			<b>-0.8</b>
12	6.10	95.29	114.61	-0.1154			<b>-0.8</b>
13	6.10	95.29	114.61	-0.1154			<b>-0.8</b>
14	7.14	76.32	112.69	-0.2463			-0.8
15	8.33	48.66	109.37	-0.4722			-0.7
16	9.00	30.31	106.50	-0.6358			-0.7
17	9.00	30.31	106.50	-0.6358			-0.7
18	9.52	0.05	103.07	-0.8714			-0.6
19	10.26	-45.23	97.28	-1.2418			-0.5
20	10.71	-13.54	119.32	-0.8191			-0.4
21	11.14	18.35	134.49	-0.5268			-0.2
22	11.52	47.06	145.18	-0.3362			-0.1
23	11.90	0.00	74.82	1.9307			0.0

Rotations at Bearings alpha(arc)

Left: -0.00285

Right: 0.00281

**Required Longitudinal Reinforcement:**

(Prestr. Steel Ap + Reinforcing Steel Asb, Ast)

Section	X(m)	MSd(kNm)	eps.c	eps.s	Z(kN)	Ap(cm2)	Asb(cm2)	Ast
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.38	54.60	-0.72	23.48	77.16	0.48	0.63m	0.00
3	0.76	108.20	-1.06	23.46	153.67	0.96	0.65m	0.00
4	1.19	167.65	-1.38	23.44	239.23	1.49	0.66m	0.00
5	1.64	228.01	-1.62	23.42	327.16	2.04	0.67m	0.00
6	2.38	325.50	-2.00	23.40	470.31	2.93	0.69m	0.00
7	3.20	428.56	-2.41	23.38	623.50	3.89	0.71m	0.00
8	3.20	428.56	-2.41	23.38	623.50	3.89	0.71m	0.00
9	3.57	447.27	-2.49	23.37	651.53	4.06	0.71m	0.00
10	4.76	501.03	-2.71	23.36	732.42	4.56	0.72m	0.00
11	5.95	544.98	-2.90	23.35	798.97	4.98	0.72m	0.00
12	6.10	549.83	-2.92	23.35	<b>806.33</b>	5.03	0.72m	0.00
13	6.10	549.83	-2.92	23.35	<b>806.33</b>	5.03	0.72m	0.00
14	7.14	505.29	-2.73	23.36	738.85	4.61	0.72m	0.00
15	8.33	445.14	-2.48	23.37	648.33	4.04	0.71m	0.00
16	9.00	406.97	-2.33	23.38	591.25	3.68	0.70m	0.00
17	9.00	406.97	-2.33	23.38	591.25	3.68	0.70m	0.00
18	9.52	338.28	-2.05	23.40	489.20	3.05	0.69m	0.00
19	10.26	236.80	-1.66	23.42	340.00	2.12	0.67m	0.00
20	10.71	174.04	-1.41	23.44	248.50	1.55	0.66m	0.00
21	11.14	112.28	-1.09	23.46	159.52	0.99	0.65m	0.00
22	11.52	56.64	-0.74	23.48	80.06	0.50	0.63m	0.00
23	11.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

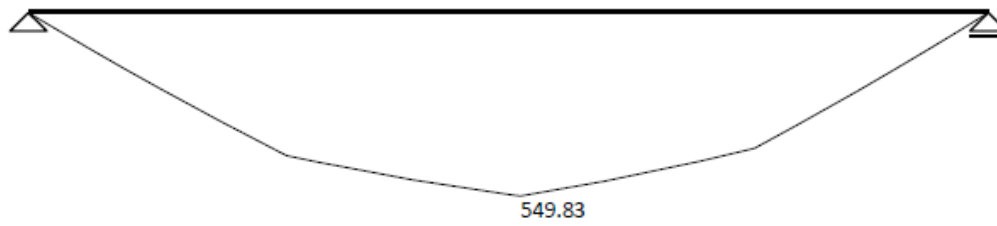
**Req. shear reinforcement for Beams + Torsional Reinforcement ast, Asl:**

Tensile Strength of Concrete  $f_{ctd} = 1.39 \text{ N/mm}^2$  Predominantly Static Loading  
 Torsion: S: Web Reinforcement Due to V:  $asw(\text{cm}^2/\text{m})$  2-shear  
 Distribution of TE<sub>d</sub>: O: Upper Flange T:  $ast(\text{cm}^2/\text{m})$  1-shear  
 U: Lower Flange T:  $Asl(\text{cm}^2)$  Circle  
 Distance Between Border and Center Line  $t/2$  Horizontal: 3.0 cm, Vertical: 3.0 cm  
 Interaction T+V  $IAB = (TE_d/TR_{dmax})^{**2} + (VE_d/VR_{dmax})^{**2}$   
 m: Nominal Reinforcement, i: n.NCI Zu 9.3.2 (2), p:  $b/h \geq 5$  Slab  
 VE<sub>d</sub>\*: red. Querkraft inf. auflagermaher Concentrated Load, z\*: red. Hebelarm

Section	X(m)	V <sub>0d</sub> (kN)	VE <sub>d</sub> (kN) TS <sub>d</sub> (kNm)	z(cm)	cot(V) cot(T)	VR <sub>dmax</sub> TR <sub>dmax</sub>	VR <sub>d</sub> Asl	Z.	asw ast
1	0.00	145.00	139.74	64.3	1.59	808.06			
	S		20.77		1.59	86.43	6.56		1.49
2	0.38	142.37	139.74	70.8	1.79	839.99	192.30	1	2.59
	S		20.77		1.79	113.50	6.91		0.96
3	0.76	139.74	139.74	70.4	1.79	835.04	190.29	1	2.55
	S		20.77		1.79	113.40	6.92		0.95
4	1.19	136.76	136.76	69.3*	1.79	823.11	79.65	2	2.54
	S		20.77		1.79	113.57	6.90		0.96
5	1.64	133.67	133.67	69.3*	1.79	820.79	80.79	2	2.47
	S		20.77		1.79	113.25	6.94		0.95
6	2.38	128.53	128.53	69.2	1.81	816.07	81.39	2	2.36
	S		20.77		1.81	112.75	7.00		0.94
7	3.20	122.86	122.86	68.7	1.82	807.48	81.96	2	2.26
	S		20.77		1.82	112.33	7.05		0.94
8	3.20	51.85	51.85	68.7	1.00	957.42	81.96	2	1.84 m
	S		6.56		1.00	133.18	3.05		0.00
9	3.57	49.29	49.29	68.7	1.00	956.23	82.10	2	1.84 m
	S		6.56		1.00	133.18	3.05		0.00
10	4.76	41.05	41.05	68.4	1.00	952.84	82.45	2	1.84 m
	S		6.56		1.00	133.18	3.05		0.00
11	5.95	32.82	32.82	68.2	1.00	950.10	82.65	2	1.84 m
	S		6.56		1.00	133.18	3.05		0.00
12	6.10	32.05	32.05	68.2	1.00	949.80	82.66	2	1.84 m
	S		6.56		1.00	133.18	3.05		0.00
13	6.10	-39.23	-39.23	68.2	1.00	949.80	82.66	2	1.84 m
	S		-7.64		1.00	133.18	3.55		0.00
14	7.14	-46.42	-46.42	68.4	1.00	952.58	82.47	2	1.84 m
	S		-7.64		1.00	133.18	3.55		0.00
15	8.33	-54.66	-54.66	68.7	1.00	956.36	82.09	2	1.84 m
	S		-7.64		1.00	133.18	3.55		0.00
16	9.00	-59.29	-59.29	68.8	1.08	955.97	81.82	2	1.84 m
	S		-7.64		1.08	132.80	3.55		0.00
17	9.00	-130.30	-130.30	68.8	1.78	819.66	81.82	2	2.45
	S		-21.84		1.78	113.86	7.22		1.01
18	9.52	-133.90	-133.90	69.1	1.77	825.01	81.43	2	2.52
	S		-21.84		1.77	114.08	7.20		1.01
19	10.26	-139.04	-139.04	69.3*	1.76	829.84	80.82	2	2.63
	S		-21.84		1.76	114.50	7.14		1.02
20	10.71	-142.13	-142.13	69.3*	1.75	831.89	79.67	2	2.70
	S		-21.84		1.75	114.78	7.11		1.03
21	11.14	-145.11	-145.11	70.4	1.75	843.74	190.31	1	2.70
	S		-21.84		1.75	114.62	7.13		1.02
22	11.52	-147.74	-145.11	70.7	1.75	848.67	192.31	1	2.74
	S		-21.84		1.75	114.70	7.12		1.03
23	11.90	-150.37	-145.11	64.3	1.57	812.93			
	S		-21.84		1.57	86.95	6.81		1.59

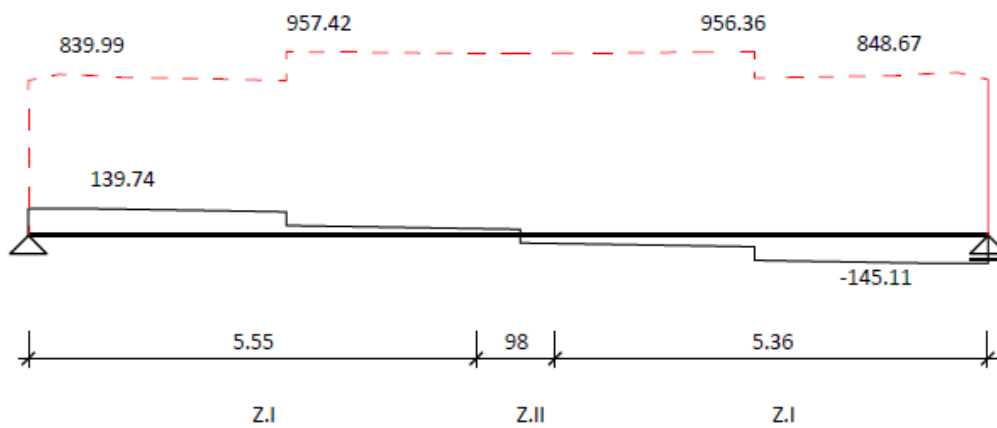
Relevant Moments MSd (kNm)

M 1 : 220



Relevant Shear Forces VEd (kN)

M 1 : 383

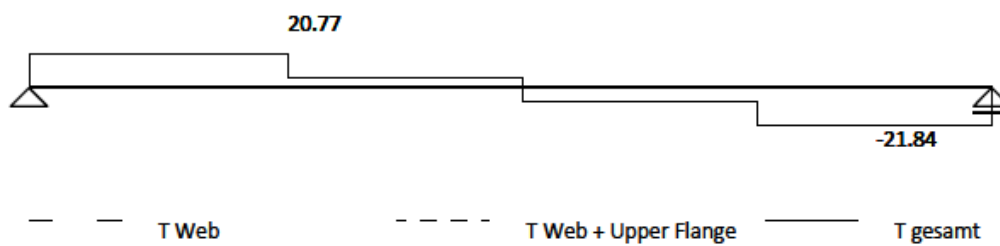


VRdm

VEd

Relevant Torsional Moments TEd(kNm)

M 1 : 44



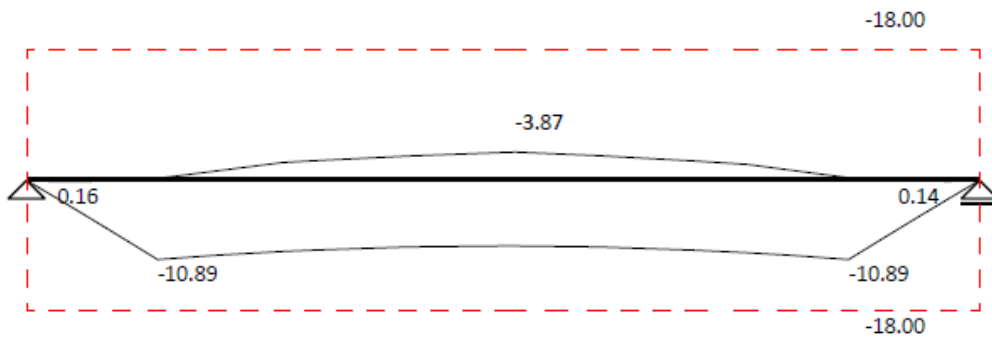
T Web

T Web + Upper Flange

T gesamt

Stresses sig.c (N/mm2) Quasi-Perm. Combination, T oo

M 1 : 10



Stresses sig.c (N/mm2) Rare Combination, T oo

M 1 : 10

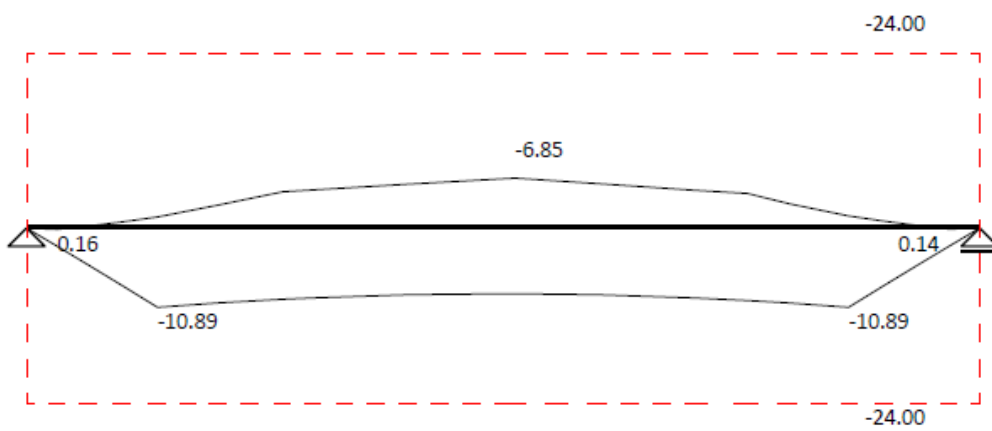
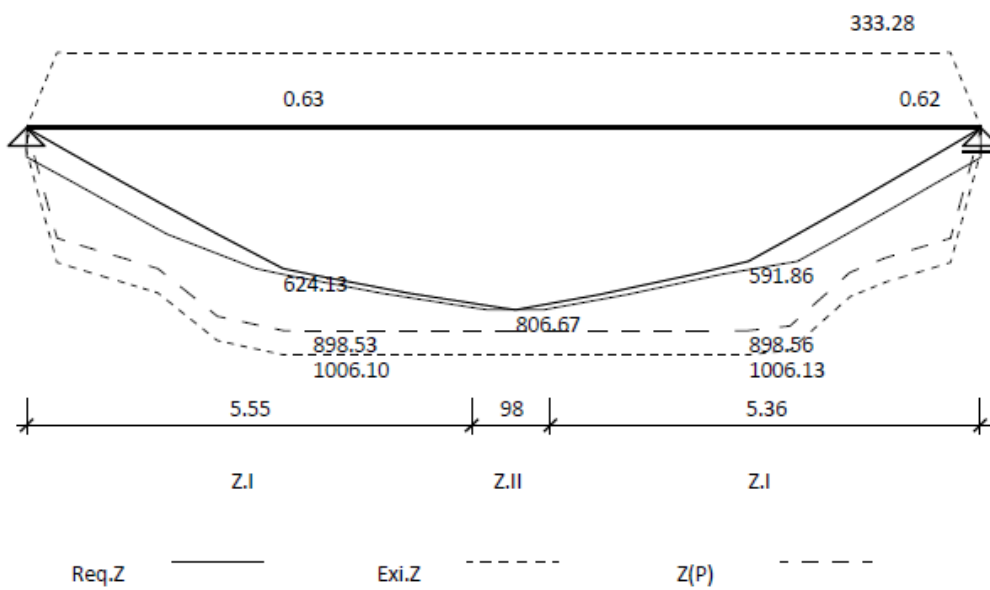


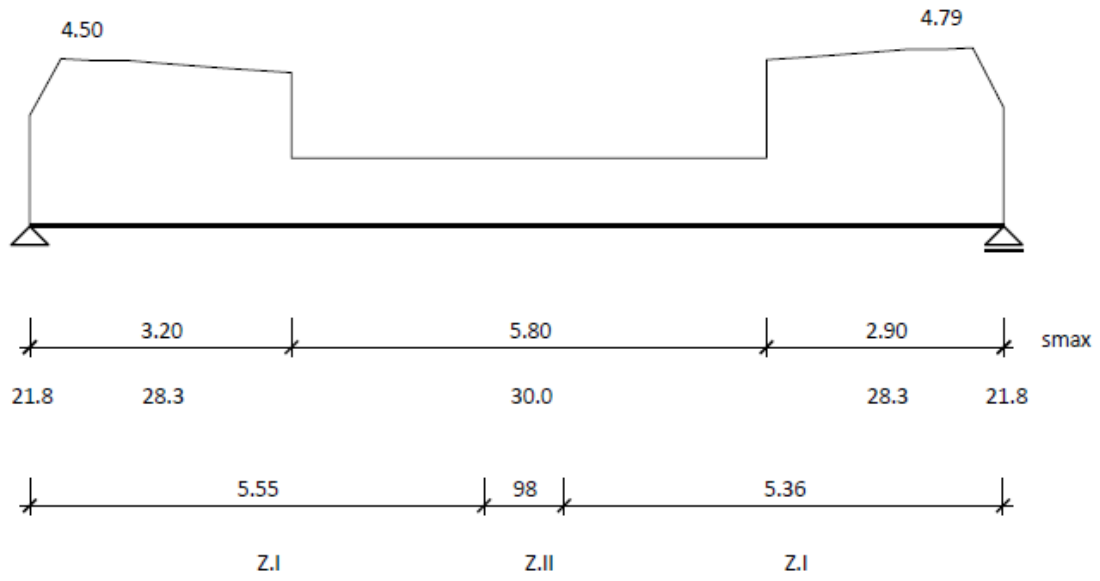
Diagram of Tensile Force Z (kN)

M 1 : 323



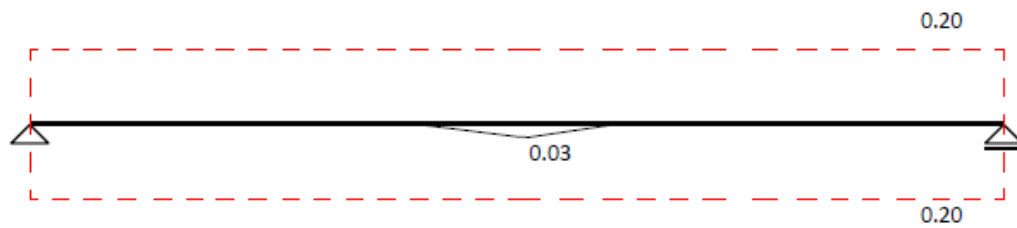
Stirrupbewehrung 2-shear  $a_{sw}+a_{st}$  (cm<sup>2</sup>/m) S 500

M 1 : 2



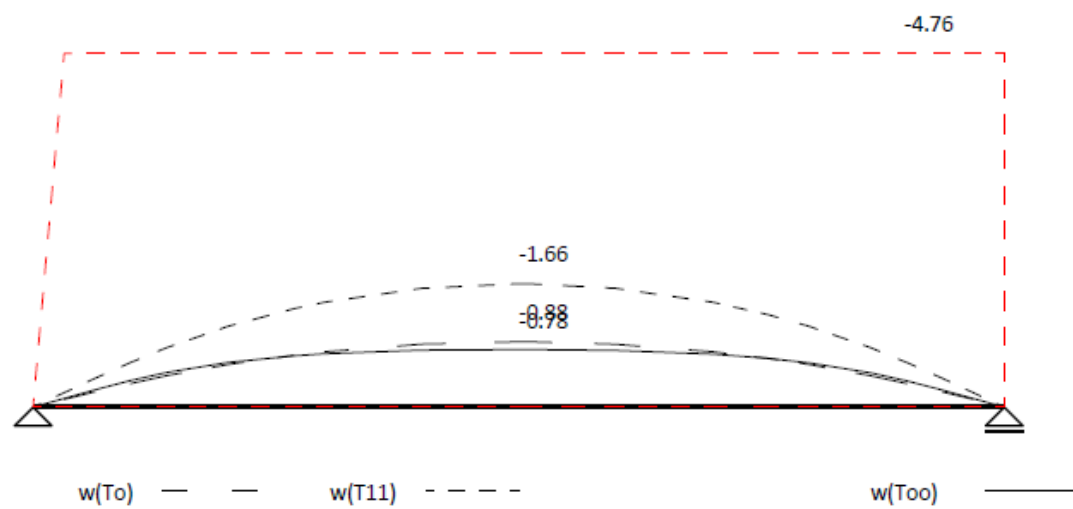
Crack Widths  $w_k$ (mm)

M 1 : .20



Deflections  $W$  (cm)

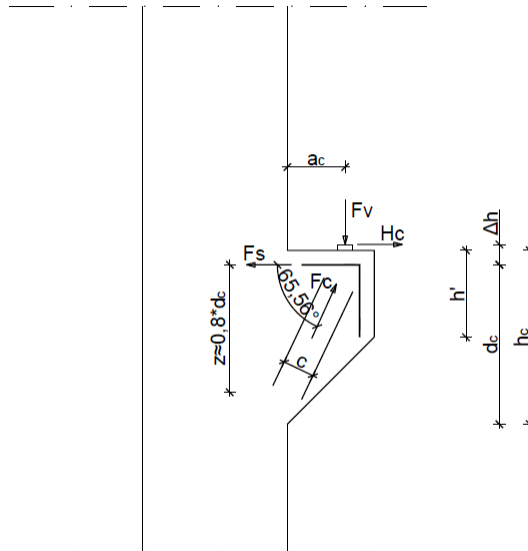
M 1 : 1



## 9.5. Proračun kratke konzole stupa

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67 \text{ MPa}$

Armatura: B 500B;  $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$ ;  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500,0/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$



Slika 9.6 Grafički prikaz konzole stupa

$b = 50 \text{ cm}$  širina konzole

$h_c = 60 \text{ cm}$  ukupna visina

$h' = 30 \text{ cm}$  visina gornjeg pojasa konzole

$a_c = 20,0 \text{ cm}$  položaj vert.sile

$\Delta h = 5 \text{ cm}$  udaljenost hor.sile

$d_c = 55 \text{ cm}$  statička visina

$z = 44 \text{ cm}$  krak sila

$c = 11 \text{ cm}$  širina pirt.bet.dijagonale  $c = 0,2 \cdot d_c$

$\alpha = 65,56^\circ$

$V_{sd} = 269,1 \text{ kN}$  (očitano iz SCIAe)

### 9.5.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

#### Materijal:

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0 \text{ (MPa)}$ ;  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 26,67 \text{ MPa}$

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

### Savijanje oko horizontalne osi:

$$M_{Ed} = 0,15 * V_{Ed} = 0,15 * 269,1 = 40,37 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}} = \frac{40,37 * 100}{50 * 55^2 * 2,67} = 0,01$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{40,37 * 100}{0,981 * 55 * 43,48} = 1,72 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 4Ø14 ( $A_s = 6,15 \text{ cm}^2$ )

### 9.5.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu

Opterećenje:

$$V_{Ed} = 269,1 \text{ kN}$$

Materijal:

Beton: C 40/50;  $f_{ck} = 40,0 \text{ (MPa)}$ ;  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40,0/1,5 = 2,67 \text{ MPa}$

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

Poprečna sila koju presjek može preuzeti bez poprečne armature:

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,603 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,603$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 4Ø14 = 6,16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,16}{2750,0} = 0,00224$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 * 1,603 * (100 * 0,00224 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,0] * 500 * 550$$

$$V_{Rd,c} = 109871 \text{ (N)} = 109,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 269,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * \nu * b_w * d * f_{cd}$$

$$\nu = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40,0}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 500 * 550 * 26,67 = 1848231 \text{ N} = 1848,2 \text{ kN} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 269,1 / 1848,2 = 0,145 \rightarrow V_{Ed} = 0,15 V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min(0,55d; 30,0 \text{ cm}) = \min(0,75 * 55,0; 30,0 \text{ cm}) = 30,0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,00121$$

$$s_w = 10,0 \text{ cm}$$

Potrebna računaska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 10,0 * 50}{2} = 0,3 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone: Ø10/10 ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0,79}{10,0} * (0,9 * 55) * 43,48 * 2 = 340,06 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Postaviti spone Ø10/10 ( $A_{sw} = 0,79 \text{ cm}^2$ )

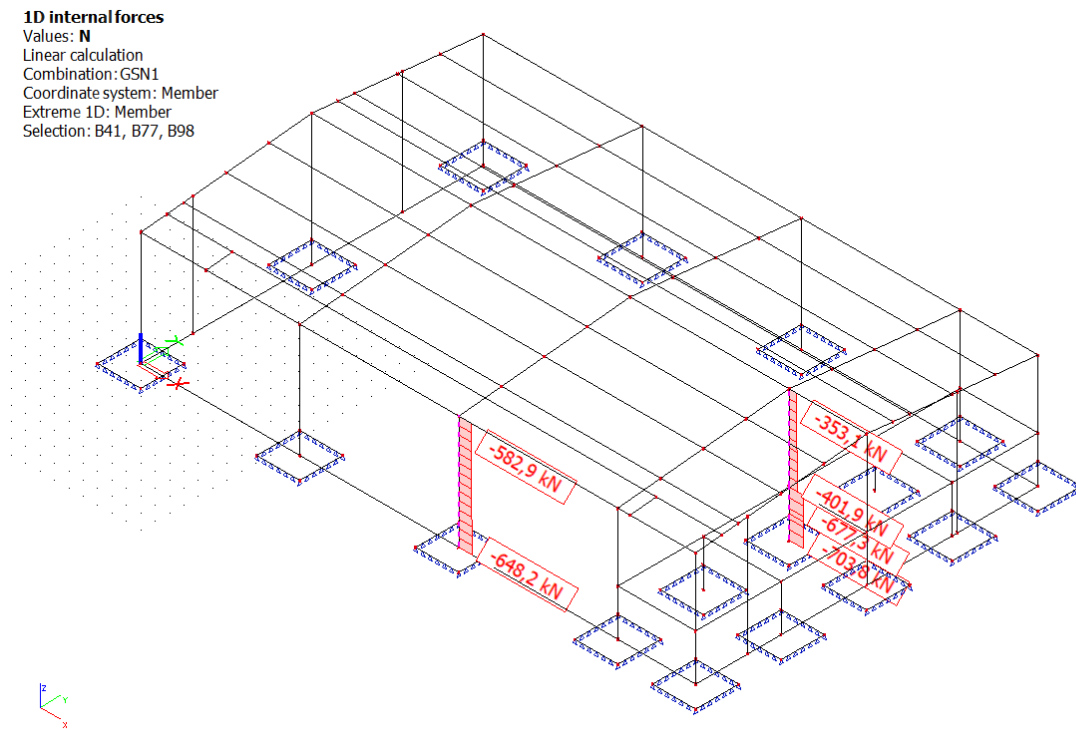


## 9.6. Dimenzioniranje stupova S10 i S2

### 9.6.1. Prikaz reznih sila za stupove S10 i S2

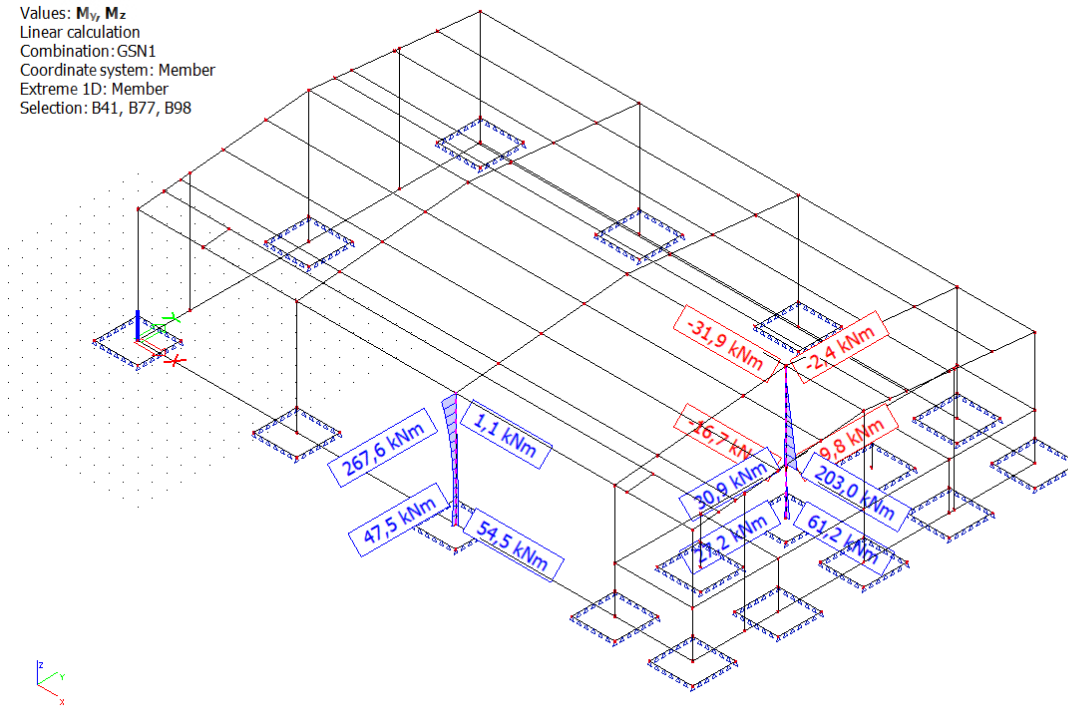
S10 – vanjski stup

S2 – unutarnji stup



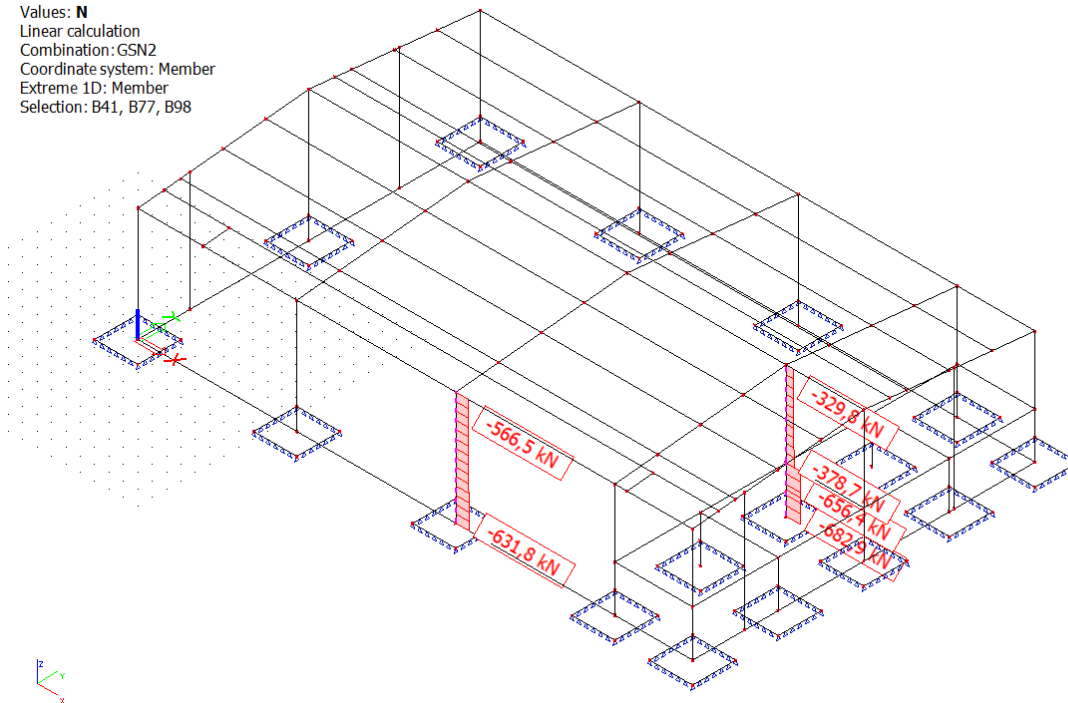
Slika 9.7 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN1

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN1  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



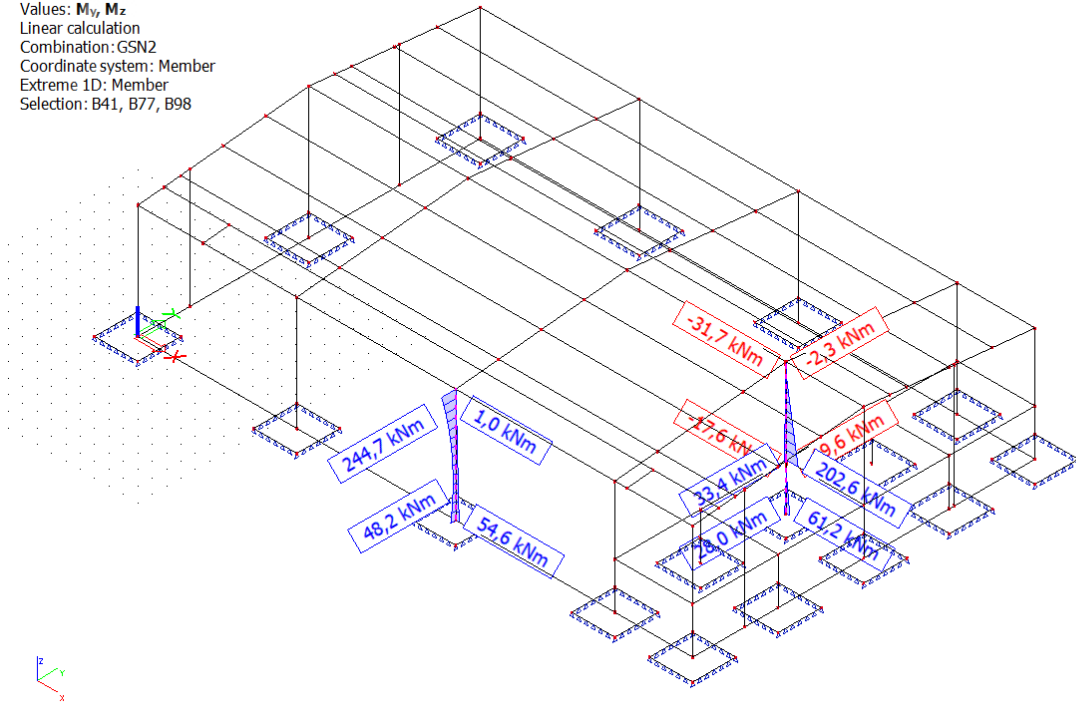
Slika 9.8 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN1

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



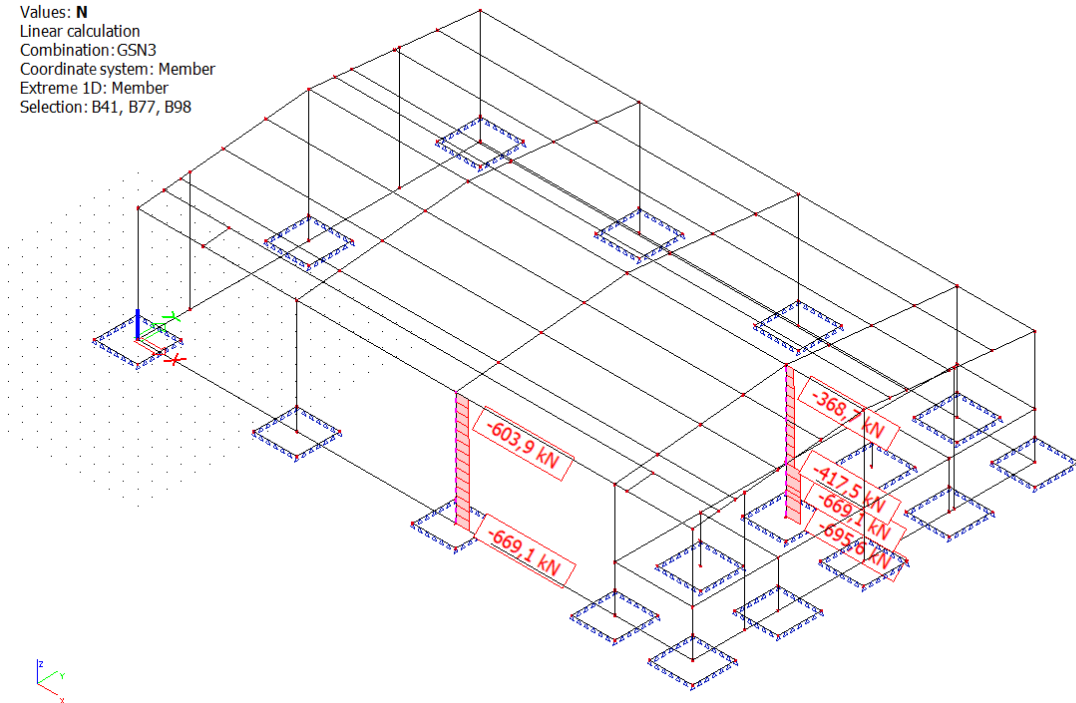
Slika 9.9 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN2

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN2  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



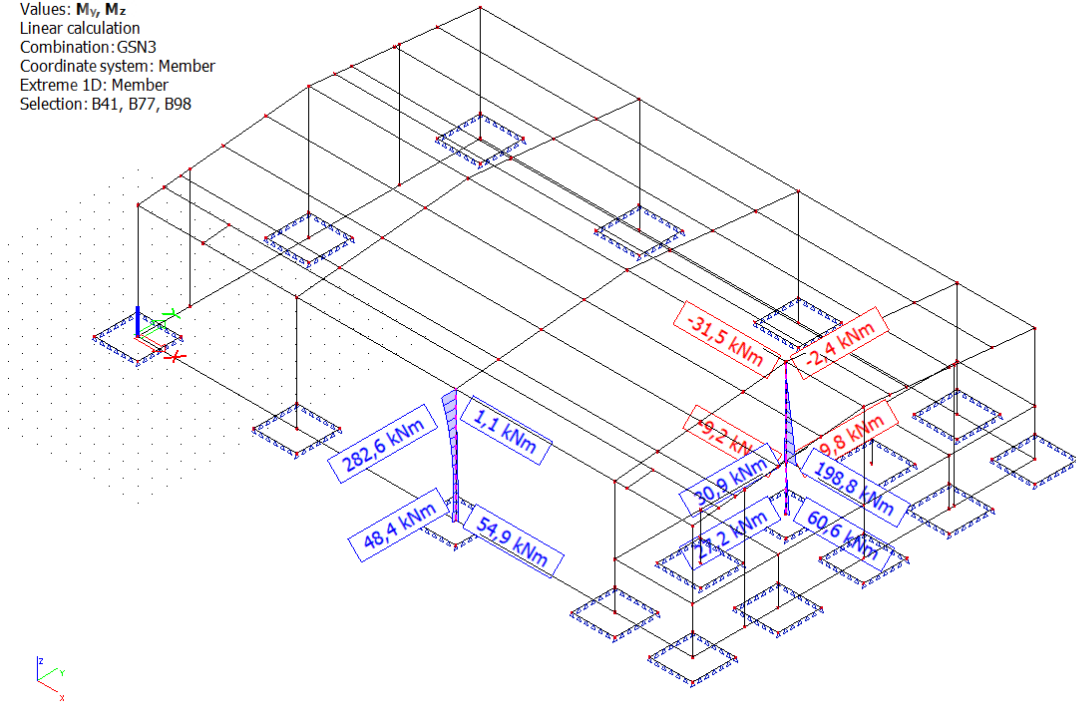
Slika 9.10 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN2

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



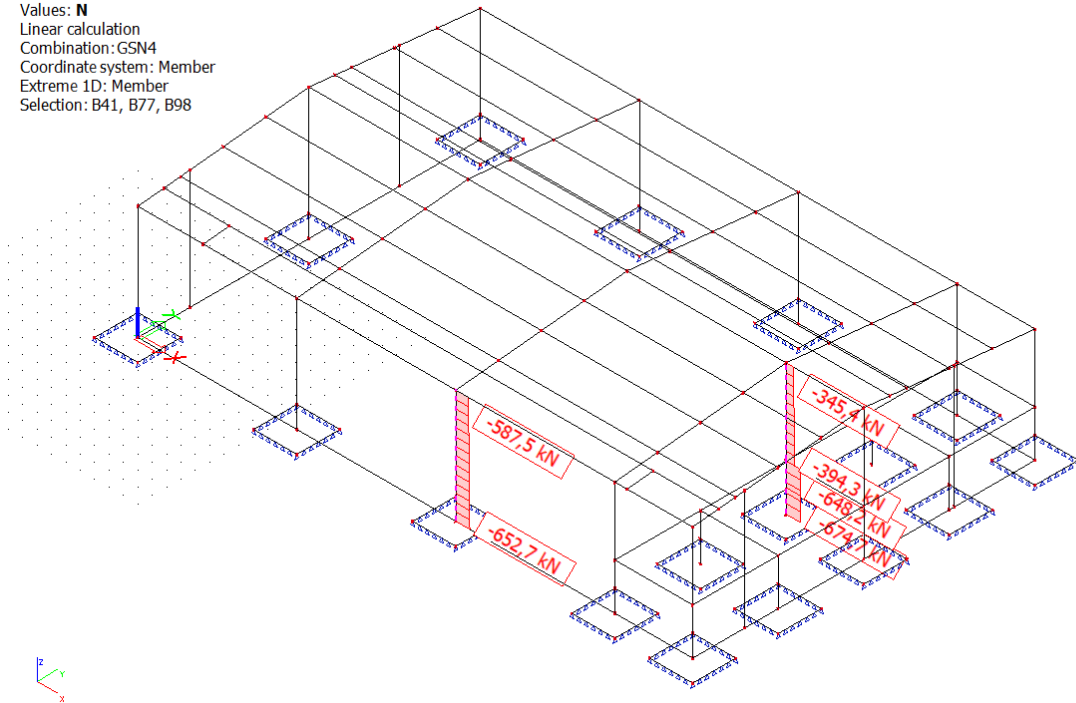
Slika 9.11 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN3

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN3  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



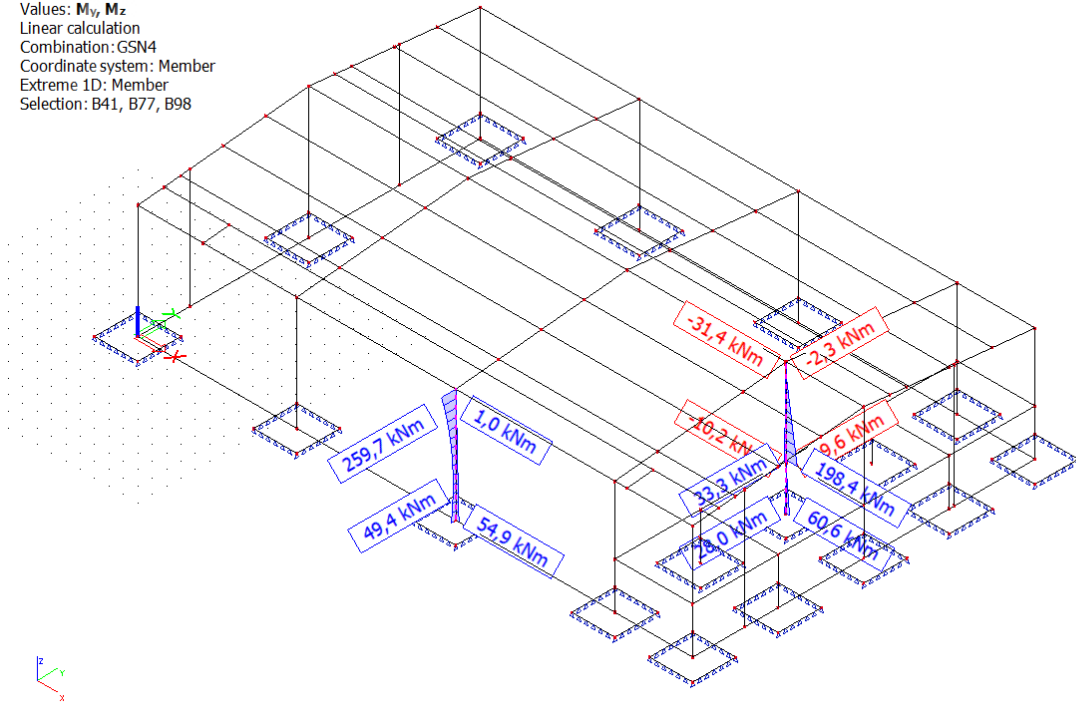
Slika 9.12 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN3

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN4  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



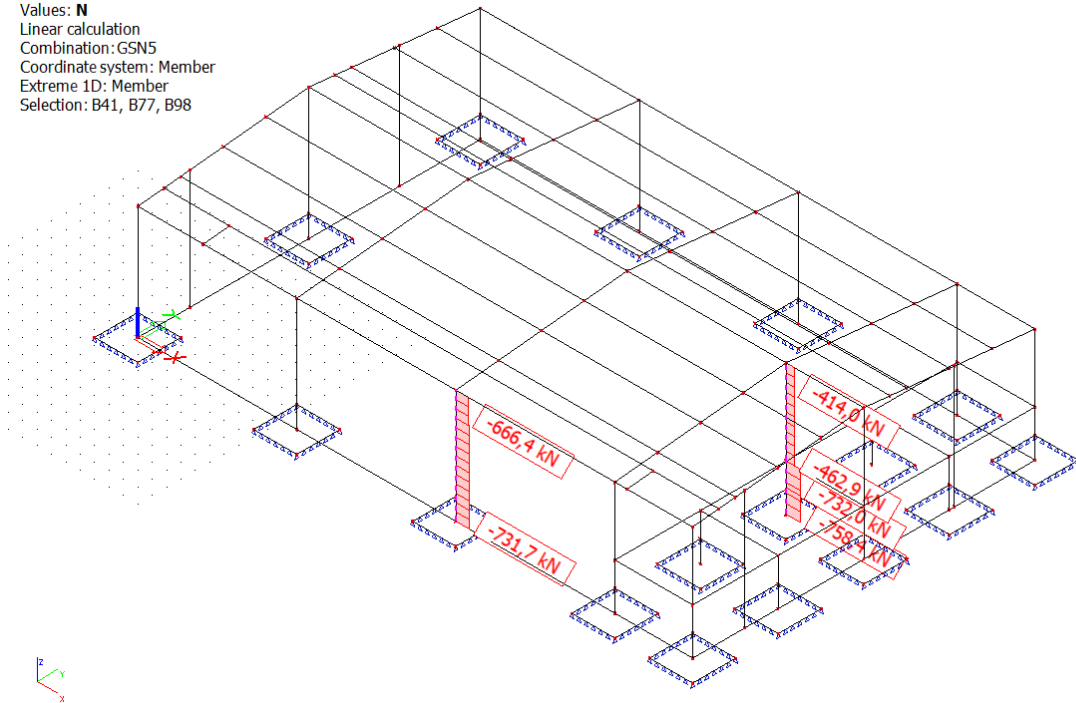
Slika 9.13 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN4

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN4  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



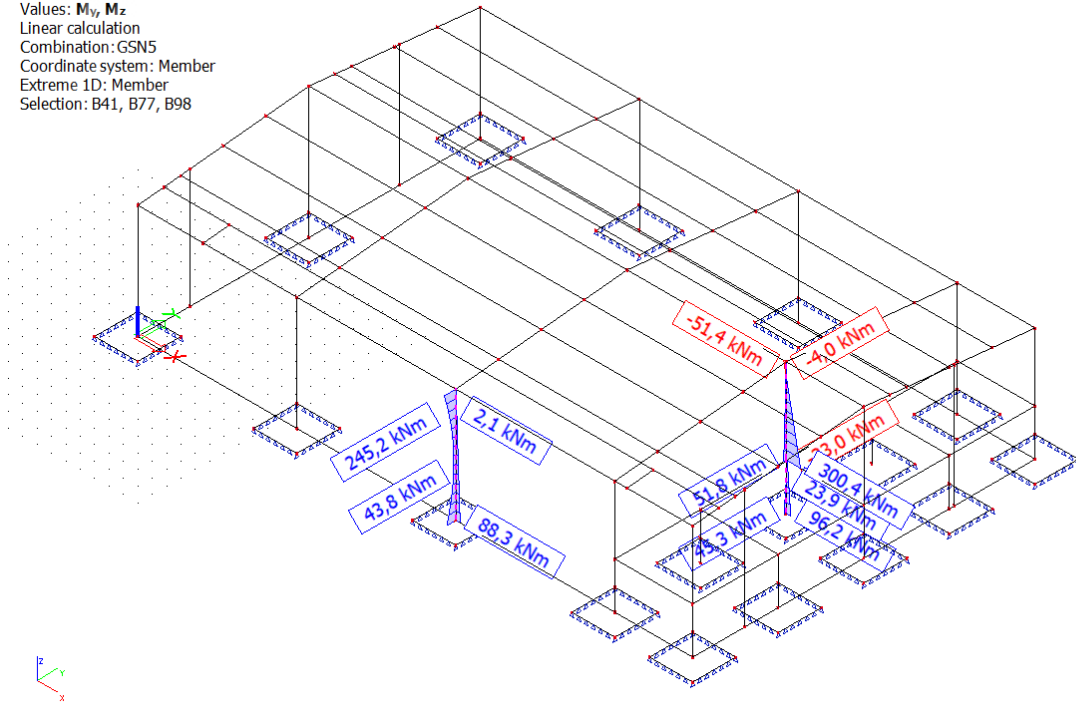
Slika 9.14 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN4

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN5  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



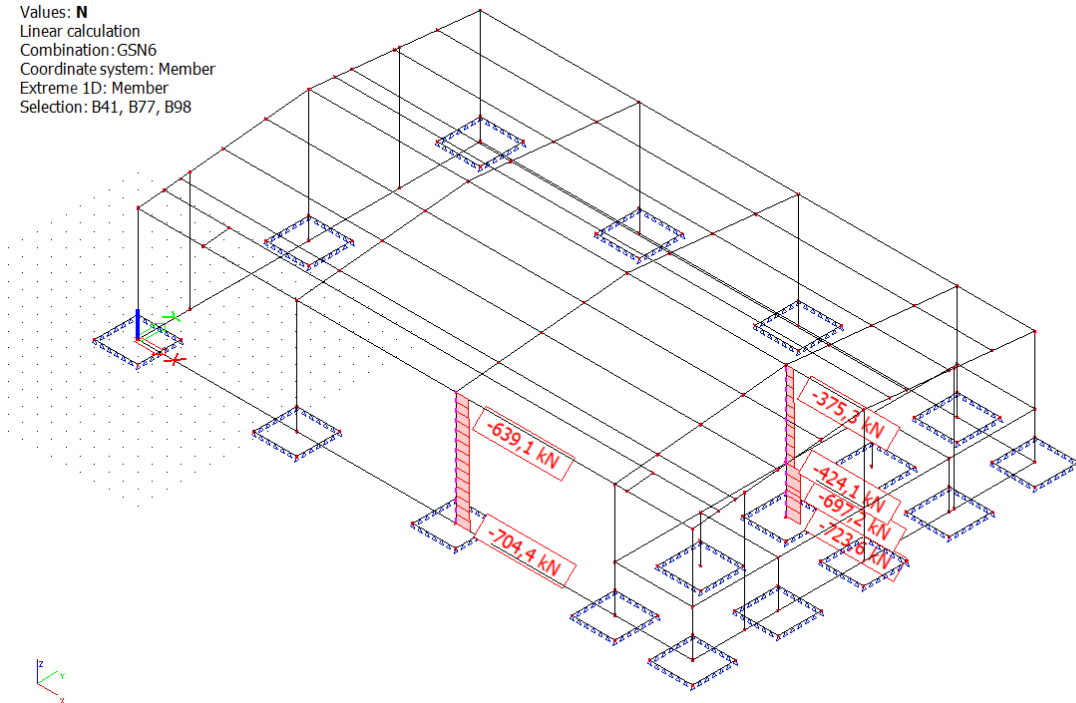
Slika 9.15 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN5

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN5  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



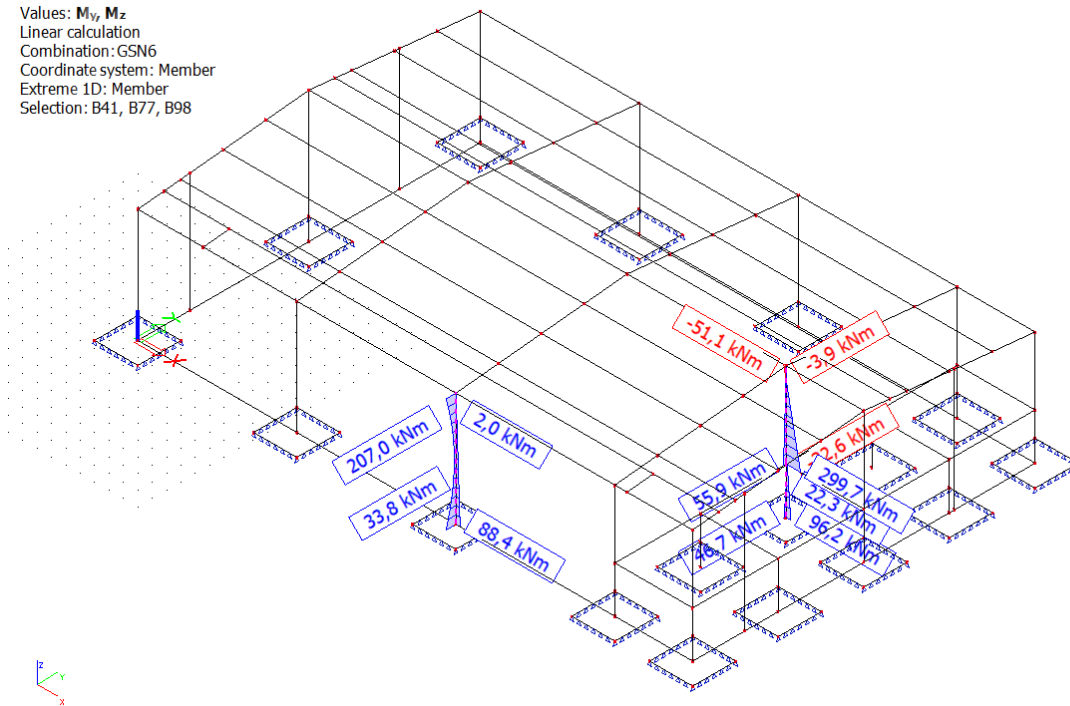
Slika 9.16 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN5

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN6  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



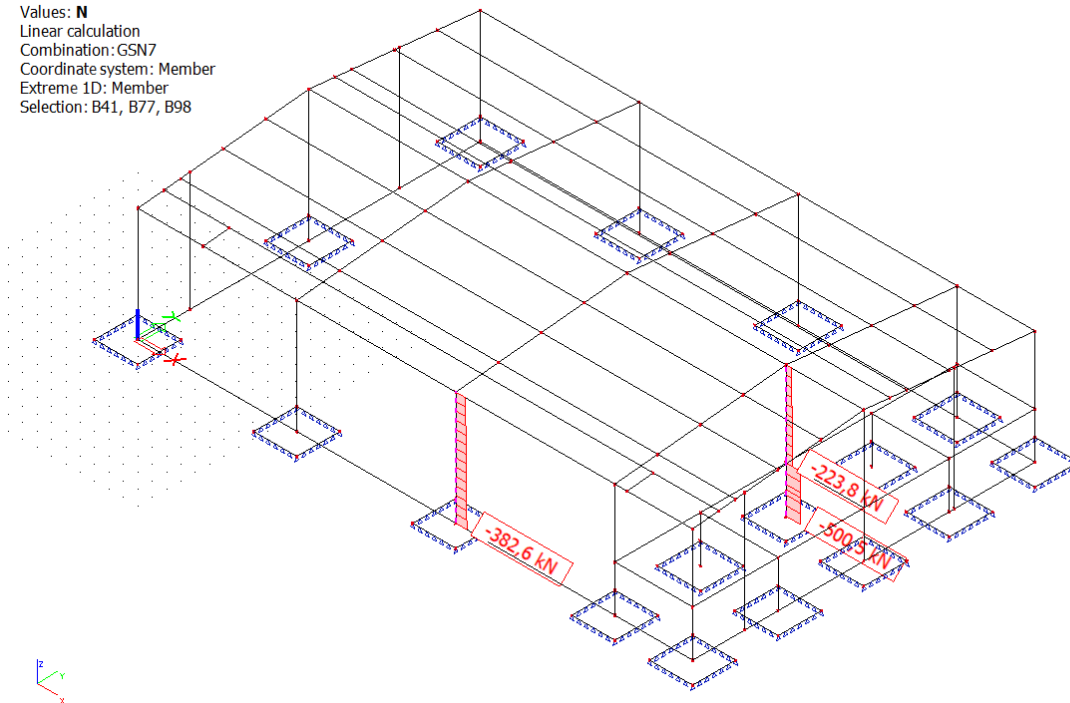
Slika 9.17 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN6

**1D internal forces**  
 Values:  $M_y$ ,  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN6  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



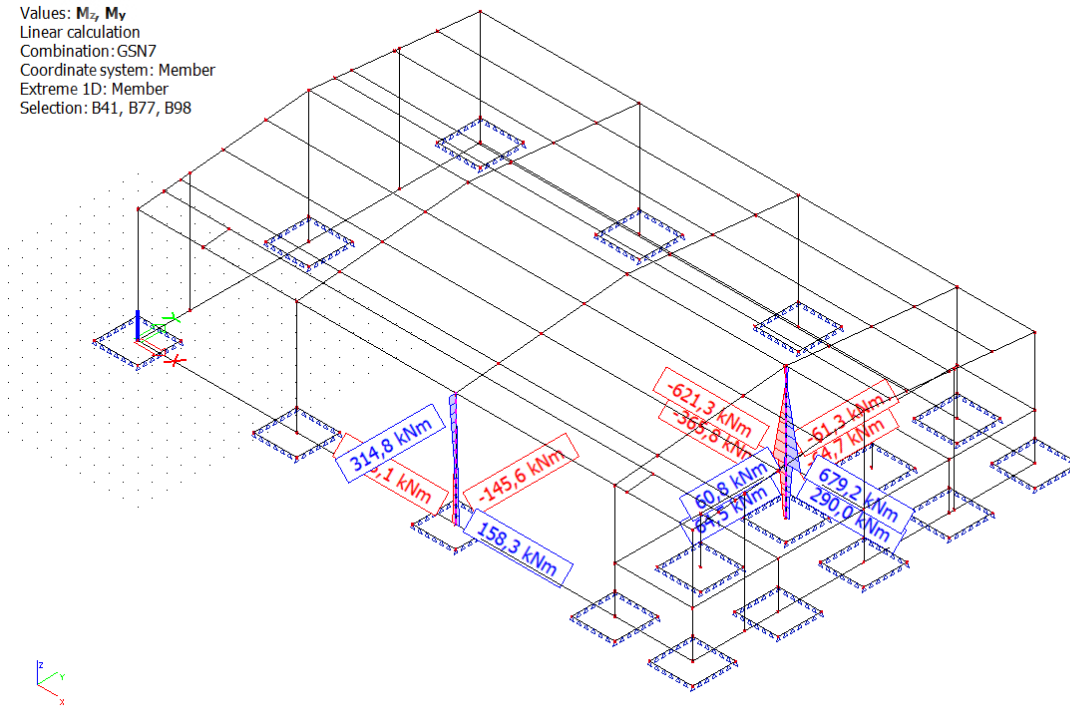
Slika 9.18 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN6

**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN7  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



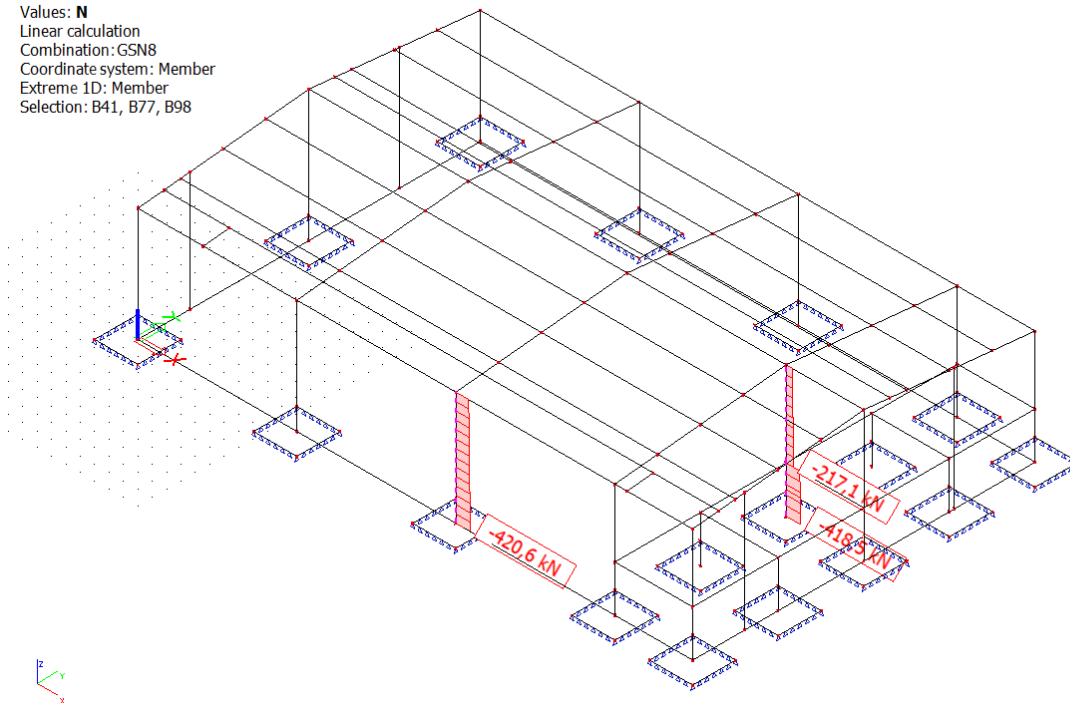
Slika 9.19 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN7

**1D internal forces**  
 Values:  $M_z$ ,  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN7  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



Slika 9.20 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN7

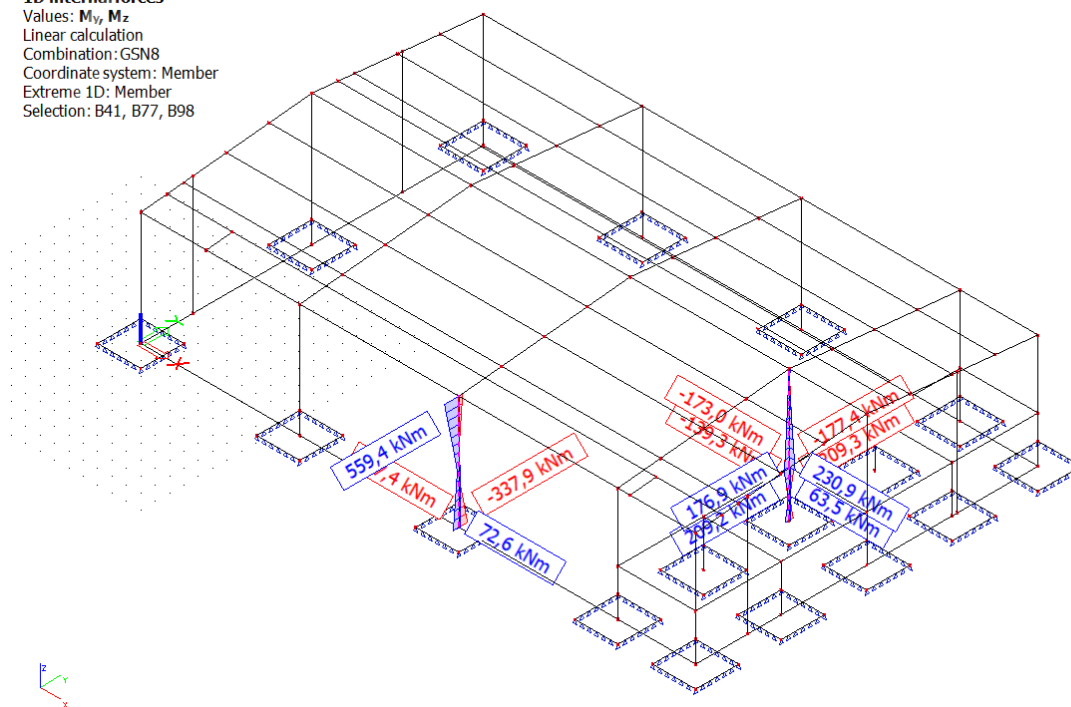
**1D internal forces**  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN8  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



Slika 9.21 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN8



**1D internal forces**  
 Values:  $M_y, M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN8  
 Coordinate system: Member  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: B41, B77, B98



Slika 9.22 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN8

## 9.6.2. Dimenzioniranje stupa S10

### 4.1.2.1. Dimenzioniranje stupa S10 na moment savijanja i uzdužnu silu

-uzimanje u obzir učinaka drugog reda

$$E_{cm} = 9500 * \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 * \sqrt[3]{40 + 8} = 34525,29 \text{ MPa}$$

$$M_{Ed,s} = \psi * M_{Ed}$$

$$E_{\phi} = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{34525,29}{1 + 2} = 11508,43 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,5^4}{12} = 0,0052083 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 * h_{stupa} = 1,4 * 7,9 = 11,06 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 * \frac{E_{\phi} * I}{l_i^2} = \pi^2 * \frac{11508,43 * 1000 * 0,0052083}{11,06^2} = 4836,17 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma * N_{Ed}}{N_e}}$$

$$C_m = 1,0$$

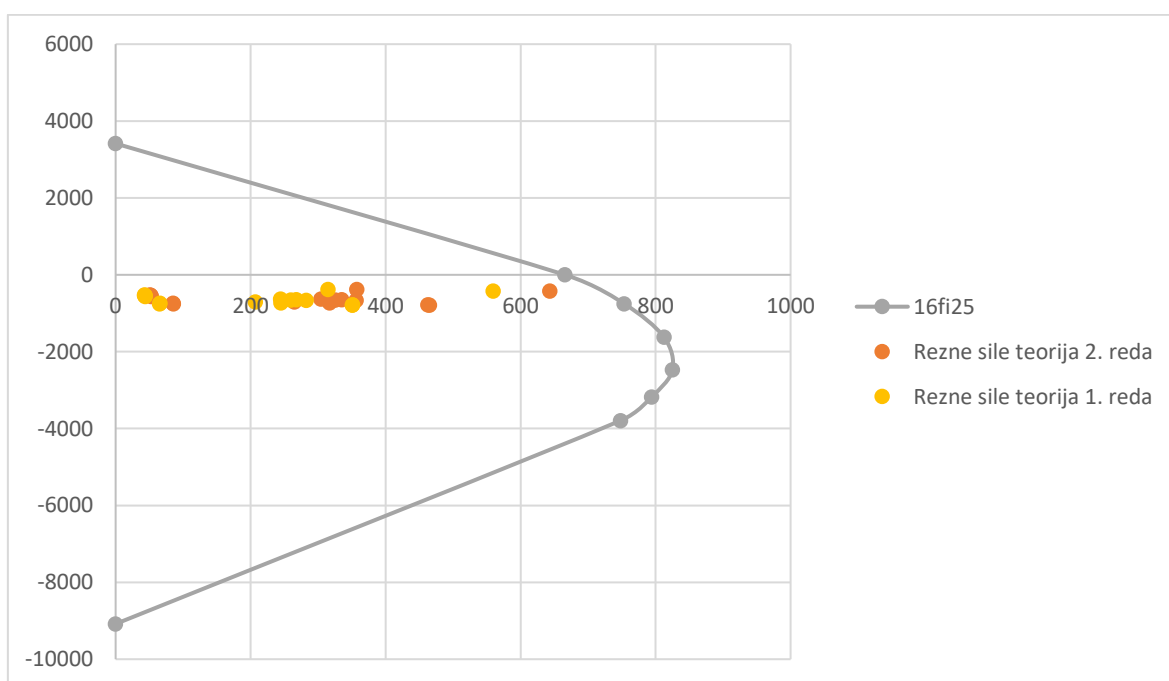
$$\gamma = 1,5$$

Tablica 9.1 Tablica mjerodavnih reznih sila za stup S10

		MJERODAVNE REZNE SILE			
		Mmax (kNm)	Nprip (kN)	Nmax (kN)	Mprip (kNm)
		TEORIJA 1. REDA			
UOBIČAJENE	GSN1	267,6	-648,2	-760,2	65,4
	GSN2	244,7	-631,8	-521,5	42,8
	GSN3	282,6	-669,1	-738	65,5
	GSN4	259,7	-652,7	-543,7	42,8
	GSN5	245,2	-731,7	-792,8	350,7
	GSN6	207	-704,4	-542,8	43,7
IZVANREDNE	GSN7	314,8	-382,6	-777,5	351,1
	GSN8	559,4	-420,6	-565	43,7

		MJERODAVNE REZNE SILE					
			Mmax (kNm)	Nprip (kN)		Nmax (kN)	Mprip (kNm)
		$\psi$	TEORIJA 2. REDA		$\psi$	TEORIJA 2. REDA	
UOBIČAJENE	GSN1	1,252	334,9	-648,2	1,309	-760,2	85,6
	GSN2	1,244	304,3	-631,8	1,193	-521,5	51,1
	GSN3	1,262	356,6	-669,1	1,297	-738,0	84,9
	GSN4	1,254	325,6	-652,7	1,203	-543,7	51,5
	GSN5	1,294	317,2	-731,7	1,326	-792,8	465,1
	GSN6	1,280	264,9	-704,4	1,202	-542,8	52,5
IZVANREDNE	GSN7	1,135	357,2	-382,6	1,318	-777,5	462,7
	GSN8	1,150	643,3	-420,6	1,212	-565,0	53,0



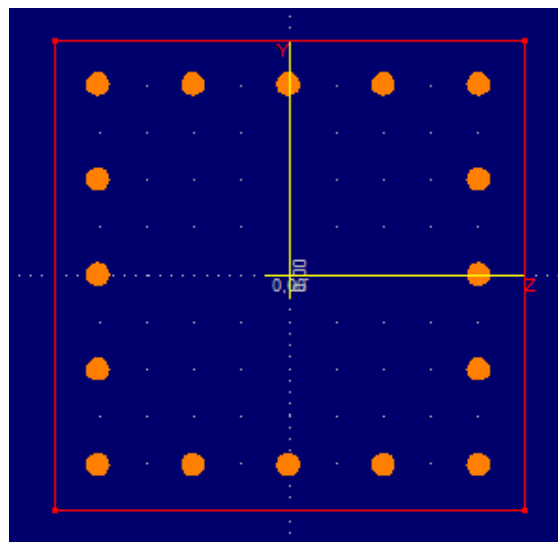
Slika 9.23 Dijagram nosivosti presjeka za stup S10

Tablica 9.2 Uređeni parovi  $M$  i  $N$  za dijagram nosivosti presjeka stupa S10

	16fi25	
(M,N)		
(0,1)	0	3414,78
(1,0)	665,71	0
(1,-1)	753,45	-753,42
(1,-2)	812,45	-1624,9
(1,-3)	824,9	-2474,71
(1,-4)	794,07	-3176,27
(1,-5)	747,97	-3793,83
(0,-1)	0	-9081,53

Stup dimenzija 50x50 cm

Uzdužna armatura: 16 $\Phi$ 25mm



Slika 9.24 Grafički prikaz rasporeda armature stupa S10

#### 4.1.2.2. Dimenzioniranje stupa S10 na poprečnu silu

b/h = 50/50 cm

C 40/50

$V_{Ed} = 113,8 \text{ kN}$

$N_{Ed} = -731,7 \text{ kN}$

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,66 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,66$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = \frac{731,7}{50 * 50} = 0,2927$$

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

$$\sum A_s = 20\phi 22 = 76,03 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{76,03}{50 * 50} = 0,0314$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 * 1,66 * (100 * 0,0314 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,2927] * 500 * 450$$

$$V_{Rd,c} = 231928 \text{ N} = 231,9 \text{ kN}$$

Odabire se minimalna poprečna armatura s obzirom da je  $V_{Rd,c} > V_{Ed}$ .

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,66^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,4734$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd}/A_c = 0,2927$$

$$V_{Rd,c} \geq [0,4734 + 0,15 * 0,2927] * 500 * 450$$

$$V_{Rd,c} \geq 116393 \text{ N} = 116,4 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen

$$s_{max} = \min\{0,75 * d; 30,0 \text{ cm}\} = \min\{0,75 * 45 = 33,75; 30\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$s_w = 25 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,00121$$

Potrebna minimalna konstruktivna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} * s_w * b_w}{m} = \frac{0,00121 * 25 * 50}{2} = 0,76 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/25** ( $A_{sw}=0,785 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \text{ B500B} \rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434,8 \text{ MPa} =$$

43,48 kN/cm<sup>2</sup>

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0,785}{25} * (0,9 * 50) * 43,48 * 2 = 122,87 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

Na kritičnim mjestima postaviti spone **Ø10/20** ( $A_{sw}=0,785 \text{ cm}^2$ )

### 9.6.3. Dimenzioniranje stupa S2

#### 4.1.3.1. Dimenzioniranje stupa S2 na moment savijanja i uzdužnu silu

-uzimanje u obzir učinaka drugog reda

$$E_{cm} = 9500 * \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 * \sqrt[3]{40 + 8} = 34525,29 \text{ MPa}$$

$$M_{Ed,s} = \psi * M_{Ed}$$

$$E_{\phi} = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{34525,29}{1 + 2} = 11508,43 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,5^4}{12} = 0,0052083 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 * h_{stupa} = 1,4 * 9,1 = 12,74 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 * \frac{E_{\phi} * I}{l_i^2} = \pi^2 * \frac{11508,43 * 1000 * 0,0052083}{12,74^2} = 3644,79 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma * N_{Ed}}{N_e}}$$

$$C_m = 1,0$$

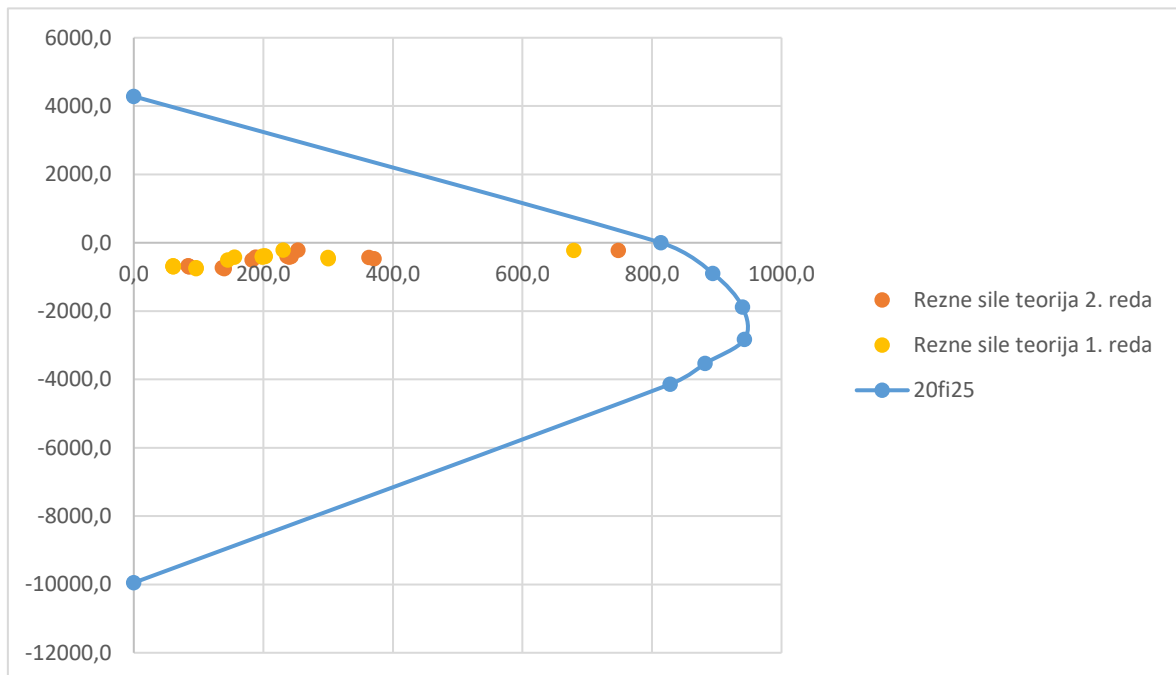
$$\gamma = 1,5$$

Tablica 9.3 Tablica mjerodavnih reznih sila za stup S2

		MJERODAVNE REZNE SILE			
		Mmax (kNm)	Nprip (kN)	Nmax (kN)	Mprip (kNm)
		TEORIJA 1. REDA			
UOBIČAJENE	GSN1	203	-401,9	-703,8	61,2
	GSN2	202,6	-378,7	-682,9	61,2
	GSN3	198,8	-417,5	-695,6	60,6
	GSN4	198,4	-394,6	-674,7	60,6
	GSN5	300,4	-462,9	-758,4	96,2
	GSN6	299,7	-424,1	-723,6	96,2
IZVANREDNE	GSN7	679,2	-223,8	-500,5	145,2
	GSN8	230,9	-217,1	-418,5	155,6

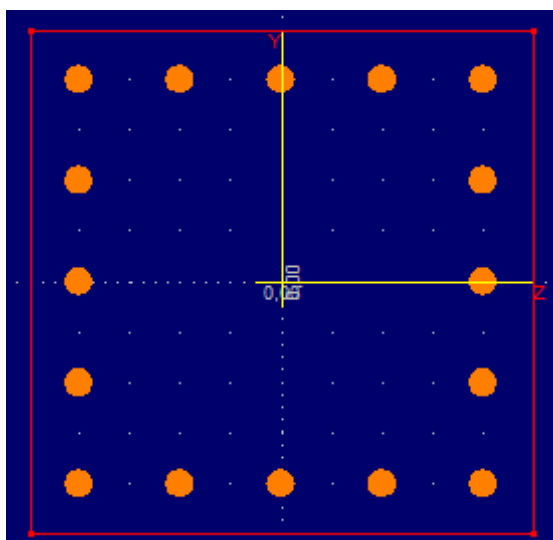
		MJERODAVNE REZNE SILE					
			Mmax (kNm)	Nprip (kN)		Nmax (kN)	Mprip (kNm)
		$\psi$	TEORIJA 2. REDA		$\psi$	TEORIJA 2. REDA	
UOBIČAJENE	GSN1	1,198	243,2	-401,9	1,408	-703,8	86,2
	GSN2	1,185	240,0	-378,7	1,391	-682,9	85,1
	GSN3	1,207	240,0	-417,5	1,401	-695,6	84,9
	GSN4	1,194	236,9	-394,6	1,384	-674,7	83,9
	GSN5	1,235	371,1	-462,9	1,454	-758,4	139,8
	GSN6	1,211	363,1	-424,1	1,424	-723,6	137,0
IZVANREDNE	GSN7	1,101	748,1	-223,8	1,259	-500,5	182,9
	GSN8	1,098	253,6	-217,1	1,208	-418,5	188,0



Slika 9.25 Dijagram nosivosti presjeka za stup S2

Tablica 9.4 Uređeni parovi  $M$  i  $N$  za dijagram nosivosti presjeka stupa S2

	16fi28	
(M,N)		
(0,1)	0	4283,5
(1,0)	813,95	0
(1,-1)	893,8	-893,8
(1,-2)	939,69	-1879,39
(1,-3)	942,86	-2828,57
(1,-4)	882,31	-3529,25
(1,-5)	828,13	-4140,63
(0,-1)	0	-9950,25



Slika 9.26 Grafički prikaz rasporeda armature stupa S2

Stup dimenzija 50x50 cm

Uzdužna armatura: 16 $\Phi$ 28mm

#### 4.1.3.2. Dimenzioniranje stupa S2 na poprečnu silu

b/h = 50/50 cm

<p>C 40/50</p> <p><math>V_{Ed} = 109,4 \text{ kN}</math></p> <p><math>N_{Ed} = -398,9 \text{ kN}</math></p>	$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d$ $k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,66 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,66$ $k_1 = 0,15$ $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = \frac{398,9}{50 * 50} = 0,159$ $C_{Rdc} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$ $\sum A_s = 16\phi 28 = 98,52 \text{ cm}^2$ $\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{98,52}{50 * 50} = 0,0394$ $V_{Rd,c} = [0,12 * 1,66 * (100 * 0,0394 * 40,0)^{1/3} + 0,15 * 0,159] * 500 * 450$ $V_{Rd,c} = 247193 \text{ N} = 247,19 \text{ kN}$ <p>Odabire se minimalna poprečna armatura s obzirom da je <math>V_{Rd,c} &gt; V_{Ed}</math>.</p> <p><math>V_{Rd,c}</math> mora biti veća od:</p> $V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d$ $k_1 = 0,15$ $v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,66^{3/2} * 40,0^{1/2} = 0,4734$ $\sigma_{cp} = N_{sd}/A_c = 0,159$ $V_{Rd,c} \geq [0,4734 + 0,15 * 0,159] * 500 * 450$ $V_{Rd,c} \geq 111881 \text{ N} = 111,88 \text{ kN}$ <p>Pa je i taj uvjet zadovoljen</p> $s_{max} = \min\{0,75 * d; 30,0 \text{ cm}\} =$ $= \min\{0,75 * 45 = 33,75; 30\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$ $s_w = 25 \text{ cm}$ $\rho_{min} = 0,00121$
---	---



Potrebna minimalna konstruktivna armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,00121 \cdot 25 \cdot 50}{2} = 0,76 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/25** ( $A_{sw}=0,785 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \text{ B500B} \rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434,8 \text{ MPa} =$$

43,48 kN/cm<sup>2</sup>

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0,785}{25} \cdot (0,9 \cdot 50) \cdot 43,48 \cdot 2 = 122,87 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

Na kritičnim mjestima postaviti spone **Ø10/20** ( $A_{sw}=0,785 \text{ cm}^2$ )

## 9.7. Dimenzioniranje temelja stupa S10

### 9.7.1. Rezne sile za dimenzioniranje temelja stupa S10

Tablica 9.5 Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja stupa S10

		M 1. reda	M 2. reda	N
UOBIČAJENE	GSN3	73	92,1	-669,1
	GSN5	187,8	242,9	-731,7
IZVANREDNE	GSN7	158,3	179,6	-382,6
	GSN8	337,9	388,6	-420,6

### 9.7.2. Određivanje preliminarnih dimenzija

Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla):  $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$

$$\text{Širina i duljina temelja: } a = \sqrt{\frac{N}{\sigma_{t,dop}}} = \sqrt{\frac{731,7}{500}} = 1,21 \text{ m}$$

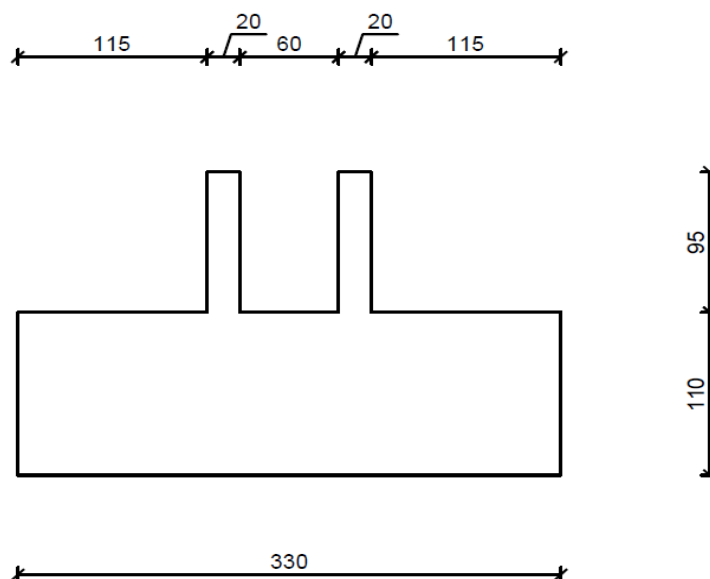
Usvojena širina i duljina temelja:  $a = 3,3 \text{ m}$

Visina temelja:  $h = \left(\frac{1}{3} * a_{tem}; \frac{1}{4} * a_{tem}\right) = (1,16 \text{ m}; 0,875 \text{ m}) = 1,1 \text{ m} - \text{odabrano}$

Težina temelja:  $N_t = (3,3^2 * 1,1 + 1,0^2 * 0,95 - 0,60^2 * 0,95) * 25 = 308,975 \text{ kN}$

Površina:  $A = 3,3 * 3,3 = 10,89 \text{ m}^2$

Moment otpora:  $W = \frac{a^3}{6} = \frac{3,3^3}{6} = 5,9895 \text{ m}^3$



Slika 9.27 Grafički prikaz temelja s dimenzijama

### 9.7.3. Kontrola naprezanja u tlu ispod temelja

Uobičajena kombinacija 1:

$$N_{Ed} = N + N_t = -669,1 - 308,975 = -978,075 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 92,1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{-978,075}{10,89} \pm \frac{92,1}{5,9895}$$

$$\sigma_1 = -105,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = -74,44 \text{ kN/m}^2$$

Uobičajena kombinacija 2:

$$N_{Ed} = N + N_t = -731,7 - 308,975 = -1040,675 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 242,9 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{-1040,675}{10,89} \pm \frac{242,9}{5,9895}$$

$$\sigma_1 = -136,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = -55,01 \text{ kN/m}^2$$

Izvanredna kombinacija 1:

$$N_{Ed} = N + N_t = -382,6 - 308,975 = -691,575 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 179,6 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{-691,575}{10,89} \pm \frac{179,6}{5,9895}$$

$$\sigma_1 = -93,49 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = -33,52 \text{ kN/m}^2$$

Izvanredna kombinacija 2:

$$N_{Ed} = N + N_t = -420,6 - 308,975 = -729,575 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 388,6 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{-729,575}{10,89} \pm \frac{388,6}{5,9895}$$

$$\sigma_1 = -131,88 \text{ kN/m}^2$$

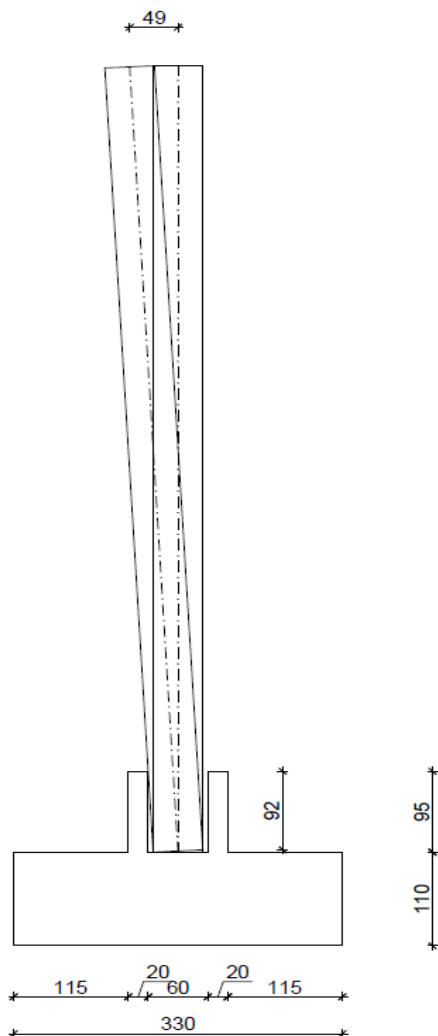
$$\sigma_2 = -2,11 \text{ kN/m}^2$$

#### 9.7.4. Dimenzioniranje na moment savijanja

Vlastita težina stupa:

$$h_{\text{stupa}} = H_1 + H_2 = 7,9 + 1,3 = 9,2 \text{ m}$$

$$G_{\text{stupa}} = A_{\text{stupa}} * \gamma_{\text{bet}} * h_{\text{stupa}} = 0,5 * 0,5 * 25,5 * 9,2 = 58,65 \text{ kN}$$



Faza montaže

$$e_x = 49 \text{ cm} \quad e_y = 92,0 \text{ cm}$$

$$M_{\text{stupa}} = G_{\text{stupa}} * e_x = 58,65 * 0,49 = 28,74 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{stupa}} = \frac{M_{\text{stupa}}}{e_y} = \frac{28,74}{0,92} = 31,24 \text{ kN}$$

$$q = \frac{V_{\text{stupa}}}{l} = \frac{31,24}{0,50} = 62,48 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{Ed}} = \frac{q * l^2}{8} = \frac{62,48 * 0,5^2}{8} = 1,95 \text{ kNm}$$

$$b = 60 \text{ cm}; \quad h = 20 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 17 \text{ cm}$$

$$\mu_{\text{Sd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b * d^2 * f_{\text{cd}}} = \frac{1,95 * 100}{60 * 17^2 * 2,67} = 0,00421$$

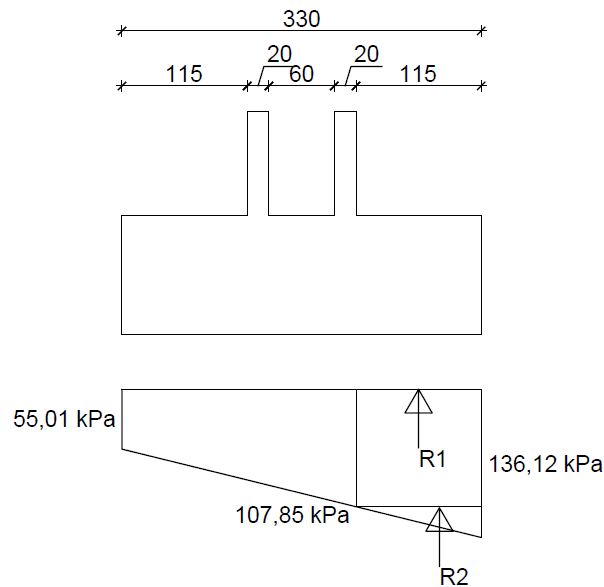
$$\varepsilon_{\text{s1}} = 10 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_{\text{c2}} = 0,4 \text{ ‰}; \quad \zeta = 0,987$$

$$A_{\text{s1}} = \frac{M_{\text{Sd}}}{\zeta * d * f_{\text{yd}}} = \frac{1,95 * 100}{0,987 * 17 * 43,48} = 0,27 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 4Φ10 ( $A_{\text{s1}}=3,14 \text{ cm}^2$ )

Slika 9.28 Ekscentricitet temelja

## Faza eksploatacije



Slika 9.29 Naprezanja u tlu ispod temelja

$$R_1 = 107,85 \cdot 1,15 \cdot 3,3 = 409,29 \text{ kN}$$

$$R_2 = \frac{(136,12 - 107,85) \cdot 1,15}{2} \cdot 3,3 = 53,64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = (409,29 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,15 + 53,64 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,15) / 3,3 = 83,78 \text{ kNm}$$

$$b = 330 \text{ cm} ; h = 110 \text{ cm} ; d_1 = 5 \text{ cm} ; d = 105 \text{ cm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{83,78 \cdot 100}{330 \cdot 105^2 \cdot 2,67} = 0,0008$$

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰}; \quad \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{83,78 \cdot 100}{0,993 \cdot 95 \cdot 43,48} = 2,04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \geq 0,0015 \cdot b \cdot d$$

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{3,5}{500} \cdot 100 \cdot 95 \geq 0,0015 \cdot 100 \cdot 95$$

$$A_{s,min} = 17,29 \text{ cm}^2/\text{m} \geq 14,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrano: Ø16/10cm (As1 = 20,1 cm<sup>2</sup>/m)

### 9.7.5. Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{ed} = 31,24 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 * \sigma_{cp} \right] * b_w * d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{150}} = 2,15 > 2,0 \Rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0$$

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

$$\sum A_s = 4\Phi 10 = 3,14 \text{ (cm}^2\text{)} \quad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{3,14}{20 * 100} = 0,00157$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 * 2,00 * (100 * 0,00157 * 40)^{\frac{1}{3}} + 0,0 \right] * 1000 * 150 = 66418 \text{ N} \\ = 66,4 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$v = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{40}{250} \right] = 0,504$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,504 * 100 * 150 * 26,67 = 1008,13 \text{ (kN)} > V_{Ed,max} = V_{Ed} \\ = 31,24 \text{ kN}$$

Odabrano: 4Ø10cm (As1 = 3,14 cm<sup>2</sup>/m)

### 9.7.6. Dimenzioniranje na proboj

$$\sigma_{sr} = \frac{136,12 + 55,01}{2} = 95,57 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{Ed} = \sigma_{sr} * A = 95,57 * 0,5^2 = 23,89 \text{ kN}$$

$$\beta_p = 1,4 \rightarrow \text{stup na rubu}$$

$$d_1 = 5 \text{ cm} ; d = 105 \text{ cm};$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ix} + \rho_{iy}} = \frac{20,1 \text{ cm}^2/\text{m}' * 3,3}{330 * 110} = 0,00183 < 0,02$$

$$u_{cr} = 4 * a + 2 * 1,5 * d * \pi = 4 * 50 + 2 * 1,5 * 105 * \pi = 11,89 \text{ m}$$

$$v_{Ed} = \beta * \frac{N_{Ed}}{u_{cr}} = 1,4 * \frac{23,89}{1189} = 0,0281 \text{ kN/cm}$$

$$v_{Rd,1} = \tau_{Rd} * k * (1,2 + 40 * \rho_l) * d = 1,12 \text{ kN/cm}$$

$$v_{Ed} = 0,0281 \text{ kN/cm} < v_{Rd,1} = 1,12 \text{ kN/cm}$$

- armatura za osiguranje proboja nije potrebna.

## 10. Popis slika

Slika 6.1 Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom .....	18
Slika 6.2 Karta brzine vjetra u Republici Hrvatskoj.....	19
Slika 6.3 Određivanje koeficijenta $C_e(z)$ .....	21
Slika 6.4 Vjetrovni profil brzina u ovisnosti o širini i visini objekta .....	22
Slika 6.5 Podjela zona za zidove .....	23
Slika 6.6 Vršno ubrzanje tla za promatranu lokaciju .....	25
Slika 6.7 Osnovni faktor ponašanja $q_0$ za sustave pravilne po visini.....	26
Slika 6.8 Parametri potresnog opterećenja .....	26
Slika 6.9 Računski spektar odgovora.....	27
Slika 6.10 Prikaz sudjelujućih masa u pojedinim modovima .....	28
Slika 6.11 Prvi vlastiti vektor .....	29
Slika 6.12 Drugi vlastiti vektor.....	29
Slika 6.13 Sedmi vlastiti vektor .....	30
Slika 6.14 Osmi vlastiti vektor .....	30
Slika 7.1 Položaj temelja.....	32
Slika 7.2 Položaj stupova.....	33
Slika 7.3 Položaj greda i ploča na prvom katu .....	33
Slika 7.4 Položaj nosača.....	34
Slika 7.5 Izometrija objekta .....	34
Slika 7.6 Tlocrt objekta.....	35
Slika 7.7 Bokocrt objekta .....	35
Slika 7.8 Nacrt objekta.....	36
Slika 7.9 Dodatno stalno opterećenja na krovu.....	36
Slika 7.10 Opterećenje snijegom .....	37
Slika 7.11 Dodatno stalno opterećenje na katu.....	37



Slika 7.12 Korisno opterećenje na katu.....	38
Slika 7.13 Opterećenje vjetrom na zidove objekta .....	38
Slika 7.14 Opterećenje vjetrom na krov objekta, prvi slučaj.....	39
Slika 7.15 Opterećenje vjetrom na krov objekta, drugi slučaj.....	39
Slika 8.1 Maksimalni pomaci vrhova stupa u ovisnosti u modulu stišljivosti.....	41
Slika 8.2 Periodi konstrukcije (smjer y) u ovisnosti o modulu stišljivosti.....	41
Slika 8.3 Periodi konstrukcije (smjer x) u ovisnosti o modulu stišljivosti.....	42
Slika 8.4 Uzdužna sila u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti .....	42
Slika 8.5 Poprečna sila u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti.....	43
Slika 8.6 Moment savijanja u stupovima okvira V2 u ovisnosti o modulu stišljivosti.....	43
Slika 9.1 Poprečni presjek T60 dimenzioniran na moment savijanja .....	47
Slika 9.2 Poprečni presjeci T60 dimenzionirani na poprečnu silu .....	48
Slika 9.3 Poprečni presjek R65 dimenzioniran na moment savijanja .....	54
Slika 9.4 Poprečni presjeci R50 dimenzionirani na poprečnu silu .....	55
Slika 9.5 Grafički prikaz oslanjanja .....	58
Slika 9.6 Grafički prikaz konzole stupa .....	98
Slika 9.7 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN1 .....	101
Slika 9.8 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN1 .....	102
Slika 9.9 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN2 .....	102
Slika 9.10 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN2 .....	103
Slika 9.11 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN3 .....	103
Slika 9.12 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN3 .....	104
Slika 9.13 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN4 .....	104
Slika 9.14 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN4 .....	105
Slika 9.15 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN5 .....	105
Slika 9.16 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN5 .....	106

Slika 9.17 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN6 .....	106
Slika 9.18 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN6 .....	107
Slika 9.19 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN7 .....	107
Slika 9.20 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN7 .....	108
Slika 9.21 Prikaz uzdužne sile za odabrane stupove S10 i S2 za GSN8 .....	108
Slika 9.22 Prikaz momenta savijanja za odabrane stupove S10 i S2 za GSN8 .....	109
Slika 9.23 Dijagram nosivosti presjeka za stup S10.....	110
Slika 9.24 Grafički prikaz rasporeda armature stupa S10 .....	111
Slika 9.25 Dijagram nosivosti presjeka za stup S2.....	114
Slika 9.26 Grafički prikaz rasporeda armature stupa S2 .....	115
Slika 9.27 Grafički prikaz temelja s dimenzijama .....	118
Slika 9.28 Ekscentricitet temelja .....	120
Slika 9.29 Naprezanja u tlu ispod temelja .....	121

## 11. Popis tablica

Tablica 6.1 Stalna opterećenja na krovu.....	17
Tablica 6.2 Stalna opterećenja na katu.....	17
Tablica 6.3 Kategorije terena i pripadajući koeficijenti .....	20
Tablica 6.4 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka ( $C_{pe}$ ) za zidove tlocrtno pravokutnih zgrada.....	24
Tablica 6.5 Tablica mjerodavnih vjetrovnih opterećenja za zone A, B, C, D i E .....	24
Tablica 6.6 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka ( $C_{pe}$ ) za kosi krov.....	24
Tablica 6.7 Tablica mjerodavnih vjetrovnih opterećenja za zone F, G, H, I i J.....	25
Tablica 9.1 Tablica mjerodavnih reznih sila za stup S10.....	110
Tablica 9.2 Uređeni parovi M i N za dijagram nosivosti presjeka stupa S10 .....	111
Tablica 9.3 Tablica mjerodavnih reznih sila za stup S2 .....	114
Tablica 9.4 Uređeni parovi M i N za dijagram nosivosti presjeka stupa S2.....	115
Tablica 9.5 Mjerodavne rezne sile za dimenzioniranje temelja stupa S10 .....	118

## 12. Popis priloga

Prilog 1: Tlocrt temeljne konstrukcije

Prilog 2: Tlocrt stupova

Prilog 3: Tlocrt krovne konstrukcije

Prilog 4: Presjek 1-1 i 2-2

Prilog 5: Plan oplata AB stupa S2

Prilog 6: Plan oplata AB stupa S10

Prilog 7: Nacrt armature stupa S2

Prilog 8: Iskaz armature stupa S2

Prilog 9: Nacrt armature stupa S10

Prilog 10: Iskaz armature stupa S10

Prilog 11: Nacrt i iskaz armature konzole K1

Prilog 12: Plan oplata nosača A210

Prilog 13: Nacrt armature nosača A210

Prilog 14: Raspored natega nosača A210

Prilog 15 – 20: Iskaz armature nosača A210

Prilog 21: Plan oplata krovne grede T80

Prilog 22: Raspored natega i nacrt armature krovne grede T80

Prilog 23 – 25: Iskaz armature krovne grede T80

Prilog 26: Plan oplata i nacrt armature rubne grede T60

Prilog 27: Iskaz armature rubne grede T60

Prilog 28: Plan oplata i nacrt armature rožnjače R65

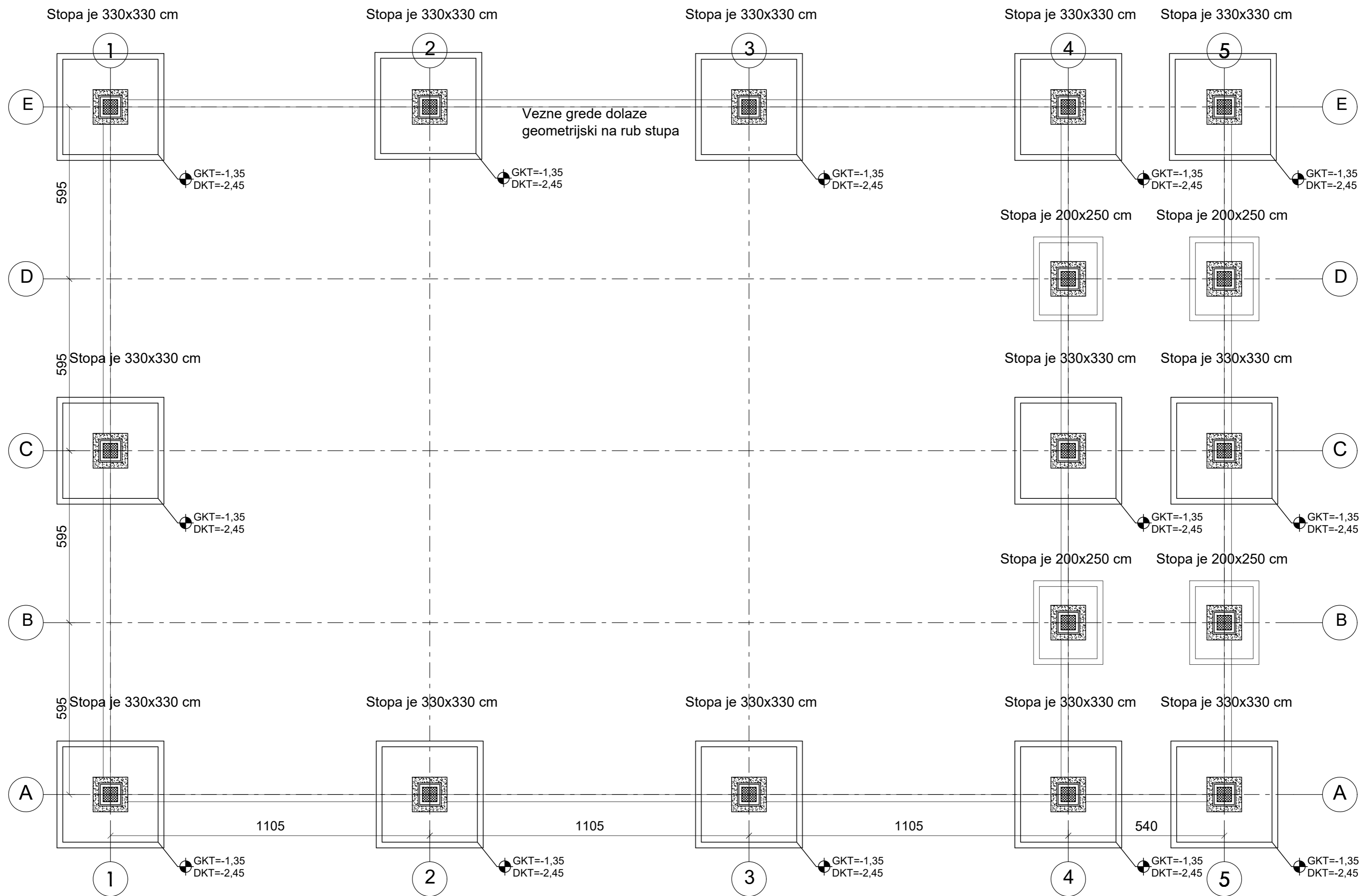
Prilog 29: Iskaz armature rožnjače R65

Prilog 30: Plan oplata temelja

Prilog 31: Nacrt armature temelja

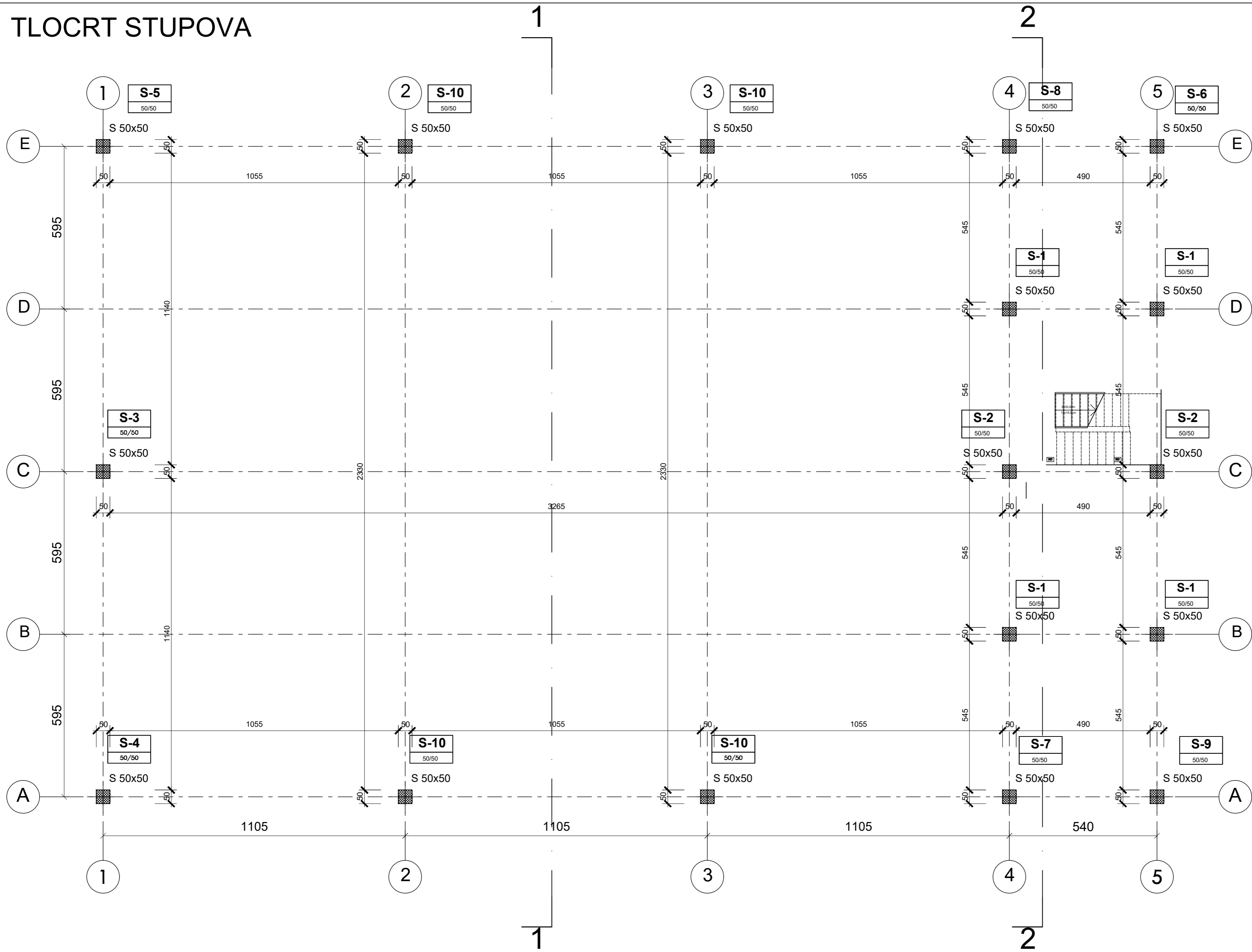
Prilog 32: Iskaz armature temelja

# TLOCRT TEMELJNE KONSTRUKCIJE



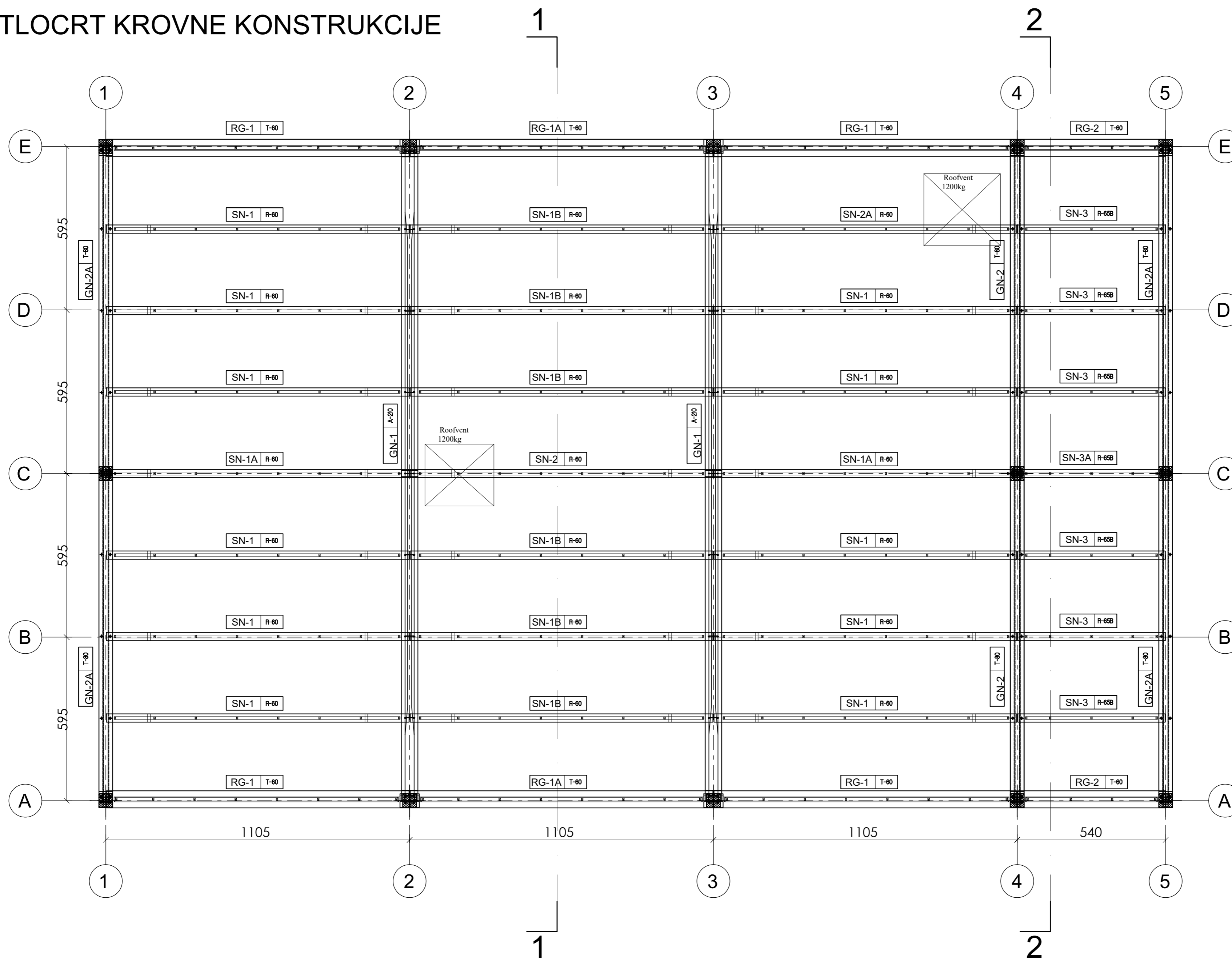
	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	TLOCRT TEMELJA	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ		
	PRILOG 1		
		M 1:100	

# TLOCRT STUPOVA



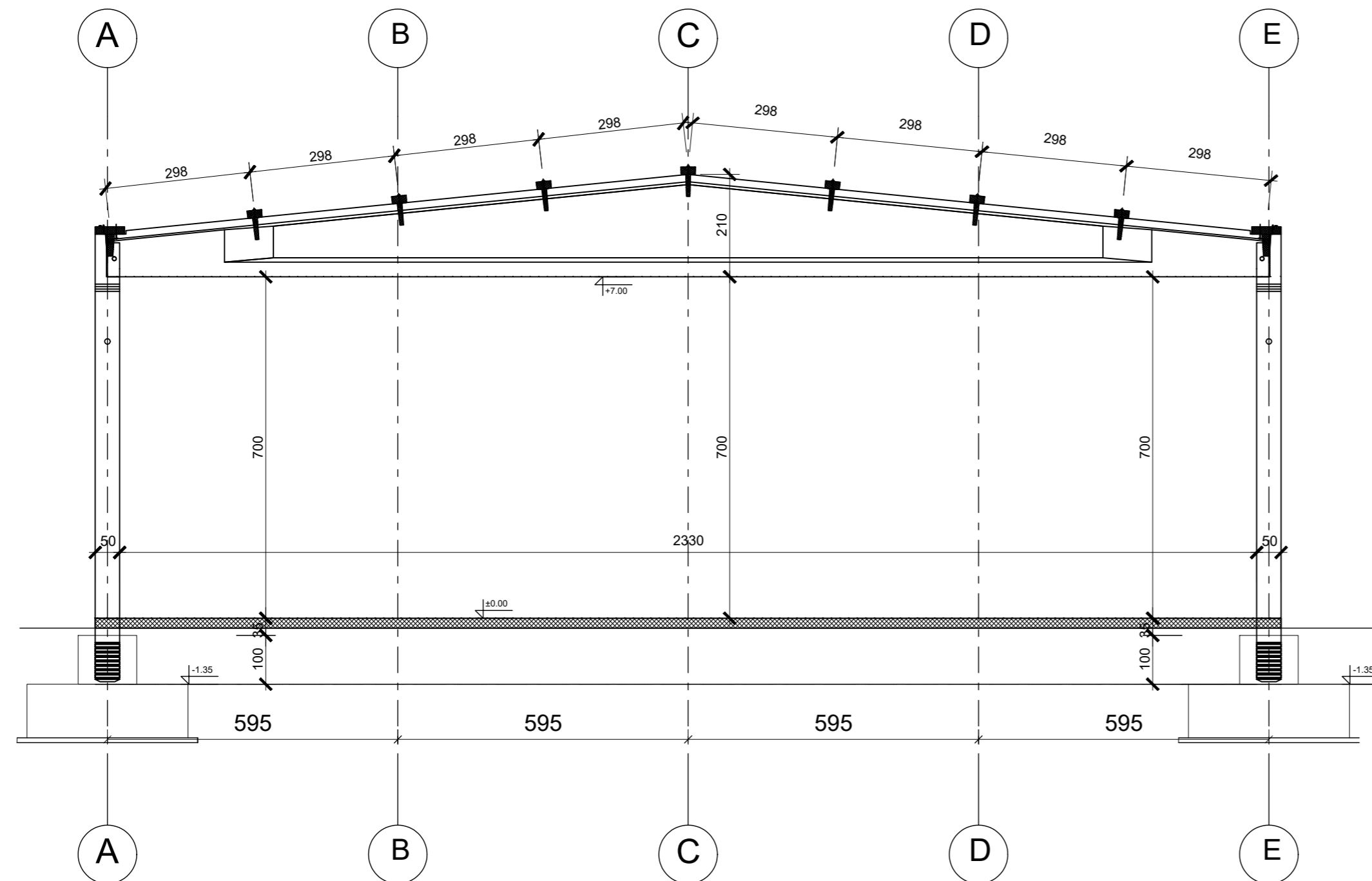
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA		AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	TLOCRT STUPOVA		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 2	M 1:100

# TLOCRT KROVNE KONSTRUKCIJE

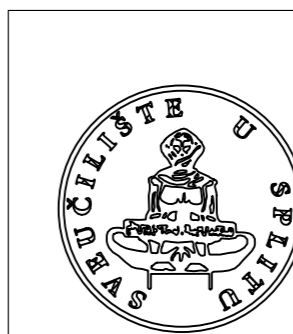
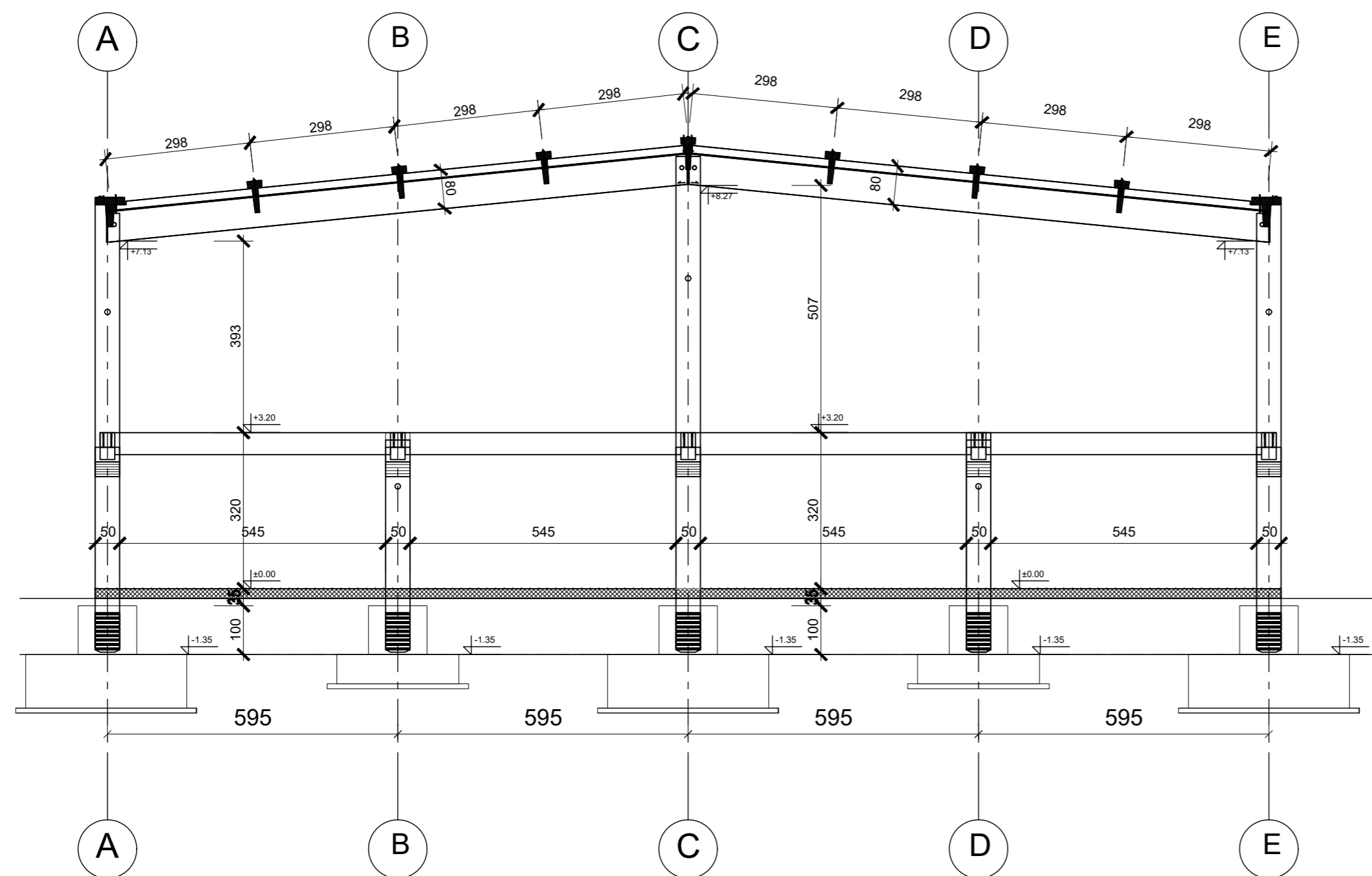


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA		AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	TLOCRT KROVNE KONSTRUKCIJE		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 3	M 1:100

# PRESJEK 1-1



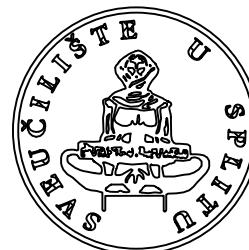
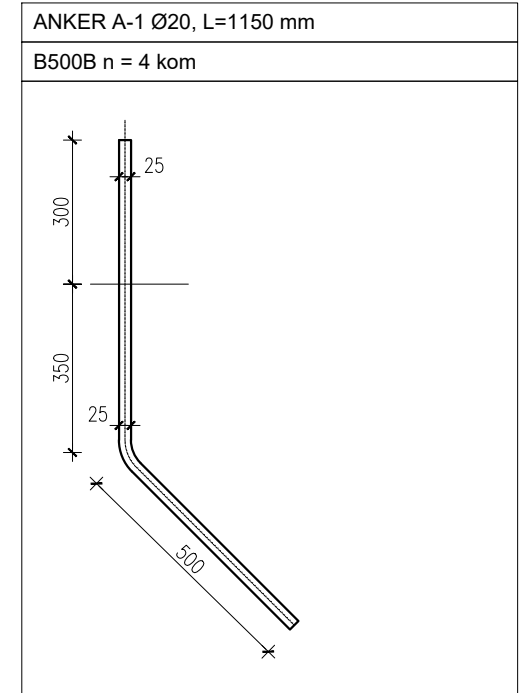
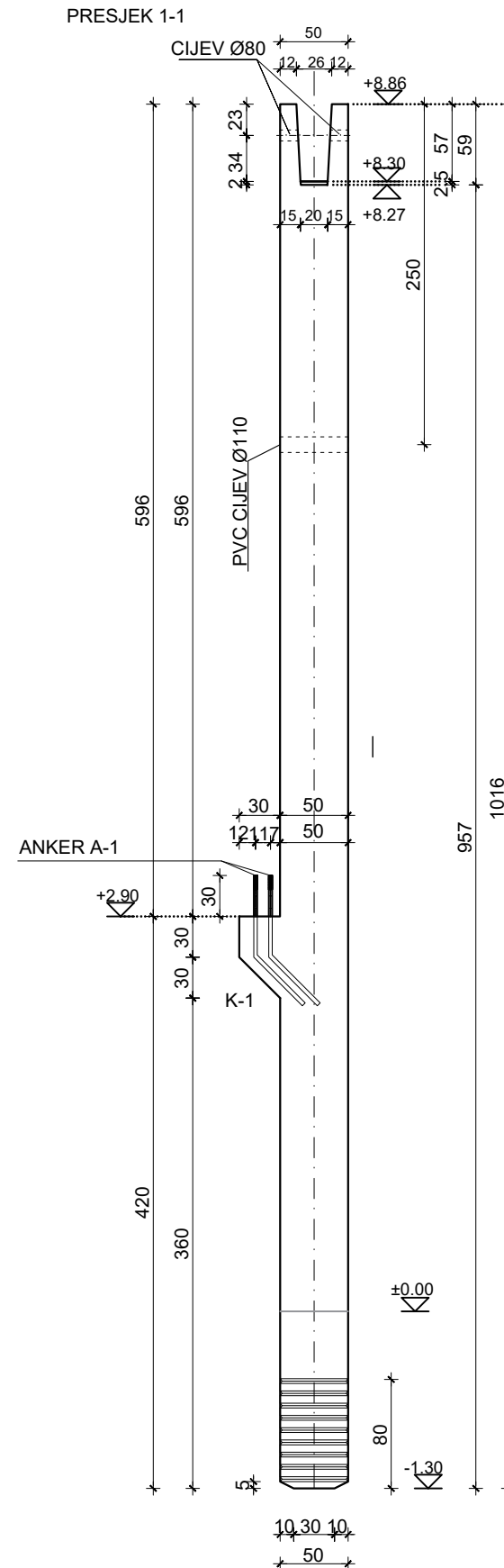
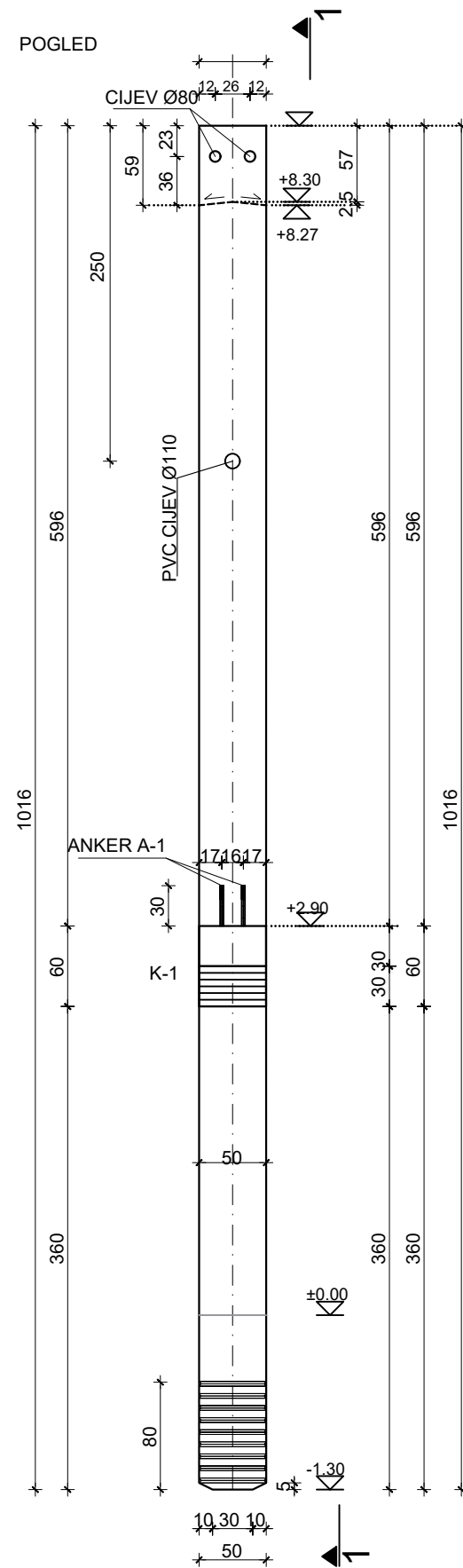
# PRESJEK 2-2



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA		AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	PRESJEK 1-1 I 2-2		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 4	M 1:100



# PLAN OPLATE AB STUPA 50/50, POZICIJA: S2

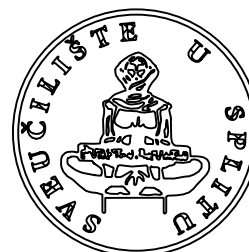
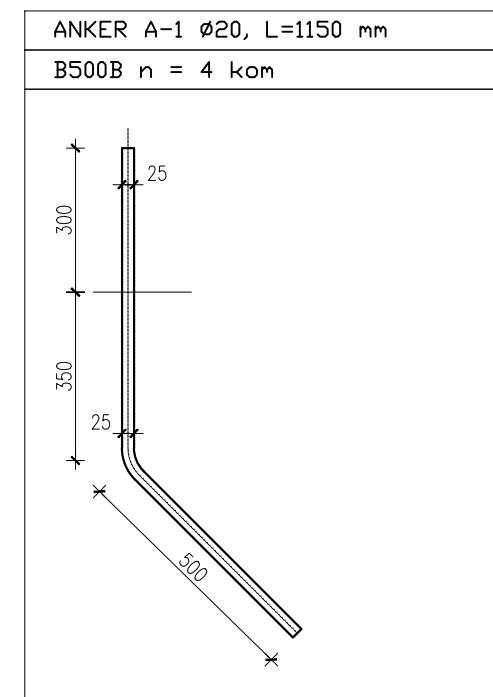
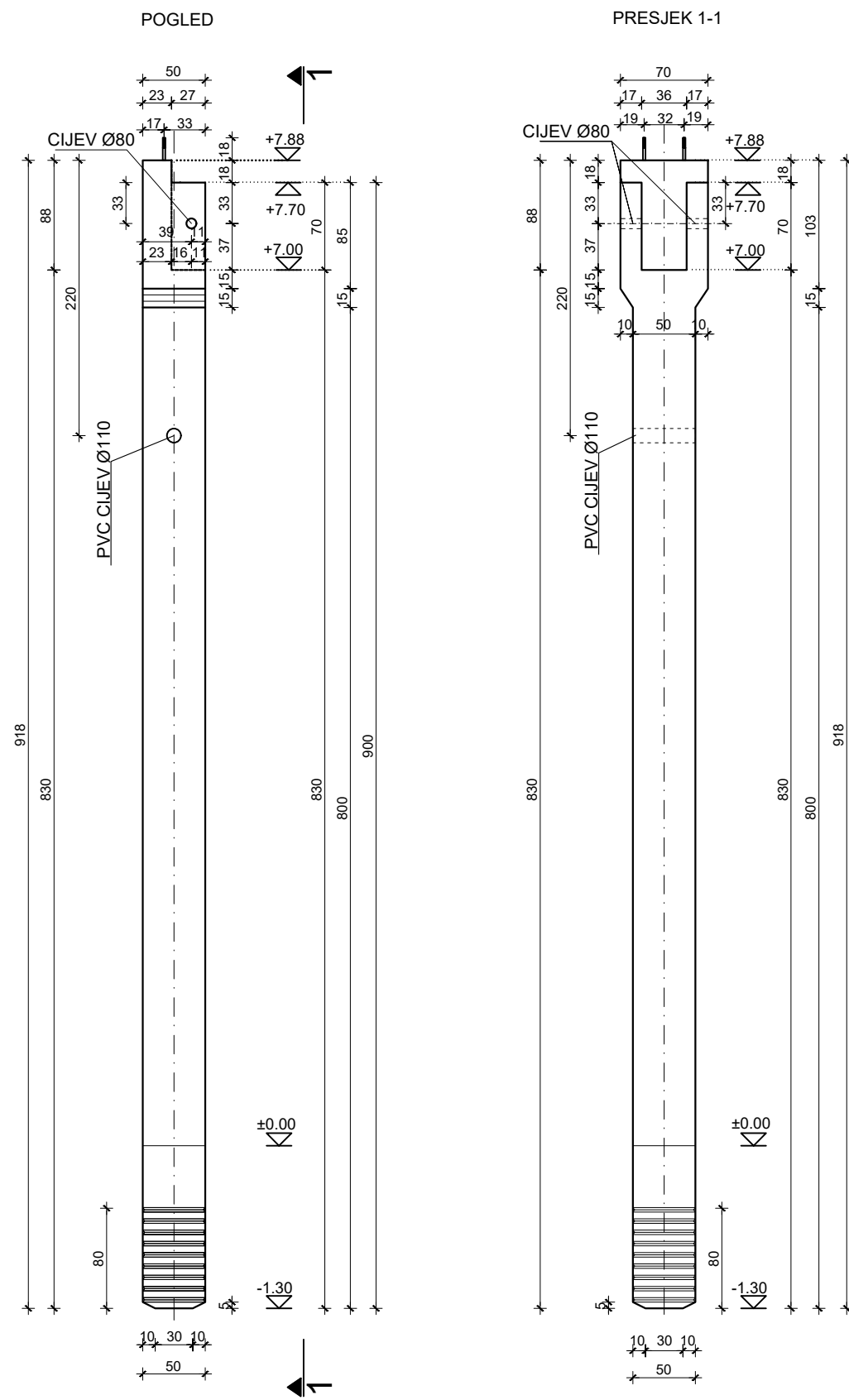


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	PLAN OPLATE STUPA S-2	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	M 1:50
STUDENT	MARKO GALIĆ	
PRILOG 5		

# PLAN OPLATE AB STUPA 50/50, POZICIJA: S10

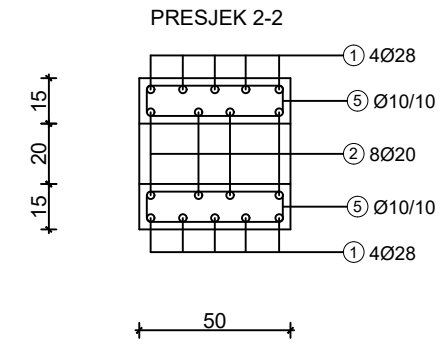
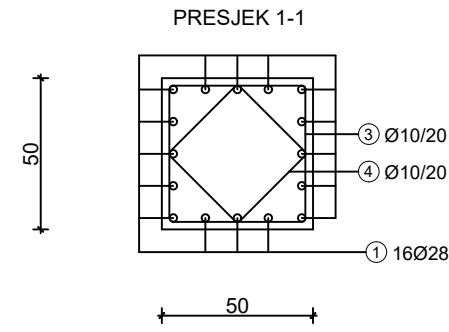
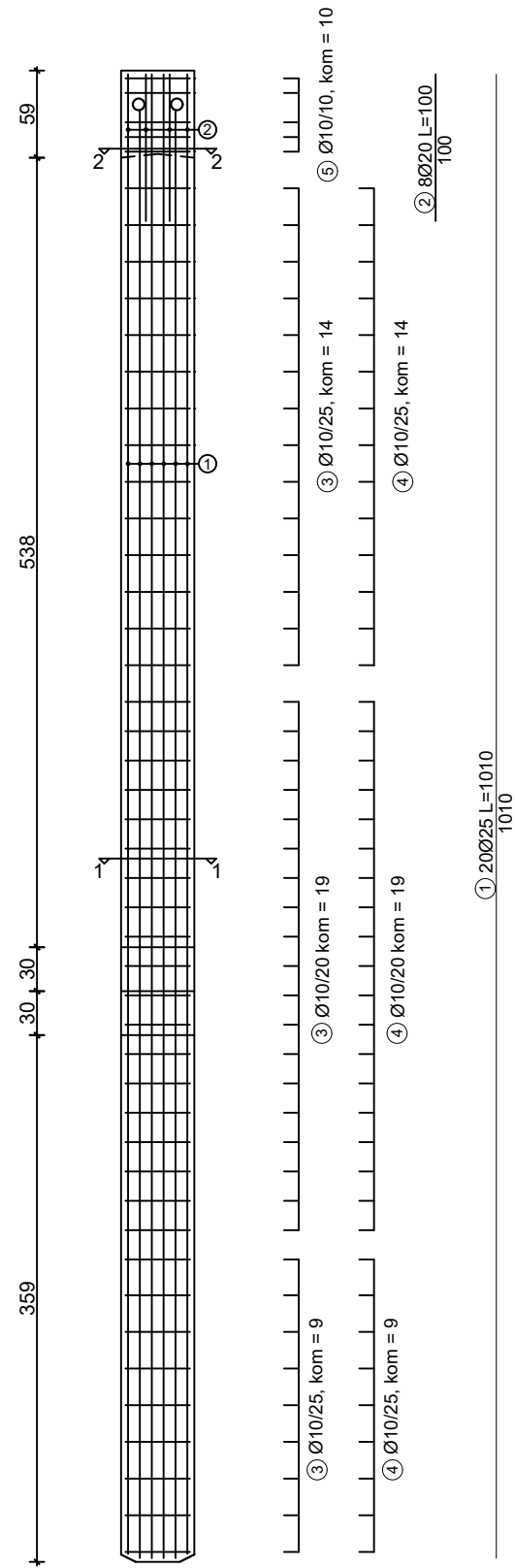


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD



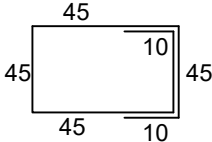
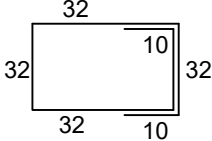
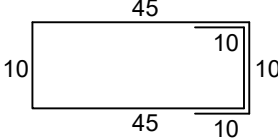
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	PLAN OPLATE STUPA S-10	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	M 1:50
STUDENT	MARKO GALIĆ	
	PRILOG 6	

# NACRT ARMATURE STUPA S-2 50/50



	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	PLAN ARMATURE STUPA S-2	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 7	M 1:50

# ISKAZ ARMATURE STUPA S-2 50/50

Iskaz rebraste armature						
Beton: C40/50 Čelik: B500B						
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
①		28	1010	16	4,956	800,89
②		20	100	8	2,45	19,6
③		10	245	42	0,62	63,8
④		10	180	42	0,62	46,87
⑤		10	95	10	0,62	5,89
Ukupno (kg) :						936,85



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ ISKAZ ARMATURE STUPA S-2

MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

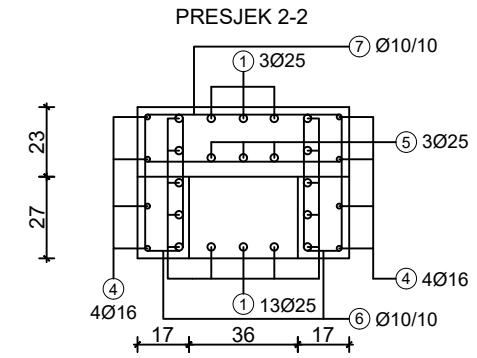
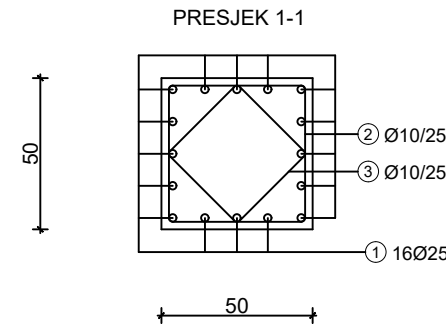
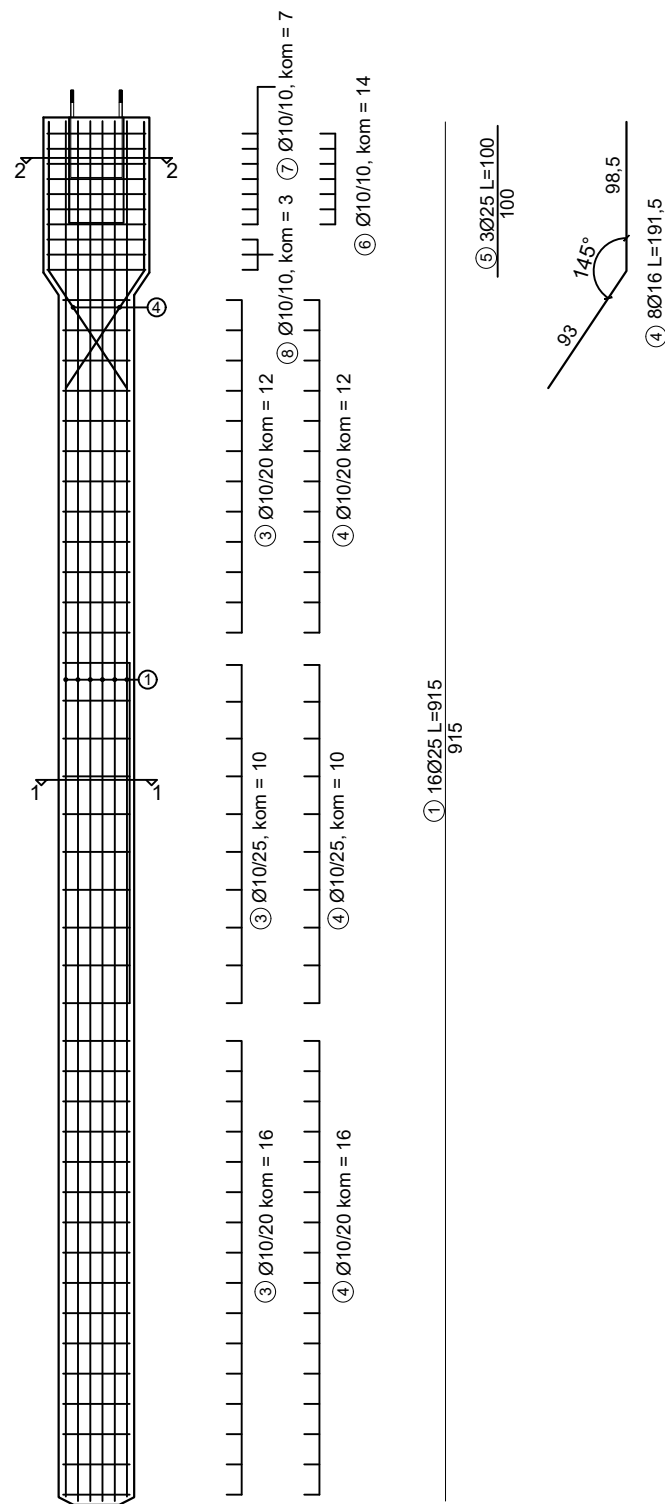
STUDENT MARKO GALIĆ

PRILOG 8

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

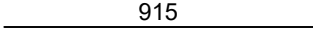
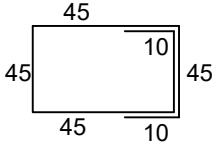
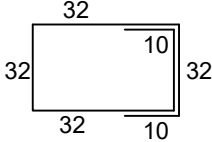
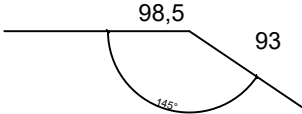
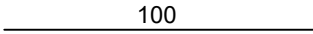
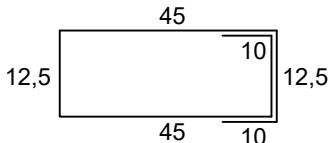
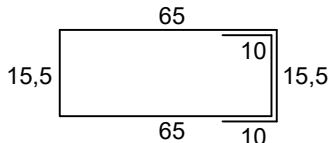
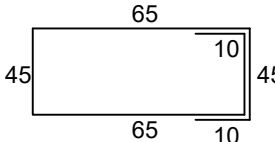
M -

# NACRT ARMATURE STUPA S-10 50/50



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE STUPA S-10		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 9	M 1:50

# ISKAZ ARMATURE STUPA S-10 50/50

Iskaz rebraste armature						
Beton: C40/50 Čelik: B500b						
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
①		25	915	16	3,951	578,43
②		10	245	38	0,62	57,72
③		10	180	38	0,62	42,41
④		16	191,5	8	1,638	25,09
⑤		25	100	3	3,951	11,85
⑥		10	147,5	14	0,62	12,8
⑦		10	196,5	7	0,62	8,53
⑧		10	285	3	0,62	5,3
Ukupno (kg) : 742,13						



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ ISKAZ ARMATURE STUPA S-10

MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

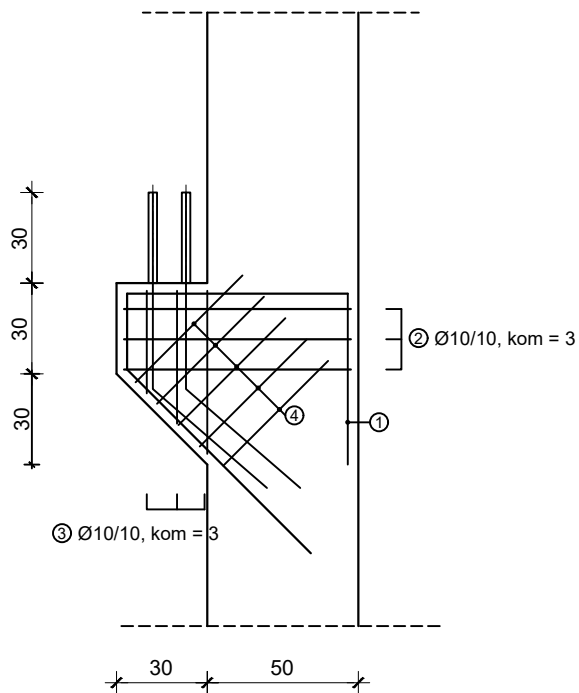
STUDENT MARKO GALIĆ

PRILOG 10

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

M -

# NACRT ARMATURE KONZOLE K1



Iskaz rebraste armature						
Beton: C40/50 Čelik: B500b						
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
①		14	240,5	4	1,21	11,64
②		10	305	3	0,62	5,67
③		10	291 331 371	3x1	0,62	6,16
④		10	145	5	0,62	4,50
Ukupno (kg) : 27,97						

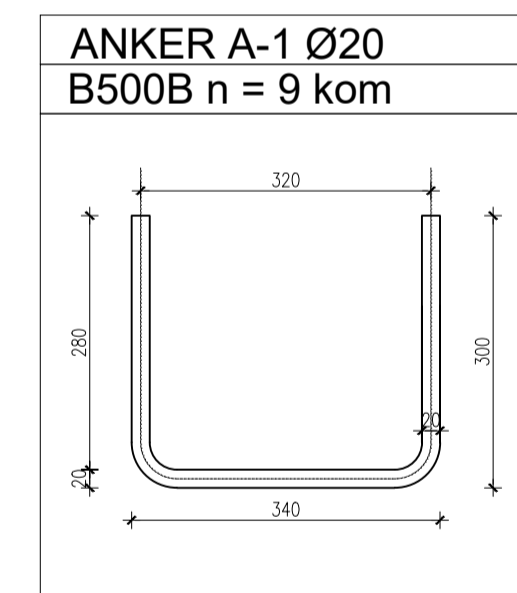
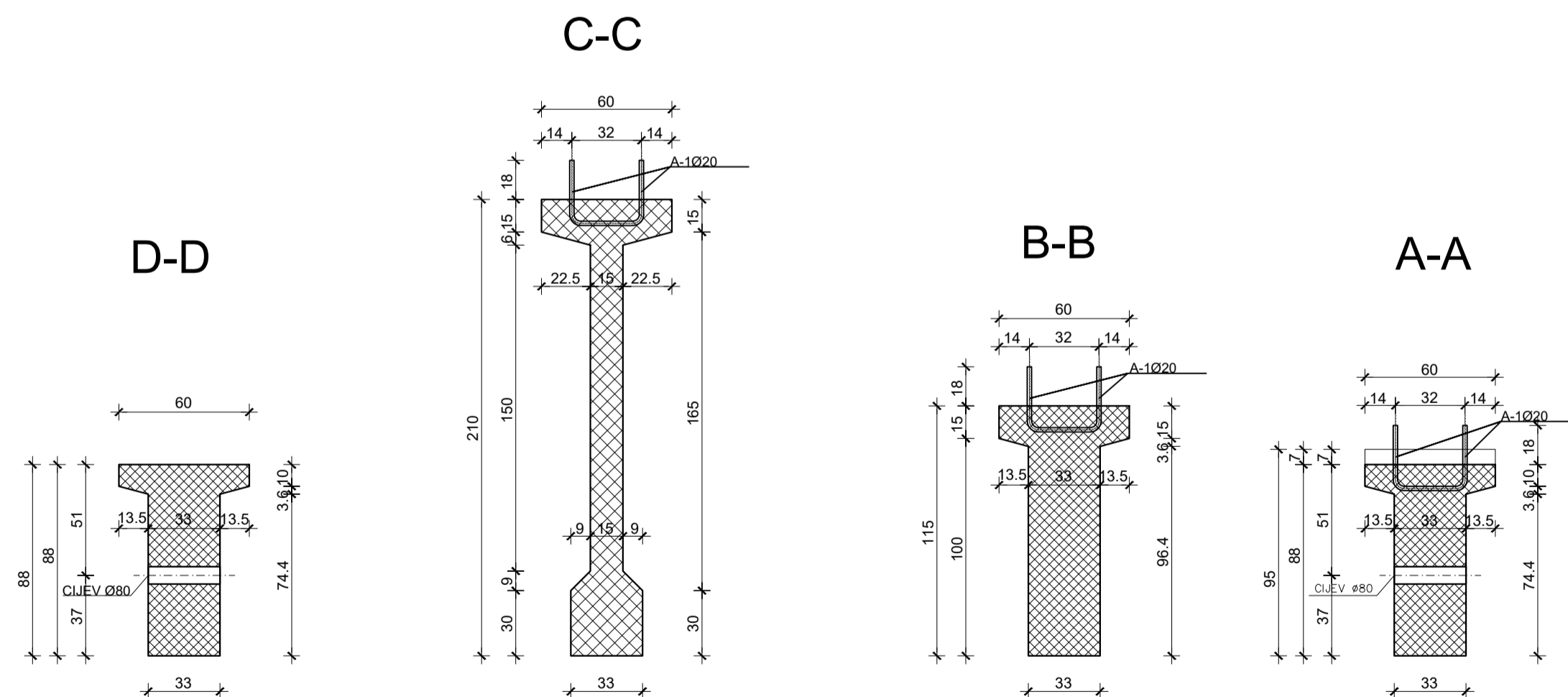
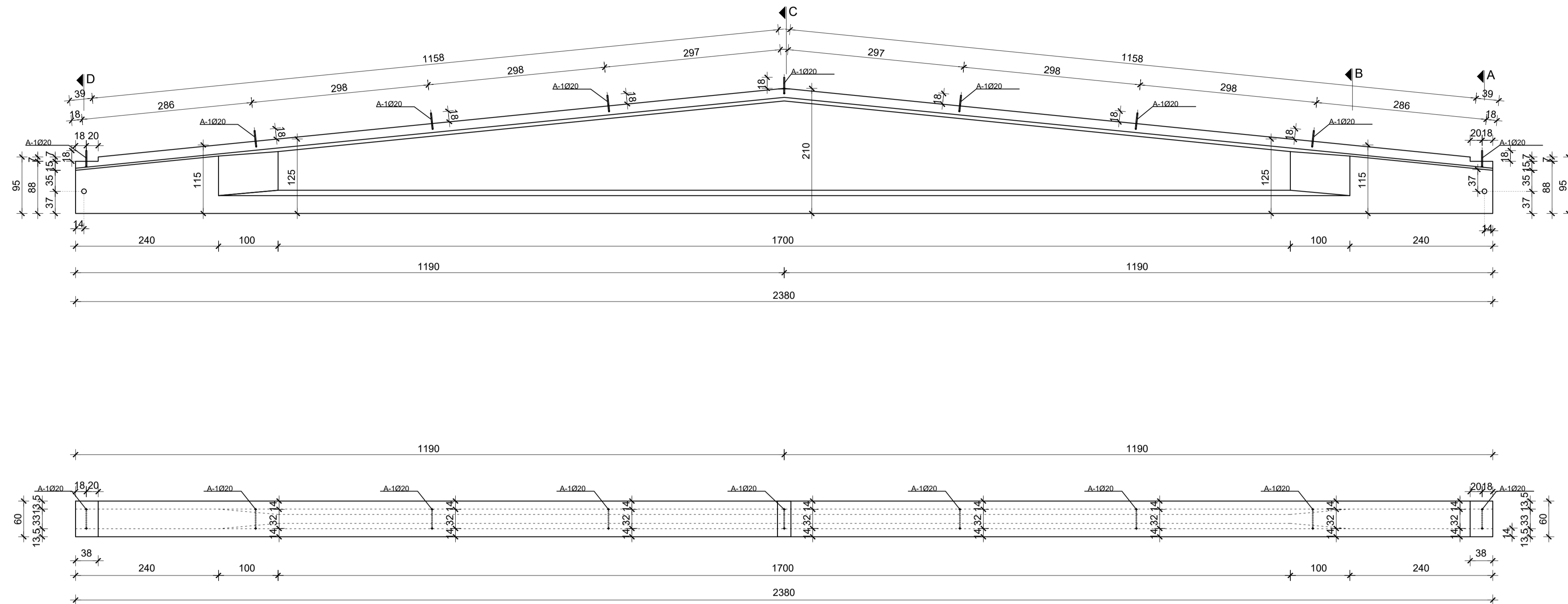


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	NACRT I ISKAZ ARMATURE KONZOLE K1	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 11
		M 1:50

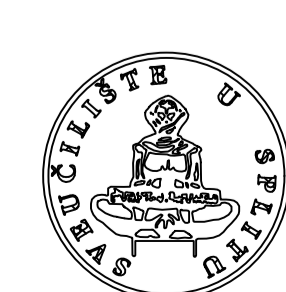
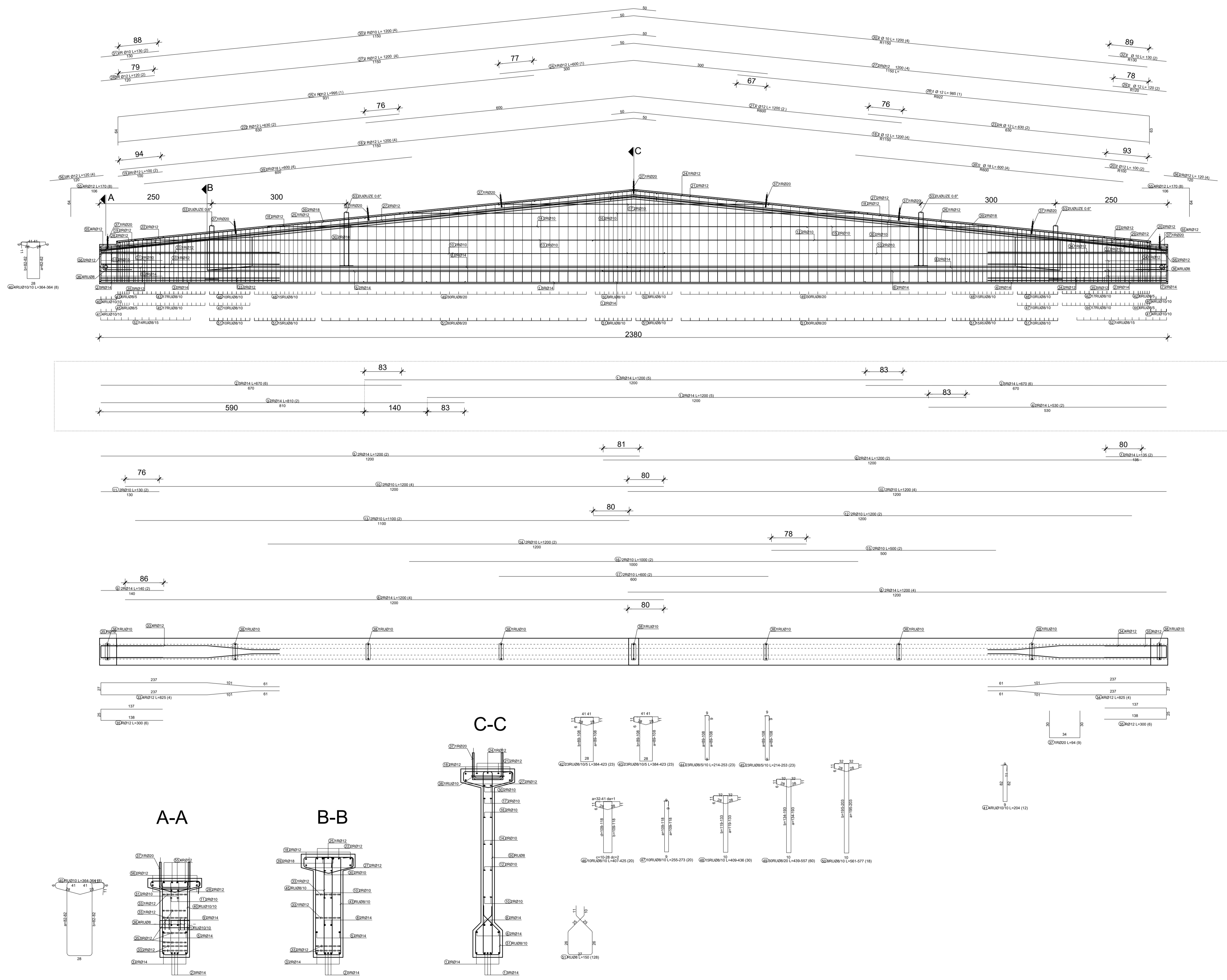
# PLAN OPLATE NOSAČA A-210



	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	PLAN OPLATE NOSAČA A-210	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 12	M 1:50



# NACRT ARMATURE NOSAČA A-210



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ NACRT ARMATURE NOSAČA A-210

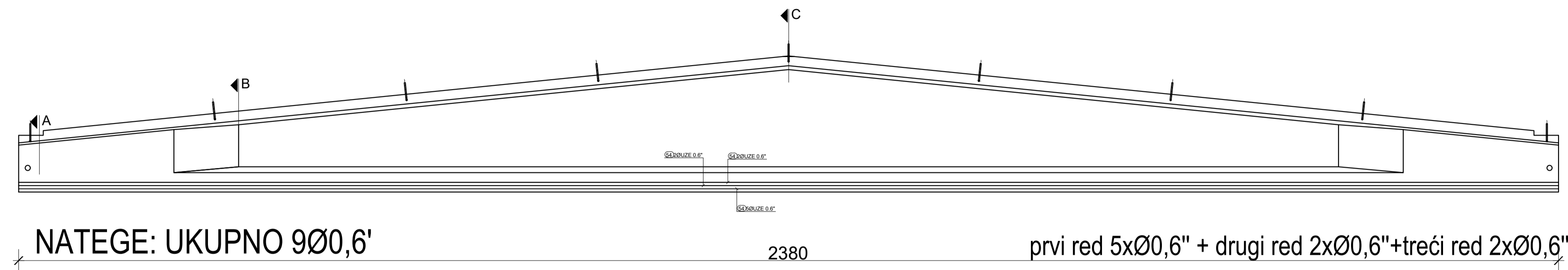
MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

STUDENT MARKO GALIĆ PRILOG 13

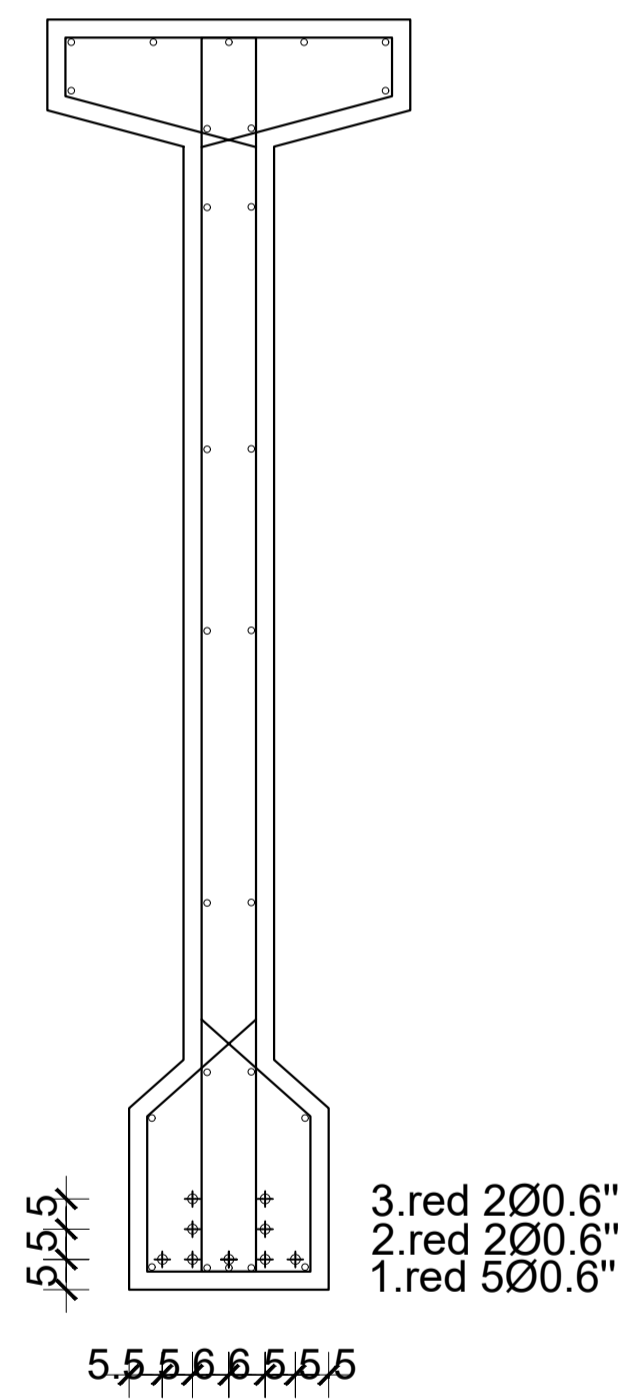
AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

M 1:50

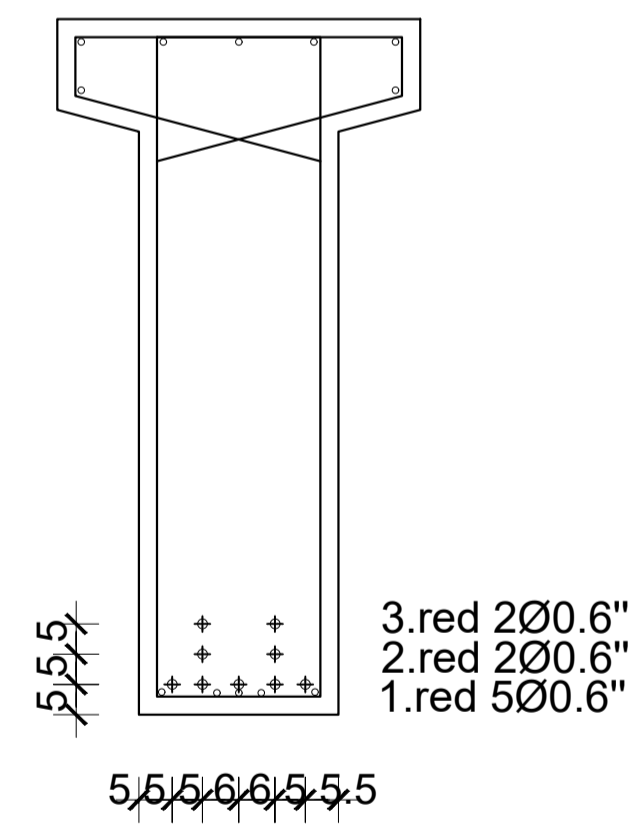
# RASPORED NATEGA NOSAČA A-210



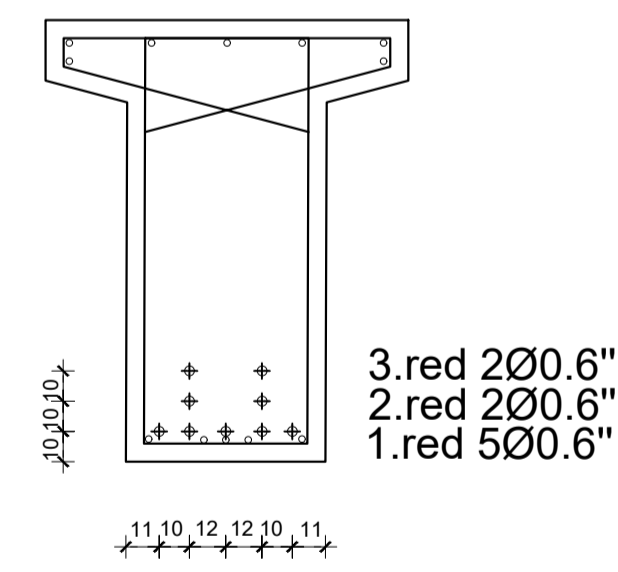
C-C



B-B



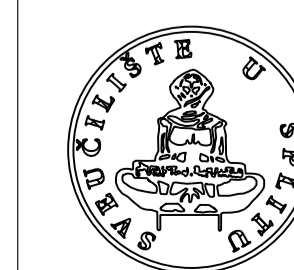
A-A



**KVALITETA MATERIJALA:**  
 Užad za prednapinjanje: Y 1860 S7  
 Nenapregnuta armatura: B 500B  
 Beton pri otpuštanju užadi: C30/37  
 Beton u eksploataciji: C40/50

**PREDNAPINJANJE:**  
 Užad za prednapinjanje:  $A_{a1} = 1,40 \text{ cm}^2$   
 1.red: 5 kom Ø0.6" (15,2mm)  
 Sila prednapinjanja užeta: 160 kN  
 Užad za prednapinjanje:  $A_{a1} = 1,40 \text{ cm}^2$   
 2.red: 2 kom Ø0.6" (15,2mm)  
 Sila prednapinjanja užeta: 160 kN

Užad za prednapinjanje:  $A_{a3} = 1,40 \text{ cm}^2$   
 3.red: 2 kom. Ø0.6" (15,2mm)  
 Sila prednapinjanja užeta: 160 kN

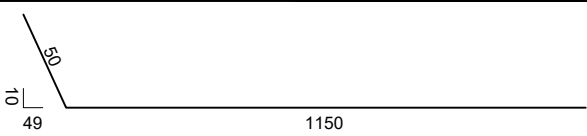
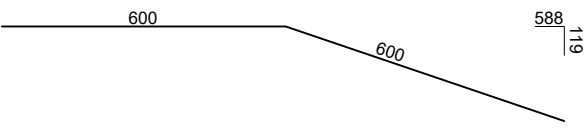
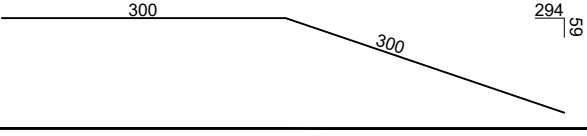
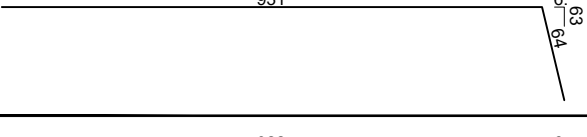



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	RASPORED NATEGA NOSAČA A-210	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 14
		M 1:50

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
GLAVNI NOSAČ A-210 (1 kom)					
1	1200	14	12.00	5	60.00
2	670	14	6.70	6	40.20
3	810	14	8.10	2	16.20
4	530	14	5.30	2	10.60
5	1200	14	12.00	2	24.00
6	1200	14	12.00	2	24.00
7	135	14	1.35	2	2.70
8	1200	14	12.00	4	48.00
9	140	14	1.40	2	2.80
10	1200	10	12.00	4	48.00
11	130	10	1.30	2	2.60
12	1200	10	12.00	2	24.00
13	1100	10	11.00	2	22.00
14	1200	10	12.00	2	24.00
15	500	10	5.00	2	10.00
16	1000	10	10.00	2	20.00
17	600	10	6.00	2	12.00
18		12	12.00	4	48.00
19	100	12	1.00	2	2.00
20	100	12	1.00	2	2.00
21		12	12.00	2	24.00
22	630	12	6.30	2	12.60
23	630	12	6.30	2	12.60
24		12	6.00	1	6.00
25		12	9.95	1	9.95
26		12	9.85	1	9.85

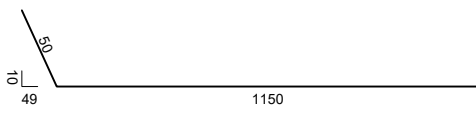
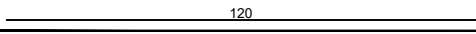
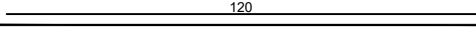
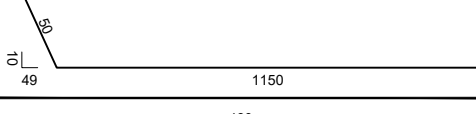
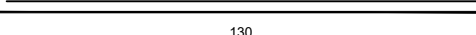
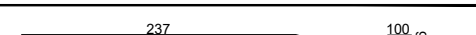
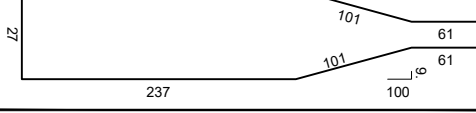
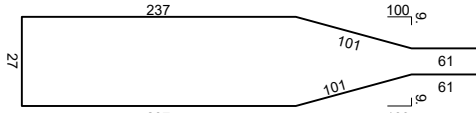
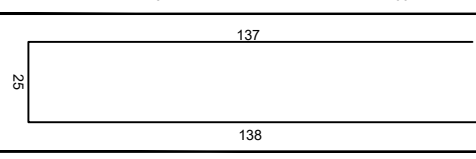
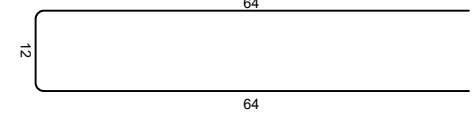
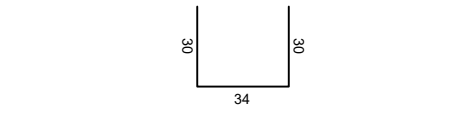
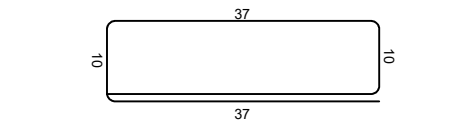
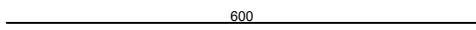


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 15
		M -

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
27		12	12.00	4	48.00
28		12	1.20	2	2.40
29		12	1.20	2	2.40
30		10	12.00	4	48.00
31		10	1.30	2	2.60
32		10	1.30	2	2.60
33		12	8.25	4	33.00
34		12	8.25	4	33.00
35		12	3.00	6	18.00
36		8	1.40	8	11.20
37		20	0.94	9	8.46
38		10	1.31	9	11.79
39		18	6.00	4	24.00



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

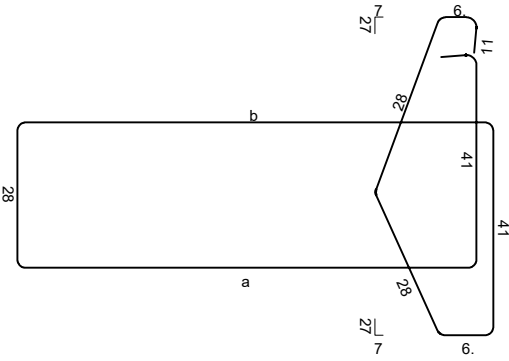
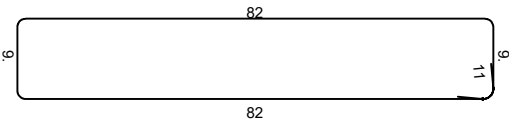
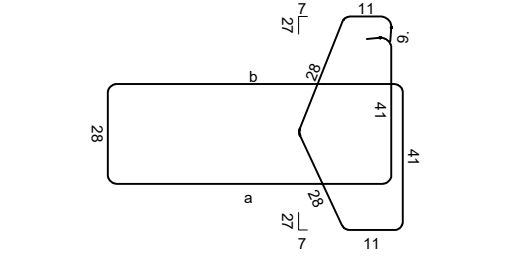
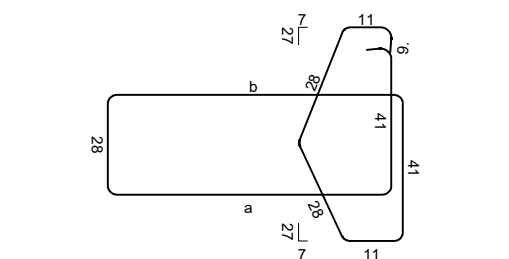
STUDENT MARKO GALIĆ

PRILOG 16

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

M -

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lg <sub>n</sub> [m]
40	 <p>2 x : a = 82, 82, 82, 82 b = 82, 82, 82, 82</p>	10	*3.64	2 x 4	29.12
41		10	2.04	12	24.48
42	 <p>1. a = 108, 107, 107, 106, 105, 104, 103, 102, 101, 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93 b = 108, 107, 107, 106, 105, 104, 103, 102, 101, 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93 2. a = 92, 91, 91, 90, 90, 89 b = 92, 91, 91, 90, 90, 89</p>	8	*4.02	1 x 23	92.54
43	 <p>1. a = 108, 107, 106, 106, 105, 104, 103, 102, 101, 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93 b = 108, 107, 106, 106, 105, 104, 103, 102, 101, 100, 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93 2. a = 92, 91, 91, 90, 90, 89 b = 92, 91, 91, 90, 90, 89</p>	8	*4.02	1 x 23	92.52



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

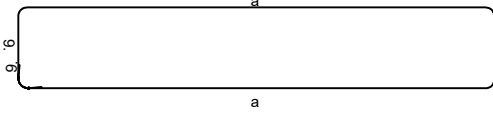
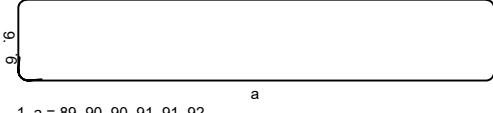
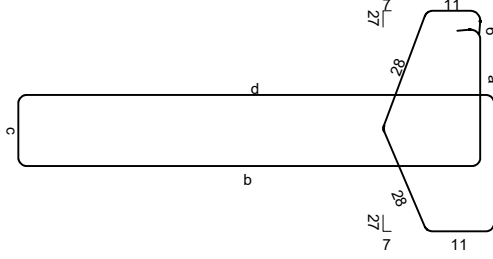
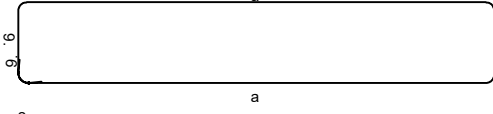
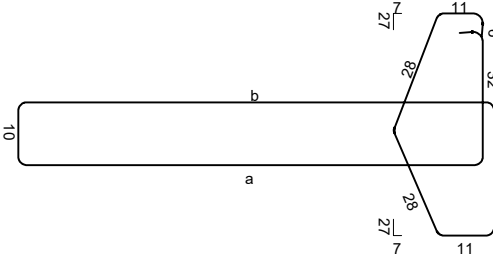
STUDENT MARKO GALIĆ

PRILOG 17

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

M -

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
44	 <p style="margin-top: 5px;">1. a = 89, 90, 90, 91, 91, 92 2. a = 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 106, 107, 108</p>	8	*2.32	1 x 23	53.42
45	 <p style="margin-top: 5px;">1. a = 89, 90, 90, 91, 91, 92 2. a = 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 106, 107, 108</p>	8	*2.32	1 x 23	53.42
46	 <p style="margin-top: 5px;">2 x : a = 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 b = 118, 117, 116, 115, 114, 113, 112, 111, 110, 109 c = 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 d = 118, 117, 116, 115, 114, 113, 112, 111, 110, 109</p>	8	*4.15	2 x 10	83.00
47	 <p style="margin-top: 5px;">2 x : a = 118, 117, 116, 115, 114, 113, 112, 111, 110, 109</p>	8	*2.63	2 x 10	52.60
48	 <p style="margin-top: 5px;">2 x : a = 133, 132, 131, 130, 129, 128, 127, 126, 125, 124, 123, 122, 121, 120, 119 b = 133, 132, 131, 130, 129, 128, 127, 126, 125, 124, 123, 122, 121, 120, 119</p>	8	*4.22	2 x 15	126.60



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

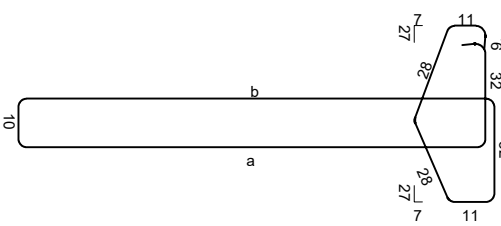
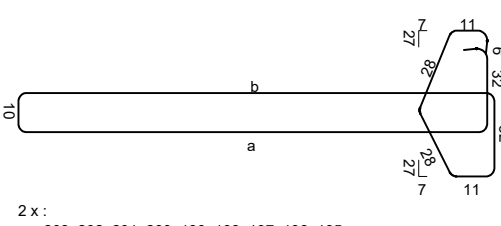
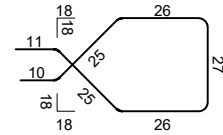
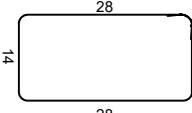
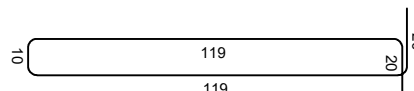
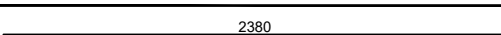
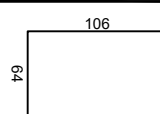
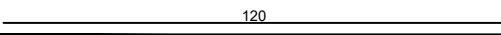
STUDENT MARKO GALIĆ

PRILOG 18

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

M -

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
49	 <p style="margin-top: 10px;">2 x : a = 193, 191, 189, 187, 185, 183, 181, 179, 177, 175, 173, 171, 169, 167, 165, 163, 161, 159, 157, 155, 153, 151, 149, 147, 145, 143, 141, 139, 137, 134 b = 193, 191, 189, 187, 185, 183, 181, 179, 177, 175, 173, 171, 169, 167, 165, 163, 161, 159, 157, 155, 153, 151, 149, 147, 145, 143, 141, 139, 137, 134</p>	8	*4.98	2 x 30	298.76
50	 <p style="margin-top: 10px;">2 x : a = 203, 202, 201, 200, 199, 198, 197, 196, 195 b = 203, 202, 201, 200, 199, 198, 197, 196, 195</p>	8	*5.68	2 x 9	102.24
51		8	1.50	128	192.00
52		8	1.02	28	28.56
53		UZE 0.6"	2.88	8	23.04
54		UZE 0.6"	23.80	9	214.20
55		12	1.70	8	13.60
56		12	1.20	4	4.80



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 19
		M -

# ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lg [m]	Jedinična težina [kg/m <sup>3</sup> ]	Težina [kg]
Y1860 S7			
UZE 0.6"	237.24	1.09	258.59
Ukupno (Y1860 S7)			258.59
B500B			
8	1186.86	0.41	485.43
10	281.19	0.65	182.49
12	282.20	0.92	259.62
Ukupno (B500B)			927.54
B500 B			
14	228.50	1.25	286.08
18	24.00	2.00	47.95
20	8.46	2.45	20.73
Ukupno (B500 B)			354.76
Ukupno			1540.89



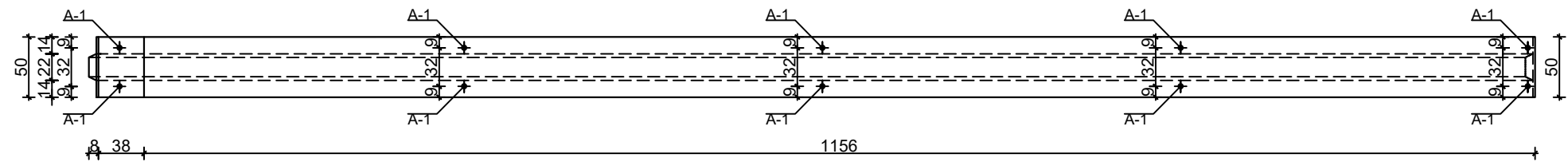
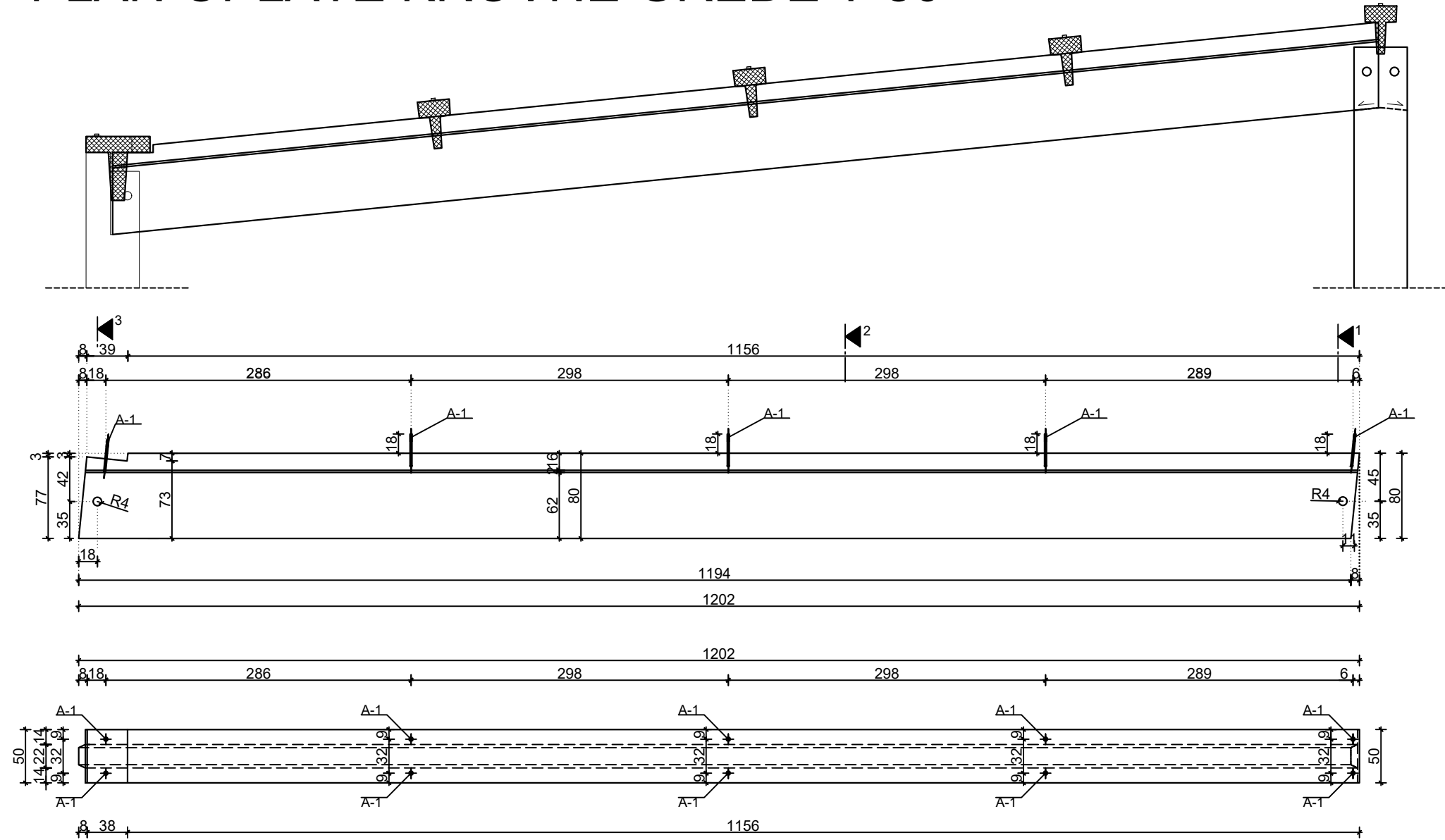
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

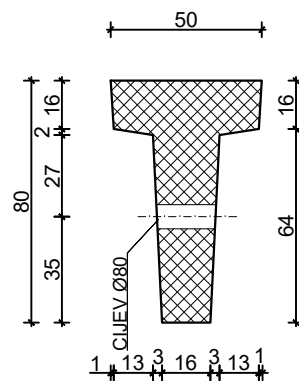
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE NOSAČA A-210	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 20
		M -



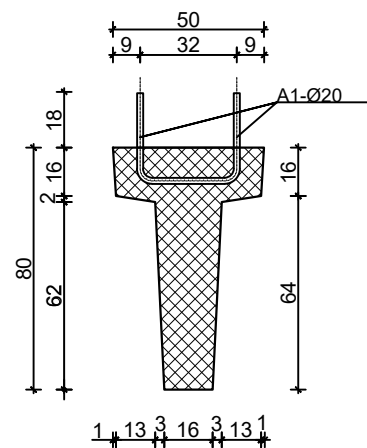
# PLAN OPLATE KROVNE GREDE T-80



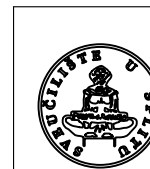
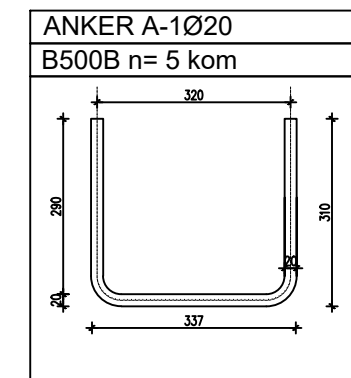
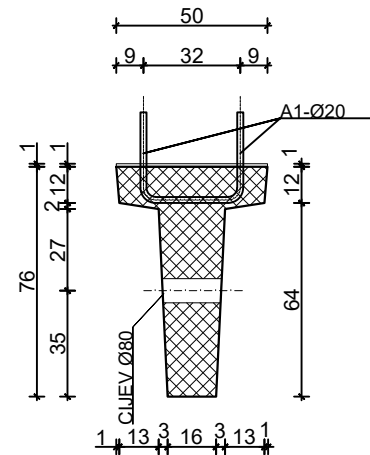
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



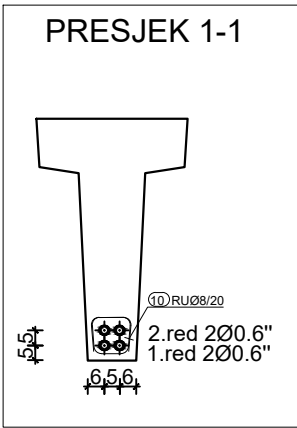
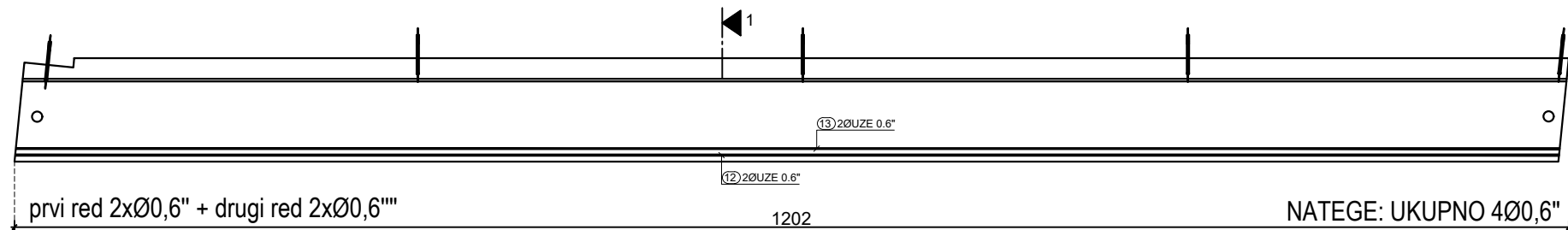
PRESJEK 3-3



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD		
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	PLAN OPLATE KROVNE GREDE T80	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 21
		M 1:50

# RASPORED NATEGA KROVNE GREDE T80

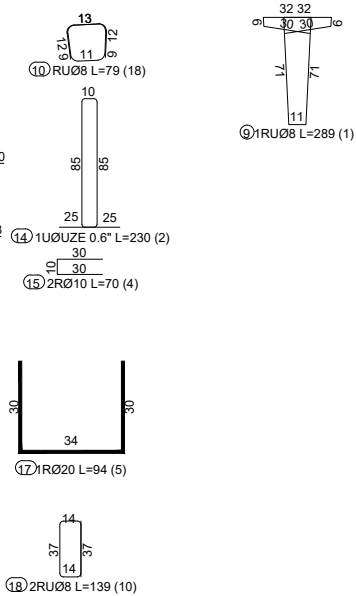
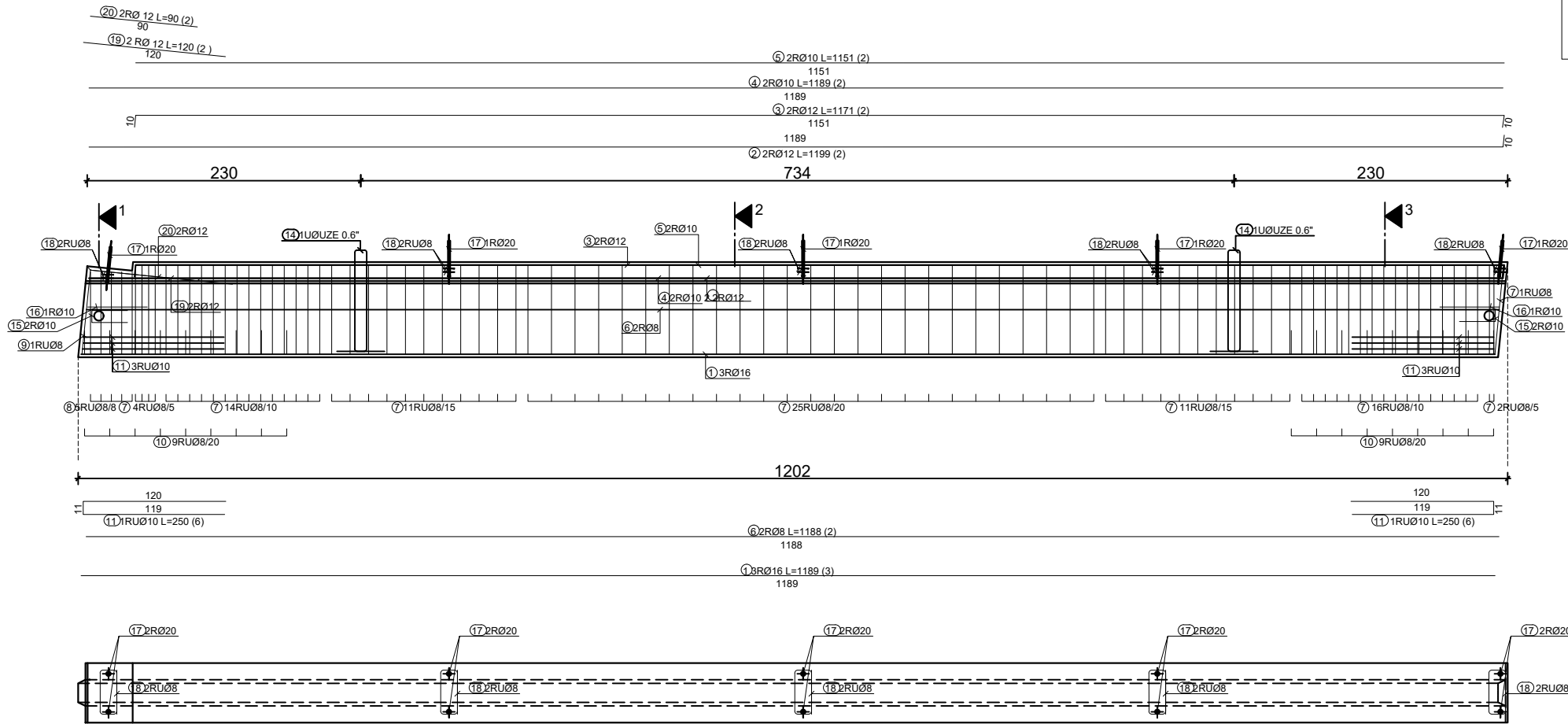


**KVALITETA MATERIJALA:**  
 Užad za prednapinjanje: Y1860S7  
 Nenapregnuta armatura: B 500B  
 Beton pri otpuštanju užad: C35/45  
 Beton u eksploataciji: C40/50

**PREDNAPINANJE:**  
 Užad za prednapinjanje:  $A_a^1 = 1,40 \text{ cm}^2$   
 1.red: 2 kom. Ø0,6" (15.2mm)  
 Sila prednapinjanja užeta: 160 kN

Užad za prednapinjanje:  $A_a^2 = 1,40 \text{ cm}^2$   
 2.red: 2 kom. Ø0,6" (15.2mm)  
 Sila prednapinjanja užeta: 160 kN

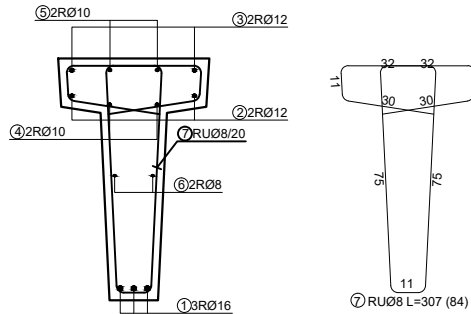
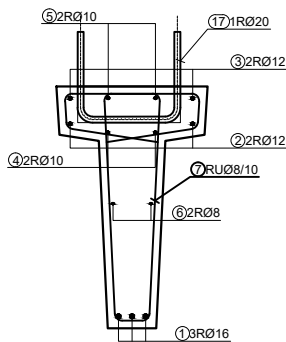
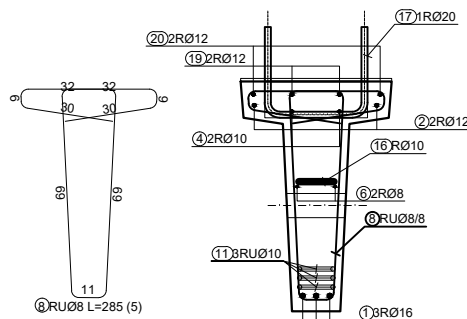
# NACRT ARMATURE KROVNE GREDE T80



PRESJEK 1-1

PRESJEK 2-2

PRESJEK 3-3



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA	GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	RASP. NATEGA I NACRT ARMATURE T80		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 22	M 1:50

# ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80

Šipke specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
<b>KROVNA GREDA T-80 (1 kom)</b>					
1	1189 	16	11.89	3	35.67
2	1189 	12	11.99	2	23.98
3	1151 	12	11.71	2	23.42
4	1189 	10	11.89	2	23.78
5	1151 	10	11.51	2	23.02
6	1188 	8	11.88	2	23.76
7		8	3.07	84	257.88
8		8	2.85	5	14.25



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	M -
	PRILOG 23	

# ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80

Šipke specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	∅	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
9		8	2.89	1	2.89
10		8	0.79	18	14.22
11		10	2.50	6	15.00
12		UZE 0.6"	11.94	2	23.88
13		UZE 0.6"	11.94	2	23.88
14		UZE 0.6"	2.30	2	4.60
15		10	0.70	4	2.80
16		10	1.10	2	2.20

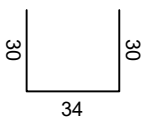
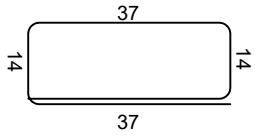


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 24
		M -

# ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80

Šipke specifikacija					
ozn.	oblik i mjere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
17		20	0.94	5	4.70
18		8	1.39	10	13.90
19	_____ 120 _____	12	1.20	2	2.40
20	_____ 90 _____	12	0.90	2	1.80

Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
Y1860			
UZE 0.6"	52.36	1.09	57.07
Ukupno (Y1860)			57.07
B500B			
8	326.90	0.41	133.70
10	66.80	0.65	43.35
12	51.60	0.92	47.47
Ukupno (B500B)			224.53
B500 B			
16	35.67	1.64	58.43
20	4.70	2.45	11.51
Ukupno (B500 B)			69.94
Ukupno			351.54

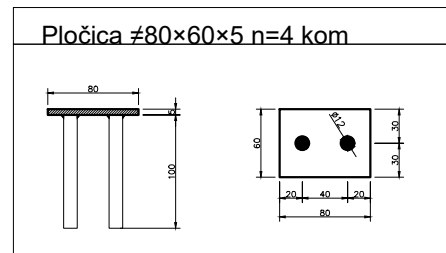
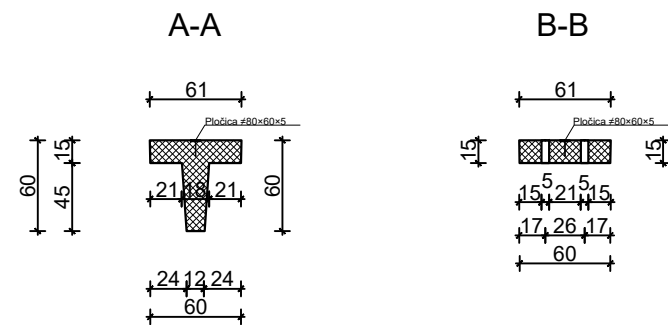
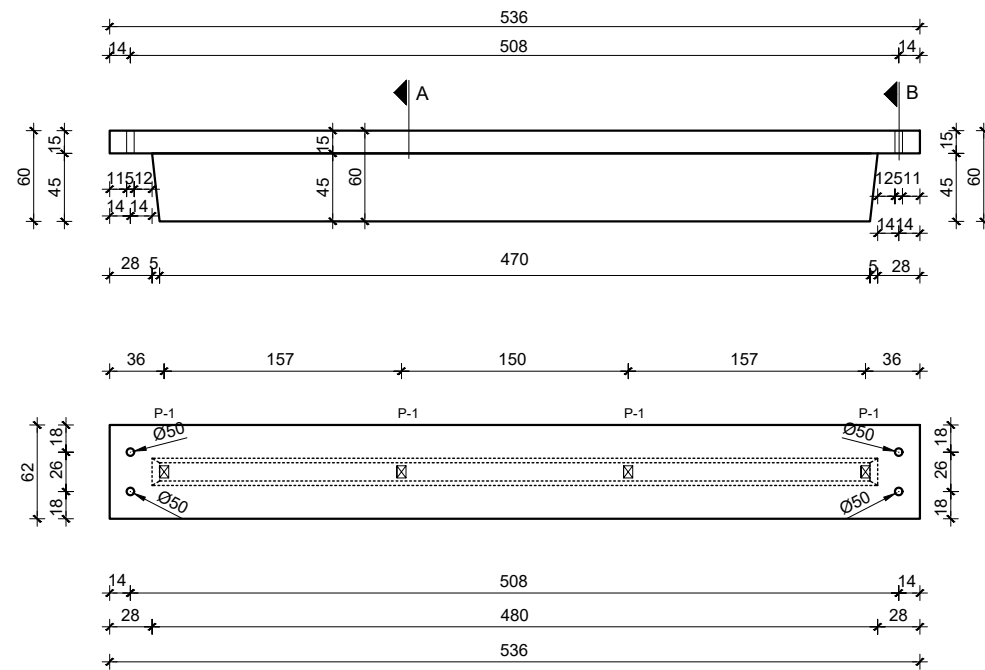


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

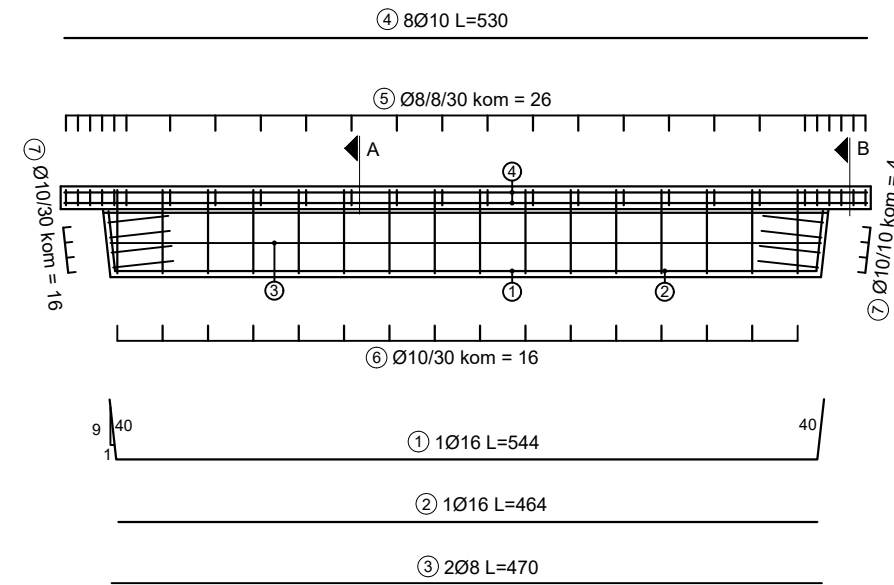
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T80	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 25
		M -

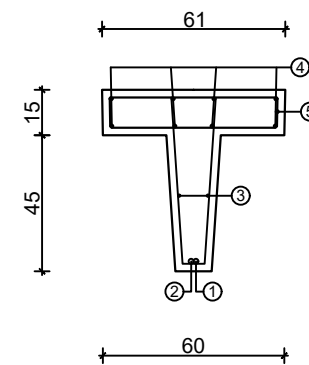
# PLAN OPLATE RUBNE GREDE T-60



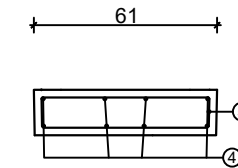
# NACRT ARMATURE RUBNE GREDE T-60



PRESJEK A-A



PRESJEK B-B



FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA

SADRŽAJ PLAN OPLATE I NACRT ARMATURE T60

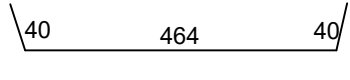
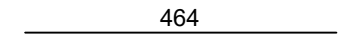
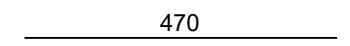
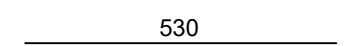
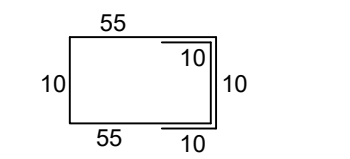
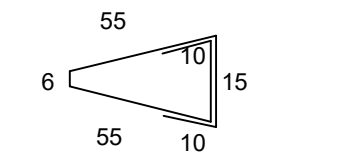
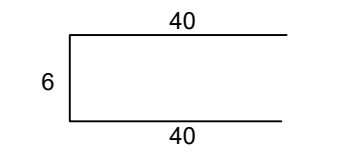
MENTOR prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ

STUDENT MARKO GALIĆ PRILOG 26

AKADEMSKA  
GODINA:  
2022./2023.

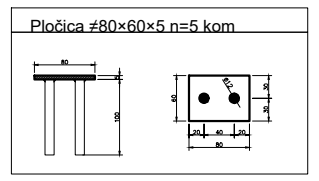
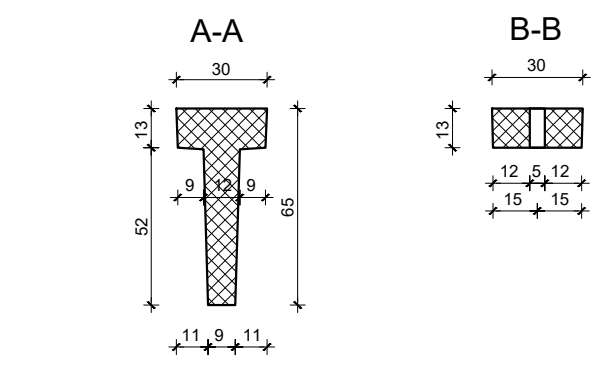
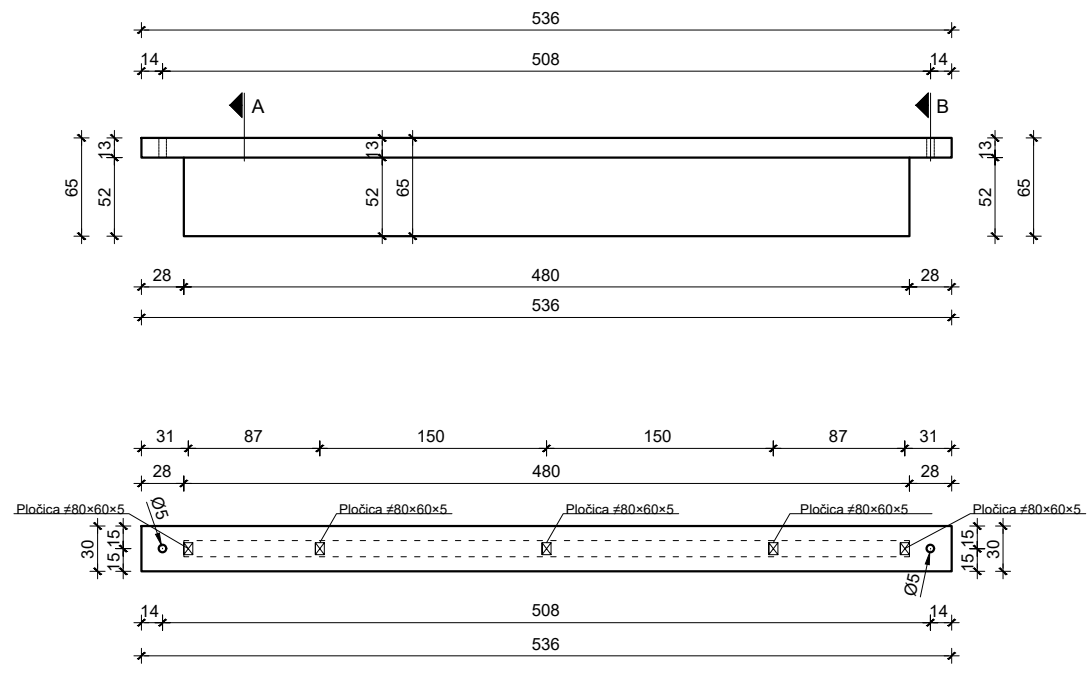
M 1:50

# ISKAZ ARMATURE RUBNE GREDE T60

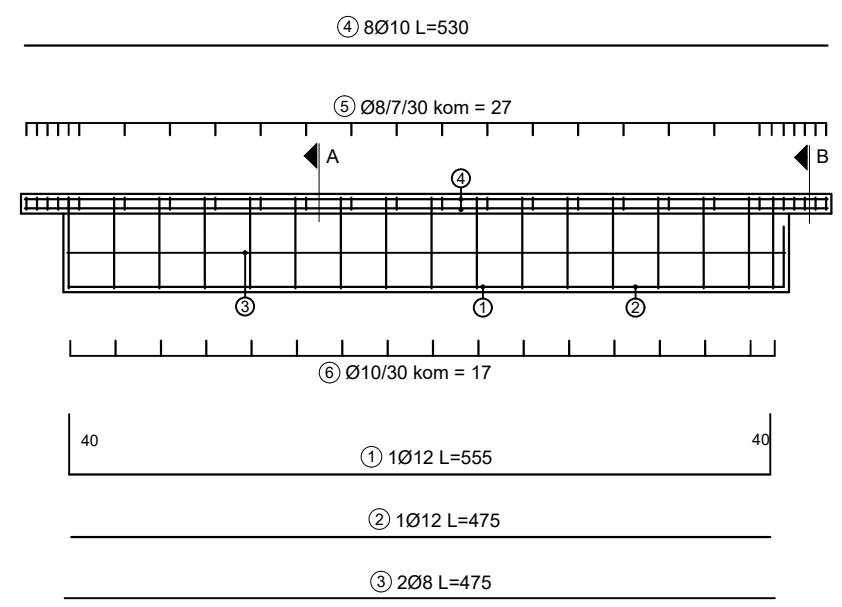
<b>Iskaz rebraste armature</b> Beton: C40/50    Čelik: B500B						
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
①		16	544	1	1,58	8,60
②		16	464	1	1,58	7,33
③		8	470	2	0,395	3,71
④		10	530	8	0,62	26,29
⑤		8	160	26	0,395	16,43
⑥		10	166	16	0,62	16,47
⑦		10	86	8	0,62	4,27
<b>Ukupno (kg) : 82,5</b>						

	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE KROVNE GREDE T60	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 27	M -

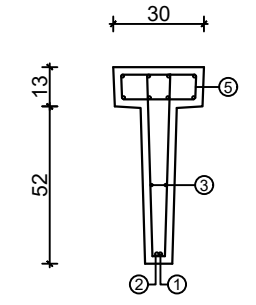
# PLAN OPLATE ROŽNJAČE R-65



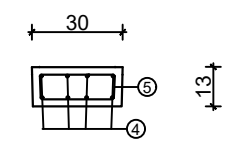
# NACRT ARMATURE ROŽNJAČE R-65



PRESJEK A-A



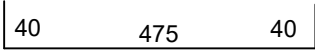
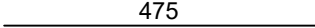
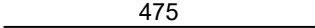
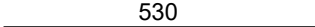
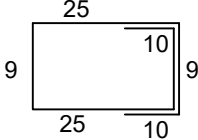
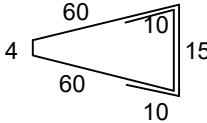
PRESJEK B-B




	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	PLAN OPLATE I NACRT ARMATURE R65	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 28	M 1:50



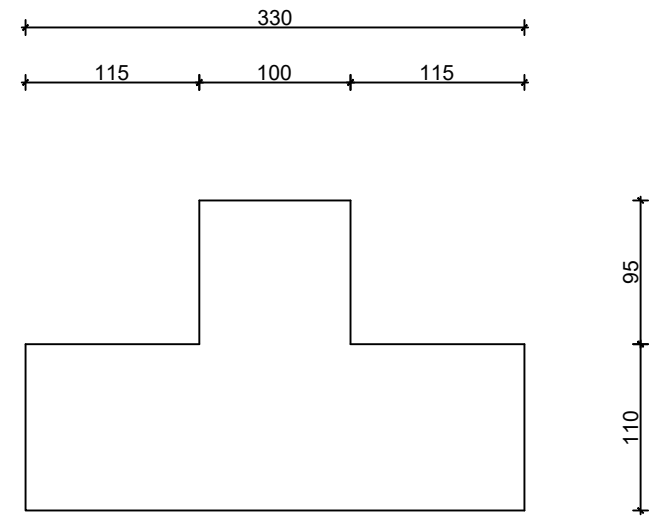
# ISKAZ ARMATURE ROŽNJAČE R65

<b>Iskaz rebraste armature</b> Beton: C40/50    Čelik: B500B							
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)	
①		12	555	1	0,888	4,93	
②		12	475	1	0,888	4,22	
③		8	475	2	0,395	1,88	
④		10	530	8	0,62	3,29	
⑤		8	97	27	0,395	10,45	
⑥		10	174	17	0,62	18,34	
<b>Ukupno (kg) : 43,11</b>							

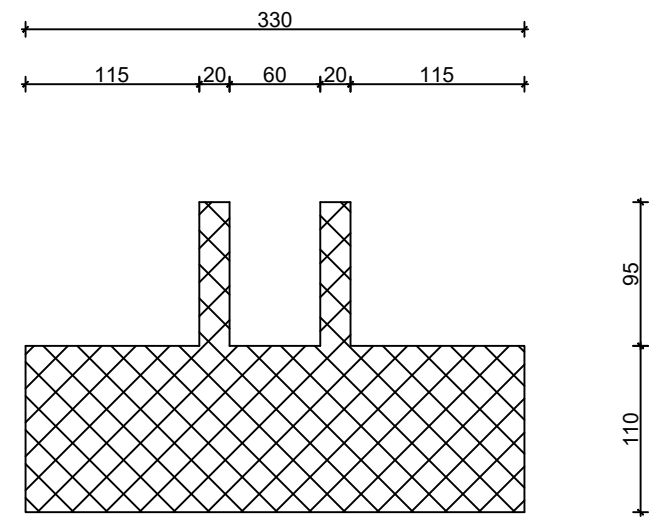
	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE ROŽNJAČE R65	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 29	M -

# PLAN OPLATE TEMELJA

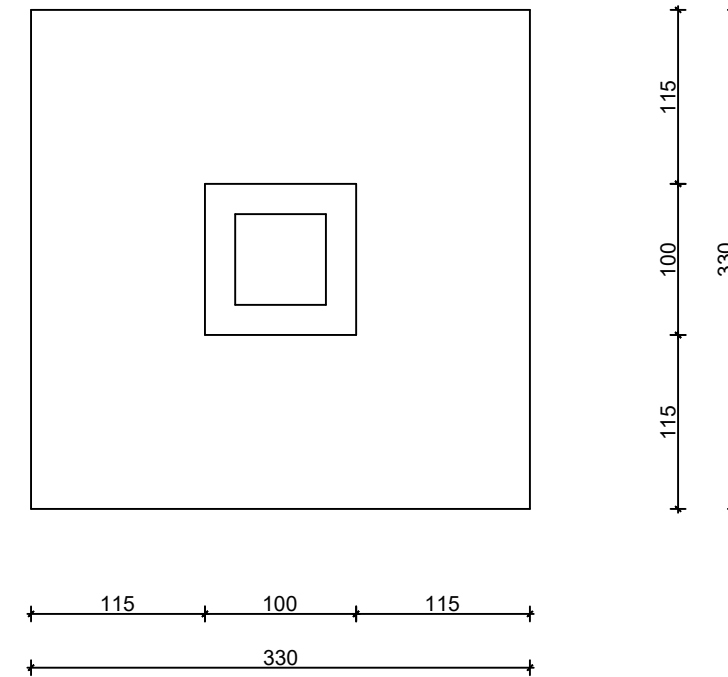
POGLED




PRESJEK



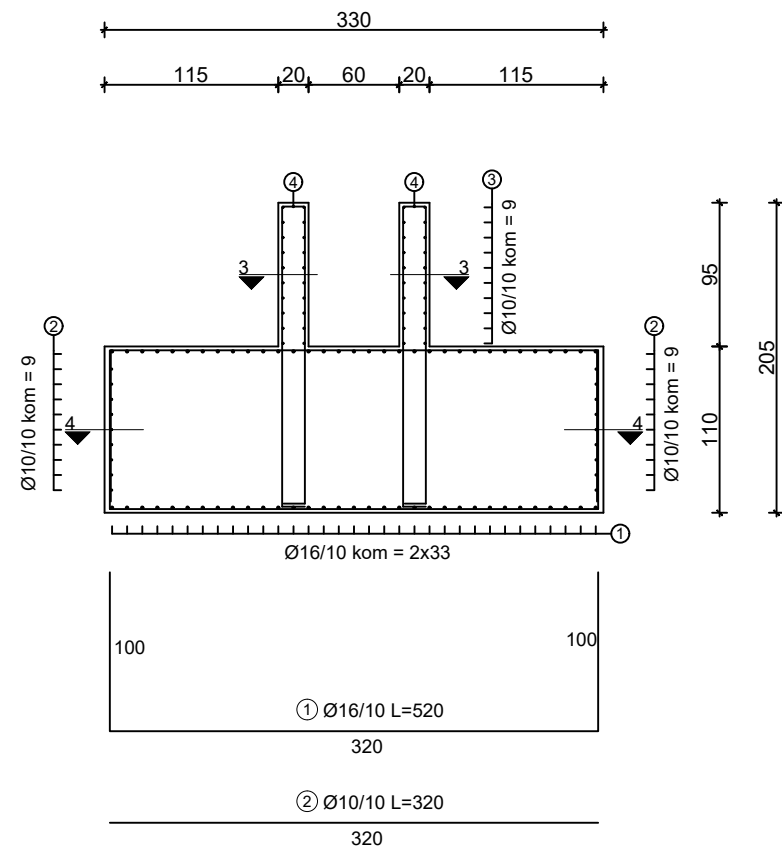
TLOCRT



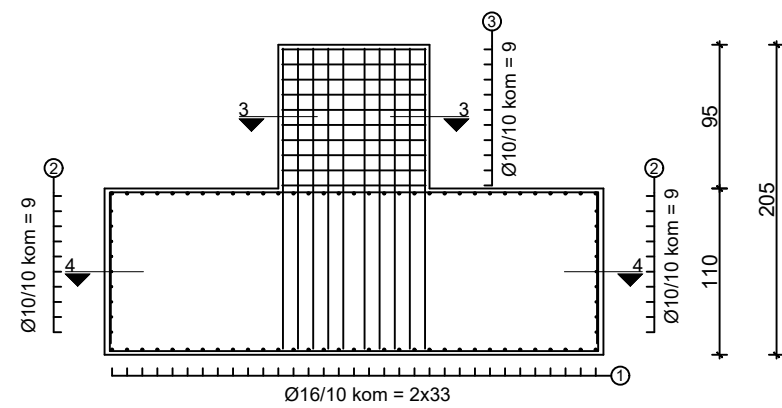
	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	PLAN OPLATE TEMELJA	
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 30	M 1:50

# NACRT ARMATURE TEMELJA

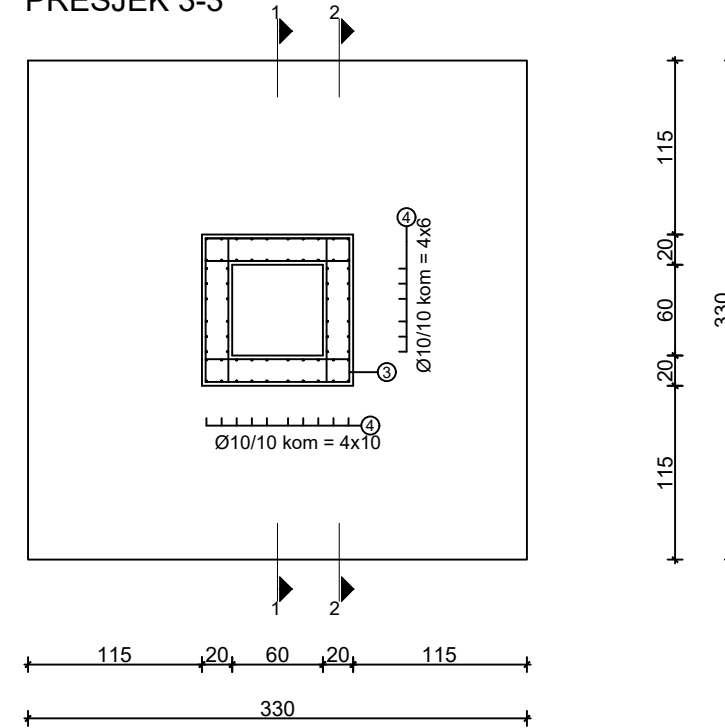
PRESJEK 1-1



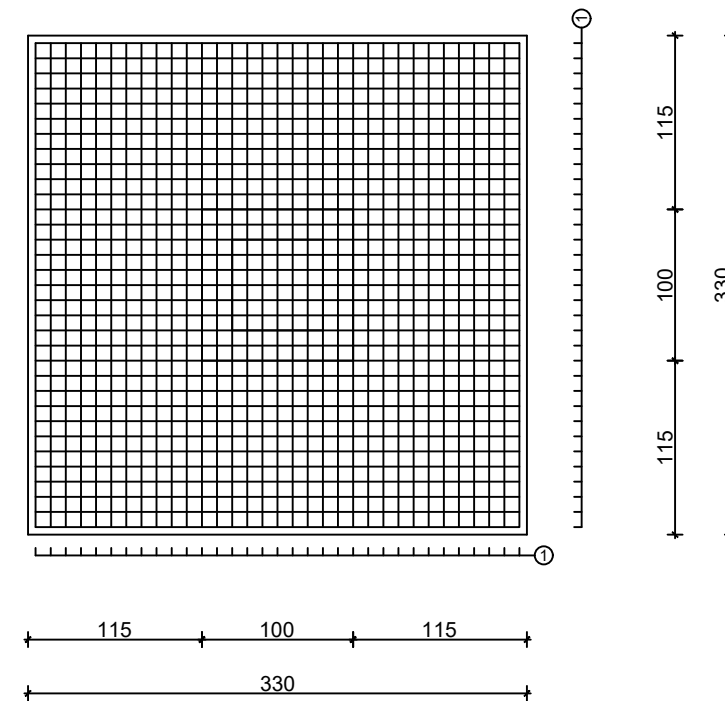
PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



PRESJEK 4-4



FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE			
DIPLOMSKI RAD			
ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.	
SADRŽAJ	NACRT ARMATURE TEMELJA		
MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ		
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 31	M 1:50

# ISKAZ ARMATURE TEMELJA

<b>Iskaz rebraste armature</b> Beton: C40/50    Čelik: B500B						
Pozicija	Oblik	Ø	Duljina L (cm)	Komada	Masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
①		16	520	132	1,58	1084,51
②		10	320	36	0,62	71,42
③		10	245	36	0,62	54,68
④		10	435	64	0,62	172,61
<b>Ukupno (kg) : 1383,22</b>						

	FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	POSLOVNO-PROIZVODNA AB HALA	AKADEMSKA GODINA: 2022./2023.
	SADRŽAJ	ISKAZ ARMATURE TEMELJA	
	MENTOR	prof. dr. sc. NIKOLA GRGIĆ	
STUDENT	MARKO GALIĆ	PRILOG 32	
		M -	