

# Projekt mehaničke stabilnosti i otpornosti - školska sportska dvorana

---

**Brković, Frane**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:331663>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-29**



*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**

**Frane Brković**

**Split, 2024.**

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

**Frane Brković**

**Projekt mehaničke stabilnosti i otpornosti  
konstrukcije – školska sportska dvorana**

**Diplomski rad**

**Split, 2024.**

***Sažetak:***

U radu je prikazan glavni projekt školske sportske dvorane. Dvorana će se nalaziti u gradu Splitu na k.č.3663/1, k.o. Split. Konstrukcija objekta je predviđena većim dijelom u monolitnoj klasično armiranoj betonskoj izvedbi, a u dijelu krova dvorane u montažnoj i polumontažnoj izvedbi od prethodno prednapetih nosača. Temelji, podne i međukatne ploče, stupovi i AB zidovi objekta predviđeni su u monolitnoj izvedbi.

***Ključne riječi:***

Školska sportska dvorana, armirani beton, prednapeti beton, projekt mehaničke stabilnosti i otpornosti, monolitna izvedba, polumontažna izvedba

**Project of mechanical stability and resistance of the structure - school sports hall**

***Abstract:***

The paper presents the main project of the school sports hall. The hall will be located in the city of Split at k.č. 3663/1, k.o. Split. The construction of the building is planned for the most part in a monolithic, classically reinforced concrete version, and in the part of the roof of the hall, in a prefabricated and semi-prefabricated version of pre-stressed supports. The foundations, floor and mezzanine slabs, columns and AB walls of the building are provided in a monolithic design.

***Keywords:***

School sports hall, reinforced concrete, prestressed concrete, mechanical stability and resistance project, monolithic design, semi-prefabricated design

## Sadržaj

<b>1. TEHNIČKI DIO</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>Projektni zadatak</i> .....	2
1.2. <i>Tehnički opis</i> .....	3
1.3. <i>Uvod</i> .....	6
1.4. <i>Opis nosive konstrukcije građevine</i> .....	9
1.5. <i>Geotehnički izvještaj</i> .....	13
1.6. <i>Temeljenje</i> .....	20
<b>2. ANALIZA OPTEREĆENJA</b> .....	<b>23</b>
2.1. <i>Općenito</i> .....	24
2.2. <i>Stalno i dodatno stalno raspodijeljeno opterećenje</i> .....	24
2.3. <i>Korisno opterećenje</i> .....	27
2.4. <i>Toplinska djelovanja</i> .....	27
2.5. <i>Opterećenje snijegom</i> .....	30
2.6. <i>Opterećenje vjetrom</i> .....	33
2.7. <i>Opterećenje od potresa</i> .....	43
2.7.1. U prilogu su dati oblici vlastitih vektora za smjer X i Y. ....	44
<b>3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE</b> .....	<b>48</b>
3.1. <i>Kombinacije opterećenja</i> .....	48
3.2. <i>Globalni plan pozicija</i> .....	49
3.3. <i>Proračun krovnog lima Poz. 300</i> .....	50
3.4. <i>Statički proračun horizontalnih montažnih elemenata Poz 300</i> .....	53
3.4.1. <i>Proračun krovne „T“ grede</i> .....	61
3.4.2. <i>Proračun glavnog krovnog „I“ nosača na rasponu L=23.9m</i> .....	61
3.5. <i>Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 300</i> .....	78
3.5.1. <i>Geometrija i proračunski model konstrukcije</i> .....	79
3.5.2. <i>Rezultati proračuna za monolitnu ploču</i> .....	79
3.5.3. <i>Dimenzioniranje ploče</i> .....	80
3.5.4. <i>Rezultati proračuna za grede</i> .....	81
3.5.5. <i>Dimenzioniranje greda - Greda 40/70</i> .....	85

3.5.6. Dimenzioniranje greda - Greda 20/300, 20/180, 20/145, 20/140 .....	87
3.6. Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 200 .....	90
3.6.1. Geometrija i proračunski model konstrukcije .....	90
3.6.2. Rezultati proračuna za monolitnu ploču.....	92
3.6.3. Dimenzioniranje ploče .....	95
3.6.4. Rezultati proračuna za grede .....	96
3.6.5. Dimenzioniranje greda – Greda 40/100 .....	99
3.6.6. Dimenzioniranje greda - Greda 20/65.....	101
3.6.7. Dimenzioniranje greda - Greda 20/50 .....	103
3.6.8. Dimenzioniranje greda - Greda 20/80, 20/170 .....	105
3.7. Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 100 .....	106
3.7.1. Geometrija i proračunski model konstrukcije .....	106
3.7.2. Rezultati proračuna za monolitnu ploču.....	107
3.7.3. Dimenzioniranje ploče .....	108
3.8. Proračun vertikalnih elemenata – ab monolitni zidovi i stupovi.....	109
3.8.1. Prikaz rezultata u stupovima i kontraforama .....	112
3.8.2. Dimenzioniranje stupa S1 presjeka 40x60 .....	119
3.8.3. Dimenzioniranje stupa S2 presjeka 50 x 50: .....	121
3.8.4. Dimenzioniranje Kontrafora K1 presjeka 30 x 120: .....	123
3.9. Geometrija i proračunski model zidova .....	124
3.9.1. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi A.....	125
3.9.2. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B.....	128
3.9.3. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B1 .....	130
3.9.4. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B2.....	132
3.9.5. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B3.....	134
3.9.6. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi C .....	136
3.9.7. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi D .....	139
3.9.9. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi G .....	141
3.9.10. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi H .....	144
3.9.11. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1 .....	145
3.9.12. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1.1 .....	147
3.9.13. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1.2 .....	149
3.9.14. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 2 .....	151
3.9.15. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 3 .....	154
3.9.16. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 3.1 .....	156
3.9.17. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 4 .....	158

3.9.18. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 4.1 .....	160
3.9.19. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 5.1 .....	162
3.9.20. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 6 .....	164
3.9.21. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 6.1 .....	166
3.9.22. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 7 .....	168
3.9.23. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 8 .....	170
<b>3.10. Proračun temelja .....</b>	<b>172</b>
3.10.1. Temeljne trake ispod zidova .....	172
3.10.2. Temelji samci ispod stupova .....	174
3.10.3. Podna AB ploča (d=20 cm): .....	175
<b>4. LITERATURA .....</b>	<b>177</b>
<b>5. GRAFIČKI PRILOZI.....</b>	<b>180</b>
5.1. Plan pozicija temelja.....	180
5.2. Plan pozicija 100 .....	180
5.3. Plan pozicija 200 .....	180
5.4. Plan pozicija 300 .....	180
5.5. Presjek 1-1 .....	180
5.6. Generalni plan pozicija .....	180

# **1. TEHNIČKI DIO**



## **1.1. Projektni zadatak**

STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ GRAĐEVINARSTVO

KANDIDAT: BRKOVIĆ FRANE

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083220109

KATEDRA: Katedra za BETONSKE KONSTRUKCIJE I MOSTOVE

KOLEGIJ: BETONSKE KONSTRUKCIJE 2

## **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Projekt mehaničke stabilnosti i otpornosti školske sportske dvorane

Opis zadatka: Potrebno je izraditi glavni projekt AB konstrukcije školske sportske dvorane. Dvorana je smještena uz osnovnu školu Pujanke u Splitu. Potrebno je izraditi sve proračune i dimenzioniranja kako bise dokazala mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine. Također potrebno je izraditi plan pozicija i skice armature bitnih nosivih elemenata

U Splitu, 15. ožujka 2024. godine

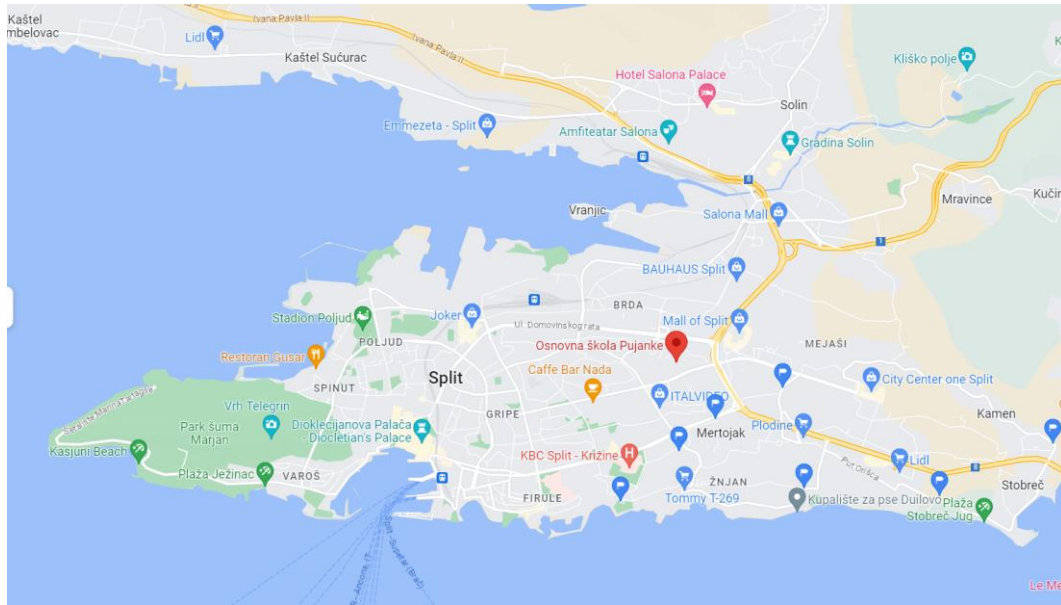
Mentor:

izv. Prof. dr. sc. Nikola Grgić

Predsjednik Povjerenstva za završne  
i diplomske ispite studija Građevinarstvo:  
izv. prof. dr. sc. Ivan Balić

## 1.2. Tehnički opis

Potrebno je izraditi projekt zgrade REKONSTRUKCIJA – DOGRADNJA ZGRADE JAVNE I DRUŠTVENE NAMJENE II. FAZA - DVODJELNA ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA SA PRATEĆIM SADRŽAJIMA TE UREĐENJE TERENA. Predmetna građevina je slobodnostojeća i nalazi se u Splitu, u okviru područja škole na Pujanjkama, na k.č.z. 3663/1, k.o. Split, što se vidi sa slika u nastavku.



Slika 1.1. Položaj Građevine na širem području grada Splita, izvor: Google maps



*Slika 1.2. Sadašnji izgled predmetne čestice (pogled s jugoistoka)*



*Slika 1.3. Iz katastarskog plana*

Zgrada je planirana slobodnostojeća, etažnosti Prizemlje + 1, visine vijenca 1,00 m mjereno od najniže kote uređenog terena uz zgradu. Nadzemni volumen je načelnih dimenzija gabarita 39,6 m × 36,3 m. Zgrada je dužim stranicama položena u smjeru istok - zapad.

Predmetna građevina je pozicionirana neposredno uz Postojeću zgradu osnovne škole Pujanke

### 1.3. Uvod

Ovim projektom obrađena je nosiva konstrukcija građevine “ **II. faza - Dvodjelna školska sportska dvorana s pratećim prostorima**“ na lokaciji k.č. 3663/1; K.O. Split, investitor GRAD SPLIT Obala kneza Branimira 17, 21000 Split, u sklopu glavnog projekta.

Smještaj građevine na parceli prikazan je na grafičkom prilogu **Situacija**, u mjerilu 1:250, koja je izrađena na geodetskoj podlozi. Parcela je nepravilnog oblika, položena u smjeru istok-zapad, širine 156,01 m i dubine 128,98 m. Parcela je u padu prema sjeveru. Ukupna površina predmetne parcele = 10316,00 m<sup>2</sup>.

Dogradnje školske sportske dvorane planirana je s istočne strane postojeće školske zgrade. Planirana dogradnja bi se nastavlja na postojeću školu u smislu dvodjelne školske sportska dvorana. Dimenzije dvorane s pratećim sadržajima su 36,70m x 40,10 m, katnost je P+1. Visina vijenca je 9,35 m.

Ulazi u dvoranu i spoj s postojećom školom organizirani su preko zgloba u sjevernom dijelu dogradnje. Unutar ovog dijela je organizirana vertikalna komunikacija (stubište+ dizalo)- iz smjera školskog dvorišta i pristupnog trga, te toplom vezom iz školske zgrade, tako da su omogućeni svi aspekti zajedničkog/ odvojenog korištenja.

U prizemlju sjevernog dijela dvorane predviđene su dvije baterije svlačionica (dupla svlačionica sa zajedničkim sanitarijama+ dodatni WC iz čistog hodnika), te nastavnički sklop, sa kabinetom TZK, ambulantom i dvije nastavničke prostorije. U južnom dijelu smješten je sam prostor sportskih borilišta (dvodijelna dvorana), sa pripadajućim spremištima sprava, opreme i sredstva za čišćenje, te prostorijom režije.

Na katu sjevernog dijela smješteno je gledalište, koje se sastoji od fiksnog dijela sa kapacitetom od 92 gledatelja, te teleskopskih tribina s kapacitetom od 220 gledatelja, odnosno ukupni kapacitet iznosi 312 gledatelja. Uz gledalište se nalazi dvorana za korektivnu gimnastiku, koja preko staklene stijene galerijski gleda na dvoranu. Uz dvoranu se nalazi pripadajuća baterija svlačionica, te spremište opreme. Na katu u produžetku sjevernog dijela, nalaze se sanitarije za gledatelje i tehničko- energetske blok (prostor za kondicioniranje zraka).

Konstrukcija objekta je predviđena većim dijelom u monolitnoj klasično armiranoj betonskoj izvedbi, a u dijelu krova dvorane u montažnoj i polumontažnoj izvedbi. Temelji, podne i međukatne ploče, stupovi i AB zidovi objekta predviđeni su u monolitnoj izvedbi, dok

su grede krova velike dvorane predviđene u polumontažnoj izvedbi. Pri izradi ovog projekta konstrukcije su uvaženi svi ulazni relevantni podaci iz idejnog projekta vezano za opterećenja, uvjete temeljenja i slično.

Konstruktivski građevina se sastoji iz dva dijela. U južnom dijelu nalazi se od jedna jednoetažna glavna dvorane tlocrtno pravokutnog oblika dimenzija cca 24 x 33 m visine od poda do krovnog nosača cca 7.2 m. Uz južni zid ove dvorane nalazi se spremište dimenzija tlocrtnih dimenzija 24.2 x 3.4 m visine 3.65 m. Ovo spremište je zamišljeno kao monolitno armiranobetonsko, položeno je svojom duljom stranicom uz dvoranu te s glavnom dvoranom dijeli jedan zid. U sjevernom djelu nalazi se dvoetažni dio objekta tlocrtnih dimenzija cca 39.9 x 9.8 m visine iznad poda cca 8 m. Dvije nadzemne etaže ovog dijela objekta su zamišljene kao korisni prostor dok je treću podzemnu etažu potrebno izvesti kao produbljeno temeljenje zbog konfiguracije terena i položaja nosivog tla. Podzemna etaža nema namjenu i nije jednolike visine nego prati konfiguraciju terena tj. njena visina ovisi o dubini do nosivog tla. Sjeverni dio objekta je predviđen neposredno uz postojeći objekt (Školu), a kota temeljenja je predviđena uz kotu temelja postojećeg objekta. Ovaj dio objekta je predviđen u klasičnoj armiranobetonskoj izvedbi. Osnovni nosivi sustav čine armirano betonski trakasti temelji, armirano betonski zidovi, stupovi grede i ploče.

Cijela građevina je približno pravokutnog tlocrtnog oblika te je zamišljena kao jedna dilatacija. Glavna dvorana je jednoetažna, uz iznimku dijela uz južno pročelje gdje uz dvoranu predviđeno spremište, a u sjevernom dijelu dvorane nalazi se spremište teleskopskih tribina. Namjena građevine je sport i rekreacija. Kota gotovog poda prizemlja je kota +1.60 m=+61.22 m.n.m., a vrh sljemena dvorane +11.00 m. Visina vrha krova u odnosu na pod je 9.4 m.

Konstrukcija dvorane je podijeljena na približno pravilne rastere i to na načina da su sva polja horizontalnog rastera 5,4 x 23.9 m.

Zidovi dvorane su monolitni armiranobetonski debljine  $d=20$  cm. Pokrov dvorana je orebrni lim debljine cca  $d=8$  cm na kojeg je postavljena termoizolacija i hidroizolacija. Krov je neprohodni, osim za redovna održavanja. Ovaj građevinski projekt nosive konstrukcije izrađen je za potrebe glavnog projekta te ishoda građevinske dozvole. Prema glavnom projektu bit će izrađen izvedbeni projekt konstrukcije za potrebe izvođenja građevine.

Ovom mapom glavnog projekta konstrukcije (MAPA 2) izrađen je statički proračun nosive AB konstrukcije građevine **DVODJELNA ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA SA**

## **PRATEĆIM SADRŽAJIMA TE UREĐENJE TERENA Dio k.č.z. 3663/1, k.o. Split.**

Sekundarni dijelovi konstrukcija od čelika nisu obrađeni ovim projektom te ih je potrebno obraditi u izvedbenoj dokumentaciji i dostaviti projektantu ovog projekta zbog davanja suglasnosti.

Kao bitni ulazni podaci za izradu ovog projekta konstrukcije korišteni su sljedeći podaci i podloge:

GEOMEHANIČKI ELABORAT (izrađen od strane PROFELIS d.o.o., broj elaborata G-52/07-22 izrađenog u listopadu 2022. godine.)

Arhitektonski glavni projekt (izrađen od strane tvrtke KAPOV, arhitektonski projektirni biro d.o.o., Doverska 24, 21000 Split, Mapa 1 )

PRIKAZ SVIH PRIMIJENJENIH MJERA ZAŠTITE OD POŽARA (vezano za požarnu otpornost nosivih dijelova građevine) izrađen od strane Projektirni ured Kanceljak Marelić d.o.o., Lješnjakovec 1, 10000 Zagreb, Ovlaštena osoba za izradu prikaza: Melita Kanceljak Marelić, dipl.ing.arh. Broj ovlaštenja: 30 TD: 2363

Važeći propisi za proračun betonskih konstrukcija (Eurocode 1,2,3,7,8)

Važeći propisi za proračun otpornosti konstrukcija na potres (Eurocode 8) – vršno ubrzanje za tlo tip A u iznosu od  $a_{gR}=0.219$  g za  $t=475$  god.,  $a_{gR}=0.1112$  g za  $t=95$  god., profil tla A – (vapnenačka stijenska masa).

Svi bitni ulazni parametri iz navedenih podloga i projekata za potrebe proračuna nosive konstrukcije su obrađeni projektom te su ispoštovani svi bitni zahtjevi za nosivu konstrukciju građevine.

#### 1.4. Opis nosive konstrukcije građevine

Imajući u vidu projektni zahtjev u vidu arhitektonskog projekta odabir tipa nosive konstrukcije je prvenstveno vezan za zahtjeve osiguranja adekvatne mehaničke otpornosti i stabilnosti ali isto tako odabir najekonomičnije i najdostupnije tehnologije građenja. Na temelju iskustva dosad izvedenih objekata slične namjene kao najoptimalnija vrsta konstrukcije odabrana je betonska konstrukcija izvedena dijelom monolitnim načinom izgradnje, a dijelom montažnim načinom izgradnje.

Ovim projektom nosiva konstrukcija etaža projektirana je kao armiranobetonska monolitna konstrukcija. Krovna konstrukcija dvorana je predviđena od AB sekundarnih nosača T poprečnog presjeka, raspona  $L=5.4$  m koji se oslanjaju na glavne montažne " I " poprečnog presjeka. Međusobni razmak sekundarnih nosača je prilagođen potrebnom razmaku oslanjanja krovnog lima. Krovni nosači su promjenjivog poprečnog " I " presjeka, raspona  $L=23.9$  m, oslanjaju se na AB monolitne stupove.

Kao vertikalni nosivi sustav glavne dvorane predviđeni su stupovi pravokutnog poprečnog presjeka 40/60cm i armiranobetonski zidovi debljine 20 cm. Predviđeno je da se stupovi i zidovi objekta izvode monolitno, dok se krovne grede glavne dvorane izvode montažno na način da se proizvode u tvornici montažnih elemenata ili na gradilištu te montiraju autodizalicama.

Svi ostali dijelovi građevine za vertikalnu komunikaciju (stubišta) te zidovi su projektirana kao armiranobetonski dijelovi konstrukcije u monolitnoj izvedbi. Debljine AB zidova su 20cm, debljina međukatnih ploča 20 cm.

Krov nad sjevernim dijelom objekta namijenjenog dodatnim sadržajima predviđen je kao ravni neprohodni, a konstrukcija mu je predviđena u vidu monolitne AB ploče  $d=20$  cm na AB monolitnim zidovima s adekvatnom termo i hidro izolacijom s vanjske strane.

Budući da da nema problema sa pojavom podzemnih voda na objektu, tlo ima potrebnu nosivost s obzirom na opterećenja od objekta, dimenzije temelja su projektirane vodeći računa o slijeganjima, za temelje su odabrani jednostavni plitki temelji samci ispod stupova te trakasti temelji ispod zidova. Podna AB ploča na predjelu glavne dvorane predviđena je debljine  $d=20$  cm na dobro zbijenom tamponu. Na dijelu ispod podne ploče gdje se nalazi nekontrolirani nasip prema geomehaničkom elaboratu treba napraviti zamjenu tla i postići zbijenost od 80 MPa. Na



sjevernom dijelu objekta gdje je predviđeno produbljeno temeljenje podna ploča prizemlja se izvodi kao međukatna ploča.

Pregradni zidovi u objektu dijelom projektirani kao kao gipskartonski zidovi (tip kao knauf), a dijelom kao zidani zidovi od pjenobetona ili opeke debljine  $d=20\text{cm}$  i  $25\text{cm}$ .

Minimalna klasa betona svih elemenata AB konstrukcije je C30/37. Zaštitni slojevi betona su određeni iz uvjeta razreda izloženosti elementa konstrukcije te iz zahtjeva požarne otpornosti elemenata konstrukcije. Bez obzira na zahtjeve normi preporuča se minimalna vrijednost zaštitnog sloja betona do armature u svim slučajevima  $c_{\text{min.}} = 3-3.5\text{ cm}$ .

Građevina je projektirana da bude otporna na sile od djelovanja potresa. Potresne karte izrađene od strane Geofizičkog odsjeka, PMF Zagreb, dostupne na web stranici <http://seizkarta.gfz.hr/> s tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade. Prema navednoj karti za točnu lokaciju građevine za povratni period  $T_p = 475$  godina maksimalno horizontalno projektno ubrzanje podloge  $a_{gR} = 0.219\text{ g}$ .

S aspekta potresne otpornosti objekt se konstrukcijski sastoji od AB monolitnih stupova i dijelom AB monolitnih zidova. Elementi konstrukcije će se dimenzionirati i armirati na maksimalne kombinacije djelovanja od vertikalnih i horizontalnih opterećenja sukladno odredbama važećih normi.

Proračunski će se cjelokupni objekt sa aspekta potresne otpornosti i dimenzioniranja temelja promatrati na prostornom 3D modelu. Proračunski model nosive konstrukcije je izrađen u softveru koji izračunava sile metodom konačnih elemenata. Dimenzioniranje će se izvršiti sukladno odredbama važećih propisa (EC1, EC2, EC3, EC7, EC8). Horizontalni međukatni pomaci građevine (interstorey drift) od potresnog djelovanja su određeni za spektar odziva za PP 95 godina za koji je  $a_{gR} = 0.112\text{ g}$ . Proračunski horizontalni međukatni pomaci su u granicama odredbi regulative (1%).

U samom proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ( $\geq 0.15\%$  površine betonskog presjeka za ploče,  $\geq 0.25\%$  površine betonskog presjeka za grede,  $\geq 1\%$  površine betonskog presjeka za stupove).

Tijekom izrade ovog glavnog projekta konstrukcije konceptualno su projektirani instalacijski prodori u konstrukciji za vođenje instalacija. Svi eventualni naknadni prodori kroz nosivu konstrukciju od strane instalatera u fazi izvedbe ne smiju se izvoditi bez odobrenja projektanta konstrukcije, odnosno sagledavanja cjelokupne problematike. Nepoštivanje istog može ozbiljno narušiti sigurnost nosive konstrukcije.

Elementi konstrukcije građevine su dimenzirani i na ostale utjecaje i to: sva stalna djelovanja, korisna djelovanja, utjecaji vjetra (ukoliko su dominantni u odnosu na potresna djelovanja), snijega, tehnološke opreme i slično. Ukoliko u sklopu ovog projekta zbog nedostatnih informacija neka opterećenja od tehnološke opreme nisu uzeta u obzir ili dođe do promjena prilikom izvedbe potrebno je isto korigirati u izvedbenom projektu ili prilikom izvođenja.

Izvođenje građevine je predviđeno na način da se prvo izvedu monolitni temelji samci, monolitni stupovi i zidovi i ploče, zatim se montiraju predgotovljeni elementi te se izvode ostali monolitni dijelovi konstrukcije. Moguće je da se tehnološki bude zahtijevala parcijalna montaža predgotovljenih elemenata i izvedba monolitnih dijelova objekta, te se u tom slučaju mora detaljno razraditi tehnologija izvedbe vodeći računa o stabilnosti pojedinih elemenata, potrebnih podupiranima i slično. Za monolitne dijelove objekta izrada plana njegovanja betona treba biti prilagođena tehnologiji izvedbe.

Prije početka izvedbe izvođač je dužan izraditi plan betoniranja i nadzora i istog dostaviti nadzornoj službi i projektantu konstrukcije na uvid i suglasnost.

Ukoliko se ukaže potreba, obaveza investitora je angažirati ovlaštenu osobu (rudarski inženjer ili geolog) da se izradi Elaborat o iskoristivosti materijala iz iskopa–potencijalna mineralna sirovina, a sve sukladno Pravilniku o postupanju sa viškom iskopa koji predstavlja mineralnu sirovinu kod izvođenja građevinskih radova (NN 79/2014). Na temelju elaborata i ugovorenog troškovnika sukladno projektnoj dokumentaciji investitor je dužan prijaviti višak iskopa na potrebne adrese nadležnih tijela u RH kako bi mogao dobiti povratnu informaciju od državnih tijela o lokaciji za odlaganje tog materijala.

Projektant konstrukcije je građevinske struke i nije kompetentan točno utvrditi koji dio viška iskopa spada u mineralnu sirovinu, a koji ne spada pošto isto može zahtijevati i laboratorijske metode utvrđivanja. Dio materijala iz viška iskopa se također koristi i za

nasipavanje platoa objekta te zatrpavanja, tako da je zapravo izračun viška iskopa, odnosno viška potencijalne mineralne sirovine slijedeći:

VIŠAK ISKOPA = UKUPNI ISKOP – LOŠI MATERIJAL – MATERIJAL KOJI SE NASIPAVA NA PARCELI ILI VRAĆA NAZAD KAO NASIPNI MATERIJAL ILI KROZ ZATRPAVANJA. Točniju količinu viška materijala u početnoj fazi treba procijeniti kroz izvedbeni projekt i troškovnik, a u izvedbi navedenim elaboratom i geodetskim izmjerama.

Projektant može na zahtjev investitora, odnosno nadzorne službe obavljati projektantski nadzor. Troškove projektantskog nadzora u tom slučaju snosi osoba koja je isti zahtijevala.

## 1.5. Geotehnički izvještaj

### Uvod

Pobliži opis istraživanja na lokaciji objekta dan je u GEOTEHNIČKOM ELABORATU koji je izrađen od strane tvrtke PROFELIS d.o.o., Huzjanova 10, 10133 ZAGREB, OIB: 90607895587, Izrađivač: Mirko Petković, mag.ing.aedif.. Broj elaborata: TD 52/22. Najbitniji podaci iz Geotehničkog elaborata za određivanje dimenzija temelja predmetne građevine navedeni su u nastavku. Na osnovi provedenih istražnih radova i provedenih analiza za potrebe temeljenja može se zaključiti da je temeljno tlo pogodno za izgradnju predmetne građevine uz uvažavanje navoda iz Geotehničkog elaborata kao i niže navedenog.

Program geotehničkih istražnih radova određen je na osnovi dostupnih projektnih podataka o postojećim građevinama, tlocrtnog smještaja susjednih objekata, lokalnih uvjeta na terenu, sukladno normama o vrsti i količini istražnih radova, iskustvenim spoznajama o geotehničkim karakteristikama užeg lokaliteta, te vrsti opterećenja na temeljno tlo.

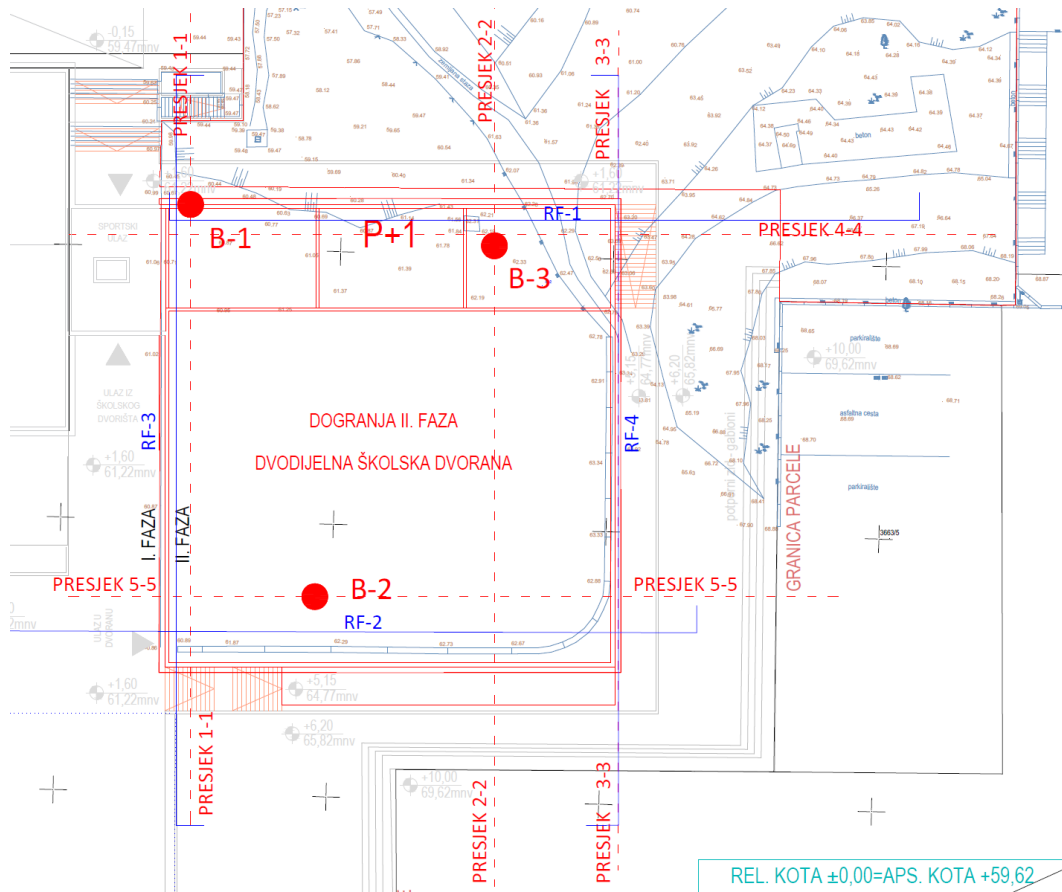
Terenski geotehnički istražni radovi su uključivali ispitivanja tla:

istražno bušenje (3 pozicije),

sondiranje terena i šireg područja geofizičkom metodom seizmičke refrakcije (4 ispitna profila),

laboratorijska ispitivanja uzoraka materijala,

Izrada izvještaja o provedenim ispitivanjima.



Slika 1.4. Situacijski prikaz sa pozicijama istražnih radova

Istražni radovi koji su provedeni s ciljem upoznavanja s geotekničkim karakteristikama temeljnog tla (podaci o uslojenosti i litološkoj građi, fizikalno-mehaničkim karakteristikama pojedinih slojeva tla), uključujući i ostale karakteristike geo-sredine u zoni temeljenja. Geomehanički elaborat predstavlja izvještaj svih podataka istraživanja s davanjem odgovarajućih geotekničkih smjernica kako za projektiranje tako i za izgradnju.

Inženjersko geološke karakteristike naslaga dobivene su prvenstveno inženjerskogeološkim kartiranjem lokacije, geološkom i geomehaničkom determinacijom materijala iz istražnih bušotina, koristeći podatke geomehaničkih ispitivanja materijala (laboratorijska ispitivanja) te interpretacijom rezultata geofizičkih istraživanja. Istraživanu lokaciju izgrađuju materijali različitog inženjerskogeološkog porijekla. Prema inženjerskogeološkim i hidrogeološkim karakteristikama izdvojena su ukupno dva IG člana do provedene dubine istraživanja, flišna stijena izgrađena uglavnom od lapora i deluvijalnog pokrivača. Na lokaciji je zastupljen i nasip nastao prilikom izrade postojećih objekata.

**Nasip (n)** čini materijal nasutog porijekla prisutan je na padini u sjevernom dijelu istraživane lokacije u zoni bušotine B-1. Nastao je prilikom zemljanih radova kod izgradnje škole, a ne razlikuje se bitno od deluvijalnog pokrivača, pa kao takav nije ni posebno izdvajan. Sastoji se od mješavine gline, komada lapora, raznog građevinskog materijala (stiropor, beton, plastika i sl.). Registrirana debljina mu je 4,6 m, uključujući i betonsku ploču debljine 40 cm u dnu intervala. Nasip je rastresit.

**Prvi IG član (deluvij - Q<sub>al</sub>)** čini teren padine od površine izgrađuju naslage kvartarne starosti (Q<sub>al</sub>). Nastale su kao produkt raspadanja stijene u podlozi i gravitacijskim spuštanjem niz padinu. Predstavljene su zaglinjenim prahom smeđe boje, koji sadrži dosta pijeska i šljunka. Niske je plastičnosti, srednje do krute konzistencije. Sadržaj pijeska i šljunka varira i do 50%. Šljunak je poluuglatih do oštrobriđnih zrna veličine d<sub>max</sub> od nekoliko do >10 cm. Registriran je u zoni bušotina B-2 i B-3 gdje mu debljina varira od 1,0 do 2,0 m. Reducirana debljina deluvijalnog pokrivača je posljedica iskopa platoa.

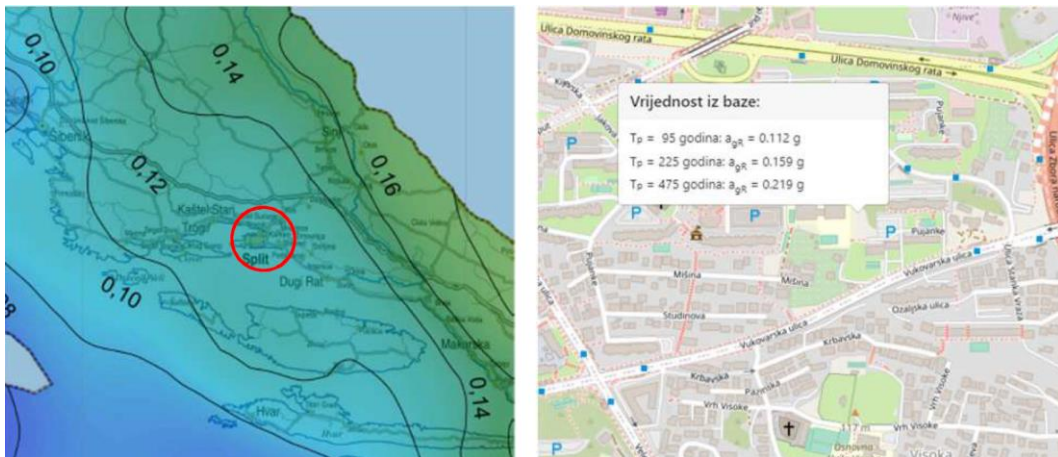
**Drugi IG član (Fliš – E<sub>2,3</sub>)** čini matična stijena je izgrađena uglavnom od lapora. Lapor je sivo plave, rjeđe smeđe boje, masivan do debelo uslojen. Povremeno se unutar lapora javljaju proslojci karbonatnog pješčenjaka. Proslojci pješčenjaka su debljine od nekoliko cm do 1,0 m (B-3). Stijena fliša prostire se do krajnje dubine istraživanja. U gornjem dijelu flišne stijene je registrirana tzv. kora trošenja osnovne stijene. Izgrađuje je trošan i raspadnut lapor uglavnom smeđe i sivosmeđe boje. Lapor se raspada u glinoviti prah koji sadrži komade lapora veličine od nekoliko cm do >10 cm. Registrirana debljina kore trošenja je od 0,4 m (B-1) do 2,5 m (B-3).

Tijekom provođenja istražnih radova nije registrirana pojava podzemne vode. Podaci o utjecaju podzemne vode mjerodavni su za period kada su izvođeni istražni radovi.

Podaci o utjecaju potresa (seizmičkim karakteristikama terena) preuzeti iz Nacionalnih Karata potresnih područja Republike Hrvatske, tiskanih u približnom mjerilu 1:800.000 (autor: M. Herak, Geofizički odsjek, PMF, Zagreb, 2011.). Kartama su definirana potresom uzrokovana vršna ubrzanja (agR) temeljnog tla tipa A, s mogućom vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina, za povratni period potresa 95 godina, odnosno 10% u 50 godina, za povratni period potresa 475 godina, iskazano u jedinicama ubrzanja gravitacije g (1 g= 9.81 m/s<sup>2</sup>). Karte s prikazom ubrzanja tla dio su Nacionalnog dodatka za set normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća

pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade. Uvidom u navedene karte očitava se iznos horizontalnih vršnih ubrzanja temeljnog tla tipa A  $a_{gR} = 0,112 g$  za povratno razdoblje potresa 95 godina, odnosno  $a_{gR} = 0,219 g$  za povratno razdoblje 475 godina.

Na donjoj slici dan je isječak iz Karte potresnih područja za povratni period 475 god., originalnog mjerila 1:800.000, te isječak iz Karte potresnih područja za povratno razdoblje od 95, 225 i 475 god. preuzeto sa aplikacije na linku (<http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/karta.php>).



Slika 1.5. Karte potresnih područja za povratni period 475 god

Istražnim radovima definirano je da je tip temeljnog tla na predmetnoj lokaciji lapor. Za određivanje parametara stijenske mase na projektnoj lokaciji, izvršena je inženjersko-geološka klasifikacija stijenske mase prema Geološkom indeksu čvrstoće (GSI – Geological Strength Index, E. Hoek, 1995). Proračunom nosivosti tla, odnosno dopuštenej čvrstoći naprezanja po kriteriju sloma tla ispod plitko temeljenog krutog pravokutnog temelja proveden je prema izrazu Brinch - Hansena, a u skladu s, Eurocode 7, pristup DA3. U skladu s HRN EN 1997-1:2012 proračun svake konstrukcije čine provjere doseganja graničnih stanja i to graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja uporabivosti.

Proračun je izrađen sa programskim softwareom GEO5 (od proizvođača Fine spol s.r.o. – Češka ). Parametri materijala su usvojeni prema usvojenom proračunskom modelu tla.

Proračun nosivosti tla za očekivano opterećenje je proveden za pretpostavljeno opterećenje za slučajeve temeljenja na temeljnim trakama širine 80 cm i temeljima samcima dimenzija 3x3 m.

**Opterećenje na temeljne trake širine 80 cm:**

**SLS analiza=250,0 kN/m'**

**ULS analiza=1,35\*(250kN/m<sup>2</sup>)=338 kN/ m'**

**Opterećenje na temelje samce 3x3 m:**

**SLS analiza=1500,0 kN**

**ULS analiza=1,35\*(1500kN/m<sup>2</sup>)=2025kN/ m'**

### **Zaključci iz Geotehničkog elaborata**

U nastavku su najbitniji zaključci iz Geotehničkog elaborata. Na osnovu provedenih istražnih radova , laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla te provedenih analiza u geotehničkom elaboratu zaključeno je sljedeće:

Prilikom izrade projekta građevine, odnosno izvođenja novog objekta, treba sagledati vertikalnu heterogenost materijala na projektnoj lokaciji. Teren definiraju sljedeće geotehničke sredine:

**GEOTEHNIČKA SREDINA „1“ (GSR „1“) – Nasip (n)** -Materijal nasutog porijekla prisutan je na padini u sjevernom dijelu istraživane lokacije u zoni bušotine B-1. Nastao je prilikom zemljanih radova kod izgradnje škole, a ne razlikuje se bitno od deluvijalnog pokrivača, pa kao takav nije ni posebno izdvajan. Sastoji se od mješavine gline, komada lapora, raznog građevinskog materijala (stiropor, beton, plastika i sl.). Registrirana debljina mu je 4,6 m, uključujući i betonsku ploču debljine 40 cm u dnu intervala. Nasip je rastresit.

**Prvi IG član (deluvij - Qdl)** - Teren padine od površine izgrađuju naslage kvartarne starosti (Qdl). Nastale su kao produkt raspadanja stijene u podlozi i gravitacijskim spuštanjem niz padinu. Predstavljene su zaglinjenim prahom smeđe boje, koji sadrži dosta pijeska i šljunka. Niske je plastičnosti, srednje do krute konzistencije. Sadržaj pijeska i šljunka varira i do 50%. Šljunak je poluuglatih do oštrobriđnih zrna veličine  $d_{max}$  od nekoliko do  $>10$  cm. Registriran je u zoni bušotina B-2 i B-3 gdje mu debljina varira od 1,0 do 2,0 m. Reducirana debljina deluvijalnog pokrivača je posljedica iskopa platoa.



## **GEOTEHNIČKA SREDINA 2 i 3 (GSR 2 i 3) – osnovna stijena - lapor (MS) Drugi IG član (Fliš – E2,3)**

**GSR 3** - Matična stijena je izgrađena uglavnom od lapora. Lapor je sivo plave, rjeđe smeđe boje, masivan do debelo uslojen. Povremeno se unutar lapora javljaju proslojci karbonatnog pješčenjaka. Proslojci pješčenjaka su debljine od nekoliko cm do 1,0 m (B-3). Stijena fliša prostire se do krajnje dubine istraživanja.

**GSR 2** - U gornjem dijelu flišne stijene je registrirana tzv. kora trošenja osnovne stijene. Izgrađuje je trošan i raspadnut lapor uglavnom smeđe i sivosmeđe boje. Lapor se raspada u glinoviti prah koji sadrži komade lapora veličine od nekoliko cm do >10 cm. Registrirana debljina kore trošenja je od 0,4 m (B-1) do 2,5 m (B-3).

Tijekom istražnih radova nije registrirana pojava podzemne vode. Podaci o utjecaju podzemne vode mjerodavni su za period u kojem se izvode istražni radovi.

Minimalna dubina potrebna za temeljenje na projektnoj lokaciji treba iznositi  $d_{min} = 0,6$  m, budući da se projektna lokacija nalazi u područje "I" na osnovu karti najnižih temperatura zraka u hladu za povratni period od 50 godina ( $T_{MIN,50} = -10^{\circ}C$ ).

**Komentar na prikazanu analizu nosivosti temeljnog tla na osnovu kriterija sloma tla:** Za dokaz nosivost temeljnog tla, prema kriteriju sloma tla, provedene su analize proračuna nosivosti temelja na stijenskoj masi. Predviđeno je da se temeljenje vrši u osnovnoj stijeni odnosno geotehničkoj sredini 3 (GSR3). Dubina temeljenja je predviđena na dubini 2 do 5 m ispod kote postojećeg terena, ovisno o pojavi osnovne stijene i debljini nasipa.

Proračuni granične nosivosti su stijenske mase,  $q_f$ , proveden je prema Goodman-u te određivanje dopuštenog opterećenja tla  $q_{rd}$  prema Serrano i dr.. Vrijednosti dopuštenog opterećenja tla za temelje u geotehničkoj sredini GSR3 iznosi  $q_{rd} = 1,1$  MPa, no obzirom na sami karakter materijala osnovne stijene predlaže se ista ograničiti na **400-450 kPa**. Ukoliko se dubina temeljenja poveća ili se pojavi osnovna stijenska masa boljih fizikalno mehaničkih karakteristika sukladno tome uvjeti temeljna će biti povoljniji.

### **Komentar analize slijeganja:**

Predlaže se objekt temeljiti unutar geotehničke sredine 3 - osnovna stijena. Za takvo temeljenje očekuju se moguće slijeganja do 1,0 cm, a uslijed zatvaranja pukotinskih sustava

unutar stijenske mase i deformacije ispune stijene. Slijeganje će biti manje od najvećeg dopuštenog od 50,0 mm (prema normi HRN EN 1997-1:2004).

### **Kategorizacija iskopa na lokaciji**

Prema Geotehničkom elaboratu za potrebe definiranja kategorizacije iskopa stijenske mase u prethodno definiranim materijalima, na osnovu normami propisanim u “Opći tehnički uvijeti za radove na cestama” – knjiga II (IGH – Zagreb, 2001.), može se

dati sljedeća kategorizacija:

- -iskopi u debljim slojevima čvrstog fliša ( $E_{2,3}$ ) pripadaju “A” ktg. (GSR 3),
- -iskopi u tankoslojevitim naslagama fliša ( $E_{2,3}$ ) pripadaju “B” ktg. (GSR 2),
- -iskopi u kvartarnim naslagama deluvija i nasipu (Q, Qn) pripadaju “C” ktg. iskopa (GSR 1).

Provedenim geotehničkim radovima je utvrđeno da je na projektnoj lokaciji moguće graditi, uz poštivanje važećih geotehničkih uvjeta za građenje. Rezultati istraživanja se odnose na lokaciju na kojoj se vrši istraživanje te je nemoguće iskoristiti kao podlogu na neku sličnu građevinu koja se izvodi na istoj lokaciji.

## 1.6. Temeljenje

Temeljno tlo na lokaciji predstavlja umjetni/prirodni nasip koji prekriva površinu cijelog zahvata izmiješan s sitnim i većim fragmentima autohtone stijene, debljine najviše oko 5.5 m. Zatečeni nasip nije ugrađen prema pravilima izvedbe nasipa, a osobito nije ugrađen kameni materijal ispravne granulacije, tako da se u nasipu zatiču komadi različitog reda veličine. Takav sloj, u zatečenom stanju, nije pogodan za preuzimanje značajnijeg dodatnog opterećenja bez pojave različitog slijeganja ispod mjesta oslanjanja.

Temeljenje je predviđeno u vidu temeljnih stopa (temelja samaca) ispod AB stupova dimenzija cca 3.0x3.0 m i temeljnih traka ispod zidova širine cca 80 cm kako je to predviđeno Geotehničkim elaboratom. Kota temeljenja ovisi o položaju nosivog sloja koji će se utvrditi tijekom izrade zemljanih radova. Predviđena maksimalna dubina temeljenja je na cca 5,8 m ispod kote gotovog poda dvorane u sjeverozapadnom dijelu objekta, dok minimalna dubina na kojoj se izvode temelji veća od 0.60 m izmjereno od gotovo uređene kote terena oko objekta.

Nakon iskopa potrebno je izravnati teren na mjestu temelja mršavim betonom kako bi dobili ravnomjernu podlogu. Prije početka samog betoniranja temelja iskope za temeljenje buduće konstrukcije trebao bi prekontrolirati geomehaničar i ocijeniti da li se zatečeni materijal poklapa sa pretpostavljenim uvjetima te upisom u građevinski dnevnik dopustiti betoniranje temelja. Često se u toj fazi ukazuje potreba sanacije temeljenog tla što treba sugerirati odgovorni geomehaničar.

Uvažavajući heterogenosti i litološki sastav na lokaciji dogradnje temeljenje je potrebno izvršiti isključivo na osnovnoj stijeni odnosno u geotehničkoj sredini GSR 3. Pojava osnovne stijene očekuje se na različitim dubinama duž površine planirane izgradnje odnosno u odnosu na kotu terena (od 0,0 m pa do -5 m).

Prema geotehničkom elaboratu odabrana je prva opcija temeljenja koja podrazumijeva izvedbu temelja na osnovnoj stijeni i kontroliranu izvedbu nasipa do kote podnih ploča. Zamjena materijala ispod podne ploče se izvede u slojevima, poštujući norme za ugrađeni materijal i izvedbu sukladnu pravilima struke. Materijal iz iskopa nije prikladan da bi bio materijal za zasip ili materijal za zamjenu zbog očekivano povećanog udjela glinovite komponente.

Temelje ispod građevine izvesti će se kao temelje samce ili temeljne trake isključivo na stijenskoj podlozi: geotehnička sredina 3 (GSR3). Iskop u zoni temelja do osnovne stijene.

Nakon izvođenja iskopa do definirane kote temelja potrebno je temeljno tlo pročistiti od gline, olabavljenih blokova i kamenja, a prostor do kote temeljenja potrebno je zapuniti podložnim betonom razreda tlačne čvrstoće C16/20 uz moguć dodatak kamenih blokova s maksimalnim volumnim udjelom od 30%.

U okviru geomehantičkog nadzora na terenu, po završetku iskopa na poziciji temelja, a prethodno betoniranju temeljne konstrukcije, uputno je da geomehantičar pregleda iskope. Pregledom temeljnog tla usporedilo bi se stanje zatečeno na terenu s prethodno navedenim u ovom elaboratu, te u slučaju nailaska na značajnije anomalije u građi temeljnog tla dale upute o potrebnim koracima. Tek nakon što se pregleda temeljno tlo od strane geotehničara može se početi sa sljedećom fazom izvođenja radova – ugradnja podložnog betona, temelja itd.

Ukoliko zatečeno stanje na terenu nakon što se izvedu iskopi ukazuje na bitna odstupanja od pretpostavljenog geotehničkog profila potrebno je kontaktirati projektanta, potpisnika ovog projekta kao i ovlaštenog geotehničara.

#### **Uvjeti izvedbe temelja dogradnje**

U okviru geomehantičkog nadzora na terenu potrebno je vršiti kontrolu prema Glavnom projektu.

Ukoliko stanje na terenu nakon izvedenog iskopa ukazuje na bitna odstupanja od pretpostavljenog geotehničkog profila potrebno je kontaktirati projektanta konstrukcije i ovlaštenog geotehničara.

Pokose iskopa za izvedbu temelja izvoditi u stabilnom nagibu, ukoliko bude potrebno mogu se primijeniti neke od mjera privremene zaštite iskopa, a što će biti definirano kroz geotehnički nadzor kod izvedbe. Ovo se osobito odnosi na južnu i istočnu stranu planirane dogradnje gdje je osnovna stijena na površini pokosa.

Minimalna dubina temeljenja je  $D_f=0,6$  m ispod površine terena, na stijeni (GSR 3).

Zemljane radove provoditi u hidrološki povoljnom periodu.

Potrebno je predvidjeti kvalitetnu odvodnju oborinskih voda koje bi se nakupljale na prostoru dvorišta i uređenih površina.

Kako bi se izbjeglo naknadno slijeganje i osigurala kvalitetna drenaža zasipa, prostor iza ukopanih dijelova građevina poželjno je zasuti kvalitetnim kamenim materijalom po drenažnom principu koji će biti zaštićen geotekstilom. U tu svrhu preporučamo da se zasip izvede jalovinskim materijalom iz kamenoloma frakcije 0-100 mm.

U kišnom periodu mogu se pojaviti procjedne vode manjeg kapaciteta na kontaktu propusnih površinskih slojeva i slabije propusne matične stijene, potrebno je izvesti kvalitetnu hidroizolaciju temeljnog dijela građevina te izraditi obodnu i radijalnu drenažu, koju je poželjno spojiti na sustav oborinske odvodnje.

Potrebno je izvesti dilataciju temelja i konstrukcije postojeće zgrade i dogradnje postavljanjem stiropora.

## **2. ANALIZA OPTEREĆENJA**

## 2.1. Općenito

Da bi se ocijenila izvedljivost planirane građevine i adekvatnost predviđenih dimenzija konstruktivnih elemenata, napravljen je kontrolni numerički model. Model je opterećen predvidljivim opterećenjima i analiziran. Neki rezultati prikazani su u nastavku.

## 2.2. Stalno i dodatno stalno raspodijeljeno opterećenje

Stalno opterećenje, koje podrazumijeva vlastitu težinu konstrukcije, uključeno je kroz sami program. Beton je usvojen s:  $\gamma_{AB} = 25.0 \text{ kN/m}^3$ . Čelik je usvojen s  $\gamma_S = 78.5 \text{ kN/m}^3$ .

### Dodatno stalno opterećenje

Dodatno stalno opterećenje je raznoliko unutar objekta. U nastavku je prikazana analiza za svaku zasebnu poziciju.

a) Krovovi

b) K-D1 Ravni krov iznad borilišta sportske dvorane, neprohodni

K-D1 Ravni krov iznad borilišta sportske dvorane, neprohodni	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	g (kN/m <sup>2</sup> )
Riječni oblutci (šljunak frakcije 16/32)	0.05	20	1.0
Razdjelni i zaštitni sloj - geotekstil			
jednoslojna hidroizolacijska TPO membrana	0.01	18	0.18
kamena vuna	0.2	2	0.4
parna brana – ALu polietilenska folija	0.005	20	0.1
Trapezni lim, T80	0.08		0.15
predgotova armiranobetonska konstrukcija – sekundarni nosači	-	-	-
predgotova armiranobetonska konstrukcija – primarni nosači	-	-	-
		<b>S</b>	<b>1.83</b>

c) K-D2 Ravni krov iznad borilišta sportske dvorane, neprohodni

K-D2 Ravni krov iznad borilišta sportske dvorane, neprohodni	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	g (kN/m <sup>2</sup> )
Riječni oblutci (šljunak frakcije 16/32)	0.05	20	1.0
Razdjelni i zaštitni sloj - geotekstil			
jednoslojna hidroizolacijska TPO membrana	0.01	18	0.18
kamena vuna	0.2	2	0.4
parna brana – ALu polietilenska folija	0.005	20	0.1
Trapezni lim, T80	0.08		0.15
Lagani EPS beton u padu	0.05	18	0.9
predgotova armiranobetonska konstrukcija – sekundarni nosači	-	-	-
predgotova armiranobetonska konstrukcija – primarni nosači	-	-	-
		<b>S</b>	<b>2.73</b>

d) K2 Ravni krov, neprohodni + spuštenu strop

K2 Ravni krov, neprohodni + spuštenu strop	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	g (kN/m <sup>2</sup> )
Riječni oblutci (šljunak frakcije 16/32)	0.05	20	1.0
Razdjelni i zaštitni sloj - geotekstil			
jednoslojna hidroizolacijska TPO membrana	0.01	18	0.18
kamena vuna kao	0.2	3	0.6
parna brana – ALu polietilenska folija	0.01	20	0.2
Lagani EPS beton u padu	0.05	18	0.9
armiranobetonska ploča	-	-	-
Zračni prostor spuštenog stropa	-	-	-
Limena podkonstrukcija spušenog stropa	2.8	-	1.25
Gipskartosne ploče	1.25	20	0.25
		<b>S</b>	<b>4.38</b>



d) K3 Ravni krov, neprohodni

K2 Ravni krov, neprohodni + spuštenu strop	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	g (kN/m <sup>2</sup> )
Riječni oblutci (šljunak frakcije 16/32)	0.05	20	1.0
Razdjelni i zaštitni sloj - geotekstil			
jednoslojna hidroizolacijska TPO membrana	0.01	18	0.18
kamena vuna kao	0.2	3	0.6
parna brana – ALu polietilenska folija	0.01	20	0.2
Lagani EPS beton u padu	0.05	18	0.9
armiranobetonska ploča	-	-	-
		<b>S</b>	<b>2.88</b>

e) K5 Ravan prohodan krov iznad spremište sprava

MK6 – ravni krov iznad 5. kata – ozelenjeni krov – slojevi od vrha prema ploči	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	g (kN/m <sup>2</sup> )
štakovane kamene ploče	0.03	24	0.72
Cementni mort	0.02	20	0.4
fleksibilni hidroizolacijski premaz na bazi polimer cementa	0.002	20	0.04
Betonska podloga u padu	0.07	24	1.68
fleksibilni hidroizolacijski premaz na bazi polimer cementa	0.02		0.04
Armiranobetonska ploča	20	-	-
Limena potkonstrukcija od pocinčanih čeličnih profila, CD60/27/06, s ispunom od kamene vune, debljine 20cm			1.85
Gipskartonske ploče u 1 sloj	1.25	18	0.9
završna obrada			
		<b>S</b>	<b>5.63</b>

### 2.3. Korisno opterećenje

Korisno opterećenje svrstavamo u promjenjiva i slobodna opterećenja, a proizlaze iz samog korištenja konstrukcija. Karakteristične vrijednosti opterećenja određuju se u ovisnosti o namjeni konstrukcije.

Odabrana karakteristična vrijednost korisnog opterećenja je sljedeća:

$q_{\text{nor}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$  .....etaže (uključujući stubišta)

$q_{\text{krov}} = 1,0 \text{ kN/m}^2$  .....krov neprohodni

### 2.4. Toplinska djelovanja

Toplinska djelovanja za područje Republike Hrvatske određuju se na temelju karata i tablica koje su sastavni dio NAD-a HRN EN 1991-1-5:



Slika 7.1. Karta područja najviših temperatura zraka u hladu  $T_{max}$

(Slika NAD.1 HRN EN 1991-1-5)

Nadmorska visina do [m]	I. područje [°C]	II. područje [°C]	III. područje [°C]	IV. područje [°C]
100	39	38	42	39
400	36	36	39	39
800	33	34	36	39
1200	30	32	34	--
1600	28	30	31	--

Slika 7.2. Najviše temperature zraka u hladu u ovisnosti o nadmorskoj visini

(Tablica NAD. 1 HRN EN 1991-1-5)



Slika 7.3. Karta područja najnižih temperatura zraka u hladu  $T_{max}$

(Slika NAD.2 HRN EN 1991-1-5)

Nadmorska visina do [m]	I. područje [°C]	II. područje [°C]	III. područje [°C]	IV. područje [°C]	V. područje [°C]
100	-26	-26	-17	-10	-16
400	-23	-26	-19	-13	-18
800	-20	-26	-21	-17	-19
1200	-17	-26	-23	-20	-21
1600	-	-26	-24	-24	-23
>1600	-	-26	-	-26	-24

Tablica 7.1. Najniže temperature zraka u hladu u ovisnosti o nadmorskoj visini

(Tablica NAD. 2 HRN EN 1991-1-5)

Prikazani objekt nalazi se u IV. Području (Split), do 100 m nadmorske visine:

maksimalna temperatura u hladu:  $T_{\max} = 42^{\circ}\text{C}$

minimalna temperatura u hladu:  $T_{\min} = -10^{\circ}\text{C}$

Pretpostavljena temperature pri montaži konstrukcije:  $T = 20^{\circ}\text{C}$

Pretpostavka utjecaja jednolike temperaturne promjene na sve presjecime.

(i) Maksimalni utjecaj pozitivne temperature:

$$T_{\max} = 42^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 22^{\circ}\text{C}$$

(ii) Maksimalni utjecaj negativne temperature:

$$T_{\min} = -10^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = -30^{\circ}\text{C}$$

Nejednolika temperaturna promjena se ne razmatra.

## 2.5. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom spada se u promjenjivo opterećenje. Proračun snijega određuje se na osnovu karakterističnog opterećenja  $s_k$ , koje predstavlja jednoliki snijeg koji je napadao pri mirnim vremenskim uvjetima na ravno tlo. Ova se veličina određuje ovisno o geometriji i obliku krova i utjecajima vjetra na raspodjelu snijega. Opterećenje snijegom definirano je prema normi HRN EN 1991-1-3.

Opterećenje snijegom na krovu:

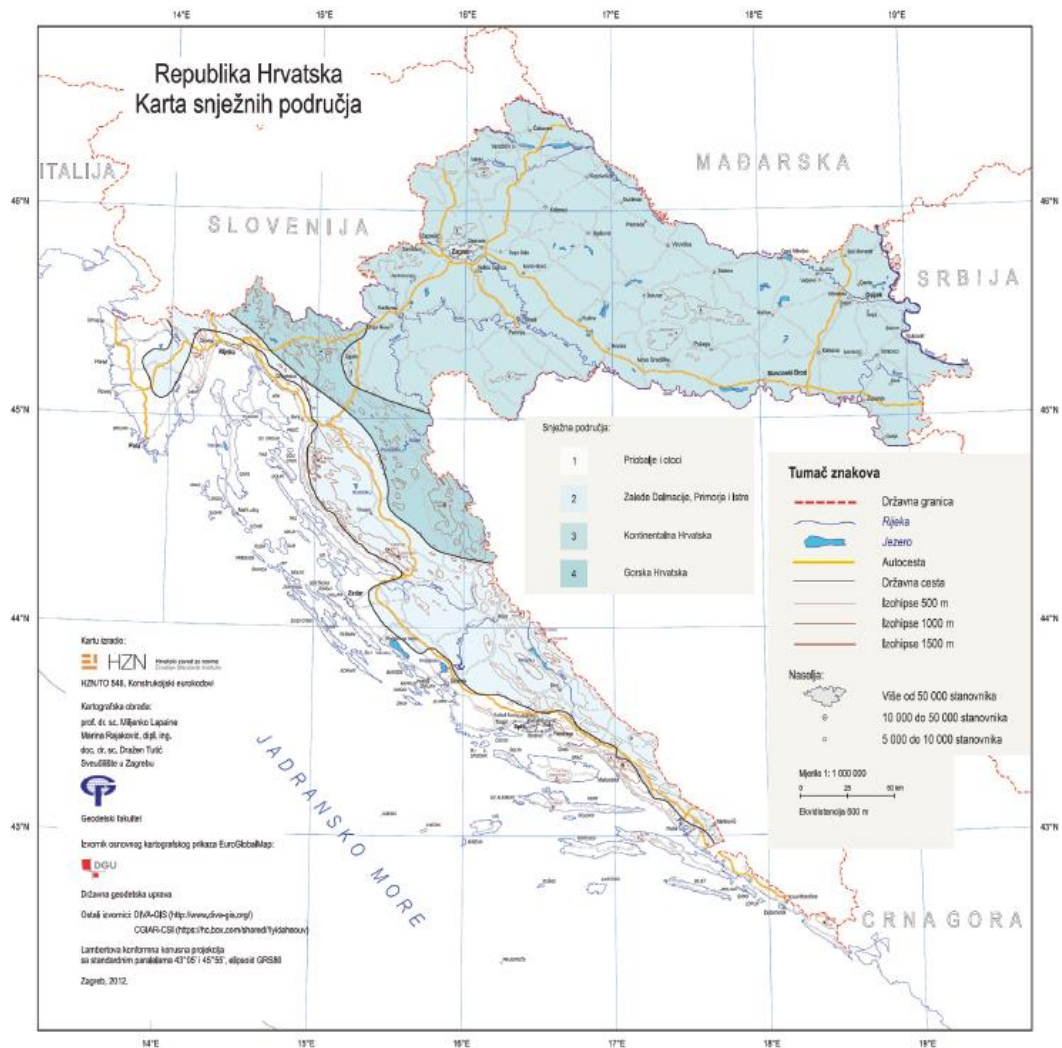
$$s = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k$$

$\mu_1$  – koeficijent oblika za opterećenje snijegom (= 0.8)

$c_e$  – koeficijent izloženosti (=1.0)

$c_t$  – koeficijent topline (=1.0)

Karakteristično opterećenje snijegom ( $s_k$  [kN/m<sup>2</sup>]) na tlu očitava se s karte definirane nacionalnim dodatkom:



Slika 7.4. Karta područja opterećenja snijegom

Opterećenje snijegom na krovnu površinu definiramo izrazom :

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

, gdje su :

$$\mu_i = 0,9 \text{ ; očitano iz priloga „ Tablica 1“ za } \alpha = 5^\circ \text{ (} 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \text{)}$$

$$C_e = 1,0$$

$$C_t = 1,0$$

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalje i otoci [kN/m <sup>2</sup> ]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m <sup>2</sup> ]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m <sup>2</sup> ]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1 000	2,00	4,00	3,50	5,00
1 100	3,00	5,00	4,00	5,50
1 200	4,00	6,00	4,50	6,00
1 300	5,00	7,00		7,00
1 400	6,00	8,00		8,00
1 500		9,00		9,00
1 600		10,00		10,00
1 700		11,00		11,00
1 800		12,00		

Tablica 7.2. Područja opterećenja snijegom

$S_k = 0,75$  ;očitano iz zabllice „ Tablica 2 „, za 1. kategoriju zemljišta ( područje zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre ), nadmorske visine do 100 m n.m.

$$s = 0,9 * 1,0 * 1,0 * 0,75 = \mathbf{0,675} \text{ kN/ m}^2$$

## 2.6. Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom za Republiku Hrvatsku (prema HRN EN 1991-1-4.) određeno je po područjima, na temelju osnovnih poredbenih brzina vjetra (prikazane bojama na karti). Osnovna poredbena brzina vjetra definirana se kao pojava maksimalne brzine 10-minutnog vjetra na 10 m mjereno iznad zaravna tog tla kategorije hrapavosti III za koju se dozvoljava da bude nadmašena jednom u 50 godina.

Opterećenje vjetrom dobijemo kombinacijom :  $W = W_e + W_i$

gdje su,

utjecaj na vanjske površine :  $W_e = q_p(Z_e) * C_{pe}$  [kN/m<sup>2</sup>]

utjecaj unutarnje površine :  $W_e = q_p(Z_e) * C_{pe}$  [kN/m<sup>2</sup>]

Osnovni pritisak vjetra  $q_b$  :

$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$  [kN/m<sup>2</sup>]

iz propisa  $\rho = 1,25$  kg/ m<sup>3</sup>

osnovna brzina vjetra  $v_b$  :

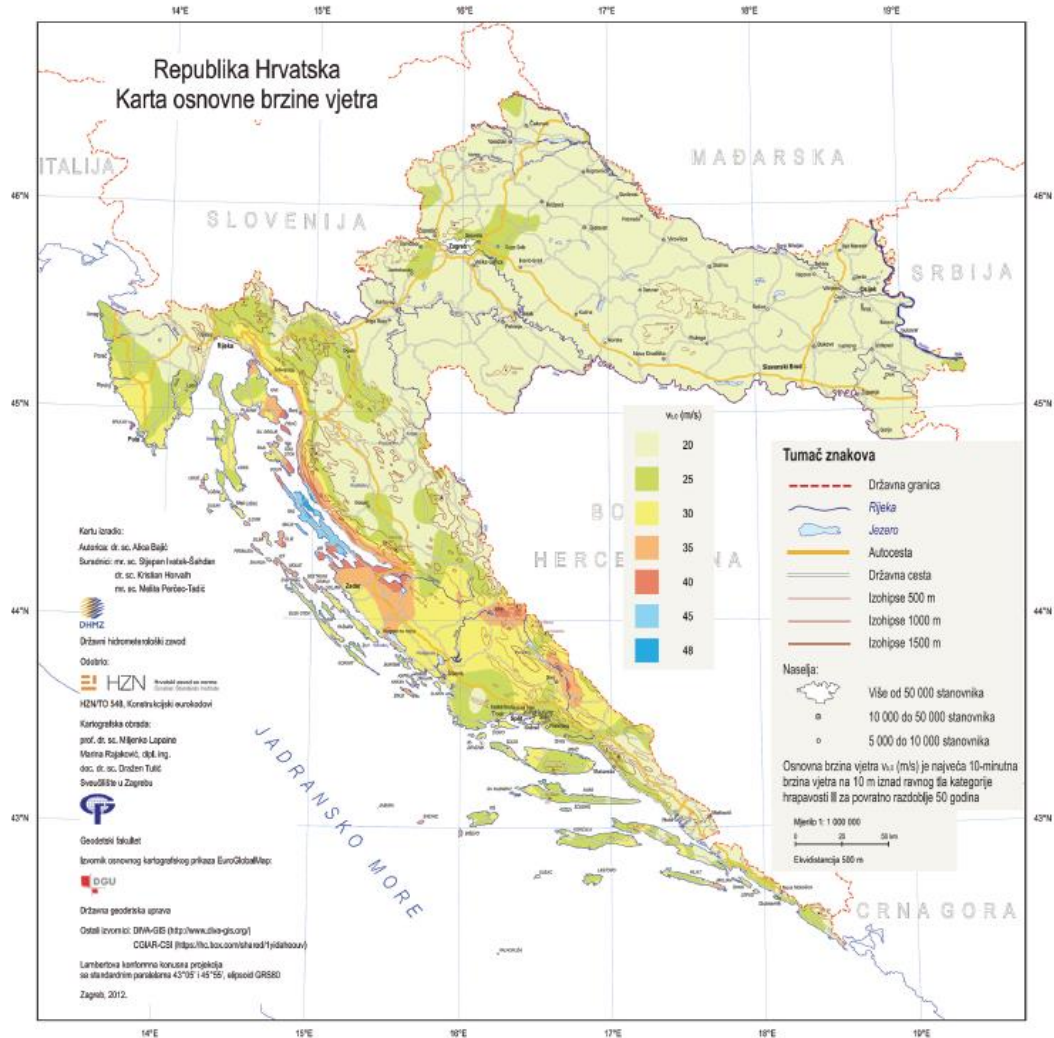
$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$  [m/s]

,gdje su :

$c_{dir} = 1,0$

$c_{season} = 1,0$





Slika 7.5. Karta područja opterećenja vjetrom

(Slika HRN EN 1991-1-4:2012/NA)

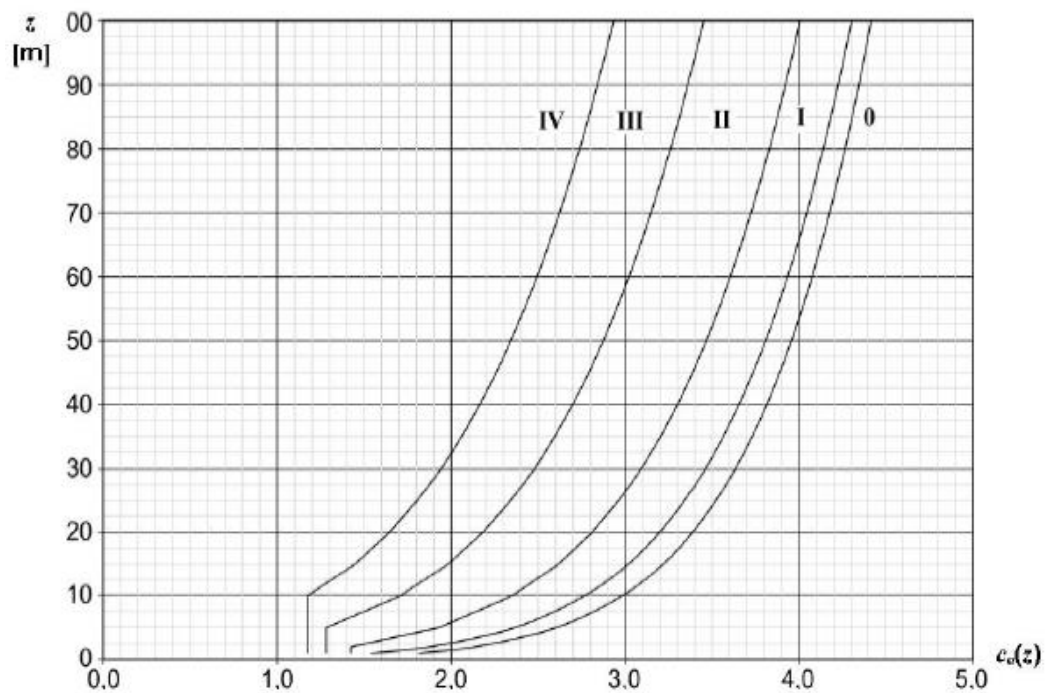
$v_{b,0} = 30 \text{ m/s}$  ; očitano s karte osnovnih brzina vjetrova za RH

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 30 = 30 \text{ m/s}$$

Pritisak brzine vjetra pri udaru  $q_p(z)$  :

$$q_b = 1/2 * 1,25 * 30^2 = 562,5 \text{ N/ m}^2 = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

Koeficijent položaja  $c_e(z_e)$  uzima u obzir hrapavosti terena, topografije i visine iznad tla kod srednje brzine vjetra, a određuje se u ovisnosti o visini objekta  $z$  iznad terena i kategorijama terena I do IV (slika 8.3 HRN EN 1991-2-4).



Slika 7.6. Koeficijent položaja  $c_e(z_e)$  u ovisnosti o visini  $z$  iznad terena i kategorijama terena I do IV (Slika 8.3 HRN EN 1991-2-4)

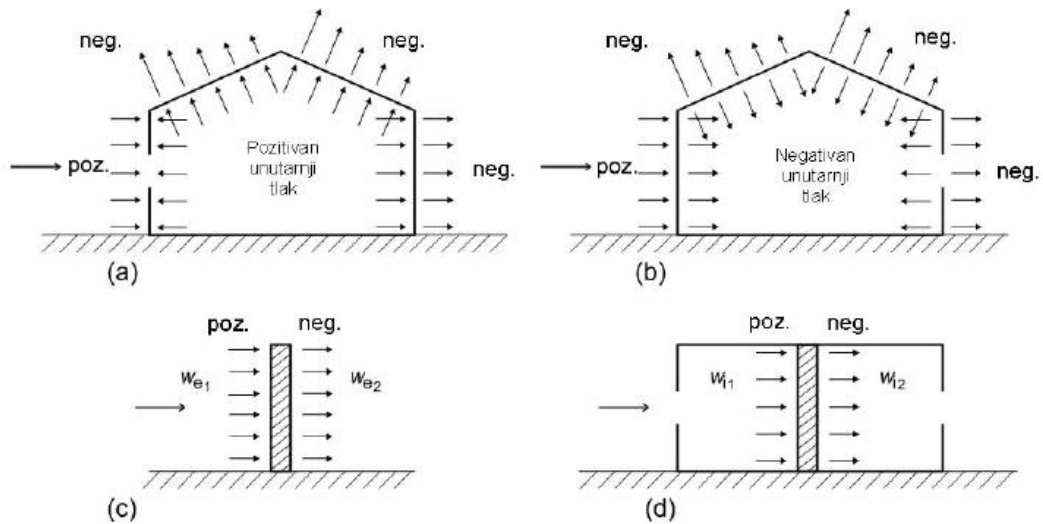
visina hale :  $z = 9,6$  m

$$q_{p(9,8)} = c_{e(9,8)} * q_b = 1,8 * 0,563 = 1,1 \text{ kN/ m}^2$$

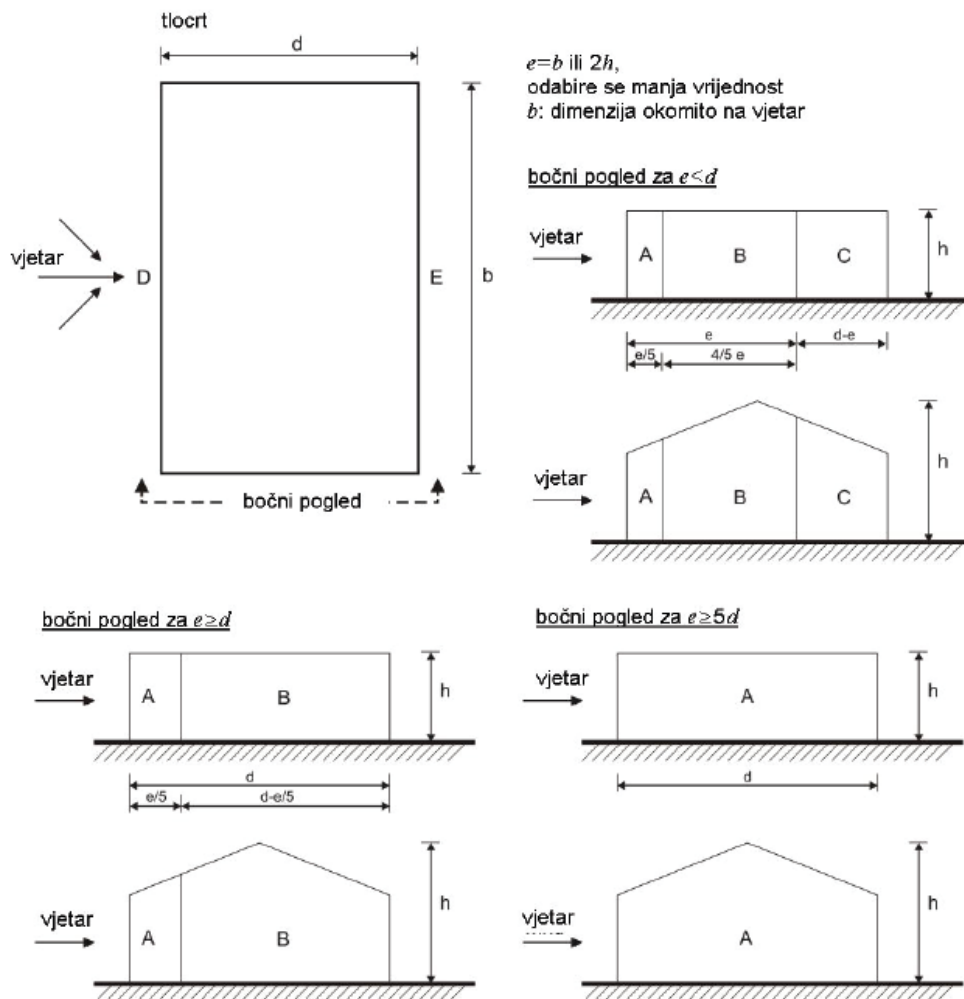
kategorija terena : III ,  $z = 9,6$  (m) – očitano :  $c_{e(9,6)} = 1,8$

Koeficijent unutarnjeg pritiska  $c_{pi}$  :

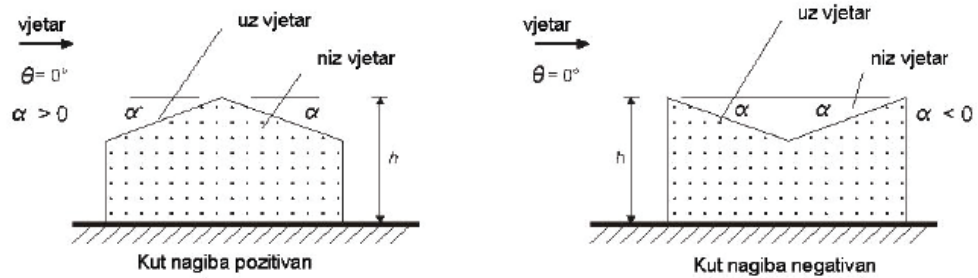
Koeficijent unutarnjeg tlaka  $c_{pi}$  ovisi o veličini i rasporedu otvora u ovojnici zgrade, kako za naš slučaj nije moguća procjena vrijednosti koeficijenata, za  $c_{pi}$  odabiremo nepovoljniju vrijednost između +0,2 i – 0,3.



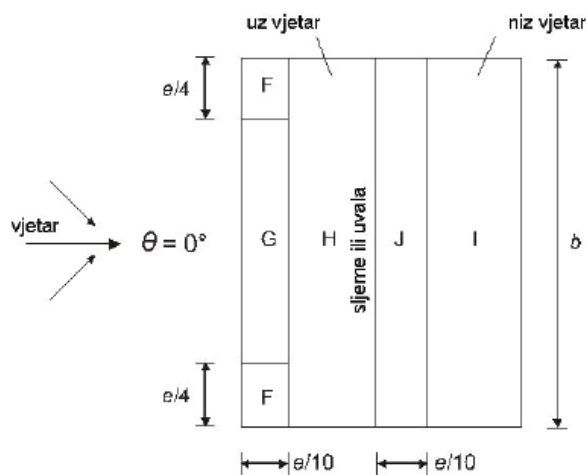
Slika 7.7. Tlak vjetra na površine



Slika 7.8. Legenda za vertikalne zidove



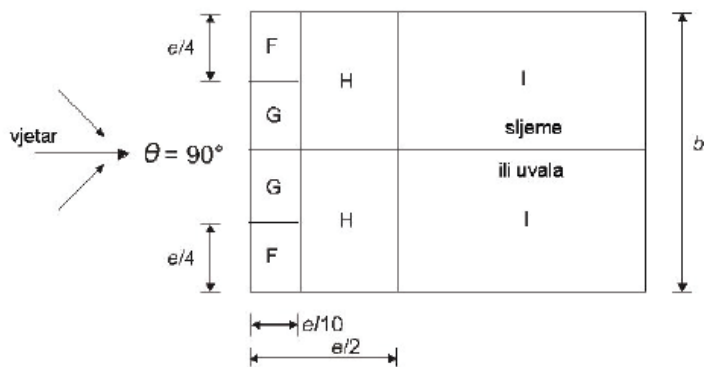
(a) općenito



$e = b$  ili  $2h$ ,  
odabire se manja vrijednost

(b) smjer vjetra  $\theta = 0^\circ$

b: dimenzija okomito na vjetar



(c) smjer vjetra  $\theta = 90^\circ$

Slika 7.9. Legenda za dvostrešni krov

Određivanje koeficijenta pritiska vjetra – pod kutem od  $\theta = 0^\circ$ :

koeficijent vanjskog pritiska  $c_{pe}$  :

Tlocrtne dimenzije: 30,0 m x 50,9 m x 9,6 m

parametar  $e$  :

Visina hale :  $z = 9,6$  m

Dužina hale  $b = 50,9$  m

$e = \min \{b; 2h\} = \min \{50,9\text{m} ; 2 \cdot 9,6\text{m}\} = \min \{50,9\text{m} ; 19,2\text{m}\} = 19,2$  m

$d = L = 30$  m

$e < d$

$1/5 e = 6$  m ;  $4/5 e = 24$  m

$d - e = 10,8$  m

Očitamo vrijednosti vanjskog pritiska za vertikalne zidove :

$z/d = 9,6 / 30 = 0,32$

Zona D		Zona E	
$z/d$	$c_{pe,10}$	$z/d$	$c_{pe,10}$
1	+ 0,8	1	- 0,5
$\leq 0,25$	+ 0,7	$\leq 0,25$	- 0,3
0,32 → <b>0,705</b>		0,32 → <b>-0,31</b>	

Tablica 7.3. Koeficijenti pritiska vjetra za vertikalne zidove

Nagib krovne plohe : 9,6% , te je  $\alpha = 5,5^\circ > 5^\circ \Rightarrow$  kosi krov;

Smjer vjetra:  $\theta = 0^\circ$

$e = 19,2\text{m}$

$\frac{1}{4} e = 4,8\text{ m}$

$\frac{1}{10} e = 1,92\text{ m}$

$d = L = 30\text{ m}$

$b = 50,9\text{ m}$

Kombinacije djelovanja vjetra:

Rezultantno djelovanje vjetra dobije se kombiniranjem vanjskog i unutarnjeg učinka.

$W = W_e + W_i$

Opterećenje vjetrom:

Vanjske površine :  $W_e = q_p * z_e * c_{pe}$  [kN/m<sup>2</sup>]

Unutarnje površine:  $W_e = q_p (Z_e) * C_{pe}$  [kN/m<sup>2</sup>]

Odnosno:  $W = q_{p(z)} * (c_{pe} + c_{pi})$  [kN/m<sup>2</sup>]

1.Kombinacija: Negativno vanjsko opterećenje + pozitivno unutarnje opterećenje:

PODRUČJE	$C_{pe,10}$ [-]	$C_{pi}$ [+]	$w = q_p(z) * (c_{pe} "+" c_{pi})$
/	/	/	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>D</b>	+ 0,705	+ 0,2	$1,1 * (0,705 - 0,2) = \mathbf{0,77}$
<b>E</b>	- 0,31	+ 0,2	$1,1 * (-0,31 - 0,2) = \mathbf{-0,78}$
<b>F</b>	-1,44	+0,2	$1,1 * (-1,44 - 0,2) = \mathbf{-2,49}$
<b>G</b>	- 1,12	+ 0,2	$1,1 * (-1,12 - 0,2) = \mathbf{-2,00}$
<b>H</b>	- 0,54	+ 0,2	$1,1 * (-0,54 - 0,2) = \mathbf{-1,12}$
<b>I</b>	- 0,44	+ 0,2	$1,1 * (-0,44 - 0,2) = \mathbf{-0,97}$
<b>J</b>	-0,68	+ 0,2	$1,1 * (-0,68 - 0,2) = \mathbf{-1,34}$

Tablica 7.4. Koeficijenti pritiska vjetra za dvostrešni krov

2.Kombinacija: Pozitivno vanjsko opterećenje + negativno unutarnje opterećenje:

PODRUČJE	$C_{pe,10}$ [+]	$C_{pi}$ [-]	$W = q_p(z) * (C_{pe} "+" C_{pi})$
/	/	/	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>D</b>	+ 0,705	- 0,3	1,1 * (0,705 + 0,3) = <b>1,53</b>
<b>E</b>	- 0,31	- 0,3	1,1 * (-0,31+0,3) = <b>-0,015</b>
<b>F</b>	0,04	-0,3	1,1 * (0,04 + 0,3) = <b>0,52</b>
<b>G</b>	0,04	- 0,3	1,1 * (0,04 + 0,3) = <b>0,52</b>
<b>H</b>	0,04	- 0,3	1,1 * (0,04 + 0,3) = <b>0,52</b>
<b>I</b>	-	- 0,3	1,1 * (0,0+ 0,3) = <b>0,46</b>
<b>J</b>	0,04	-0,3	1,1 * (0,04 + 0,3) = <b>0,52</b>

Tablica 7.5. Koeficijenti pritiska vjetra za dvostrešni krov

Određivanje koeficijenata pritiska vjetra – pod kutem od  $\theta = 90^\circ$ :

koeficijent vanjskog pritiska  $C_{pe}$  :

Tloctne dimenzije: 30,0 m x 50.9 m x 9.6 m

parametar  $e$  :

Visina hale :  $z = 9,6$  m

Dužina hale  $b = 30$  m

$e = \min \{b; 2h\} = \min \{30m ; 2*9,6m\} = \min \{30m ; 19,2m\} = 19,2$  m

$d = L = 50,9$  m

$e < d$

$1/5 e = 10,18$  m ;  $4/5 e = 40,72$  m

$$d - e = 31,7 \text{ m}$$

Očitamo vrijednosti vanjskog pritiska za vertikalne zidove :

$$z/d = 9,6 / 31,7 = 0,302$$

Zona D		Zona E	
$z/d$	$c_{pe,10}$	$z/d$	$c_{pe,10}$
1	+ 0,8	1	- 0,5
$\leq 0,25$	+ 0,7	$\leq 0,25$	- 0,3
0,302 → <b>0,705</b>		0,302 → <b>-0,31</b>	

Tablica 7.6. Koeficijenti pritiska vjetra za vertikalne zidove

Nagib krovne plohe : 9,6% , te je  $\alpha = 5,5^\circ > 5^\circ \Rightarrow$  kosi krov;

Smjer vjetra:  $\theta = 90^\circ$

$$e = 19,2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{4} e = 4,8 \text{ m}$$

$$\frac{1}{10} e = 1,92 \text{ m}$$

$$d = L = 50,9 \text{ m}$$

$$b = 30 \text{ m}$$

Kombinacije djelovanja vjetra:

Rezultantno djelovanje vjetra dobije se kombiniranjem vanjskog i unutrašnjeg učinka.

$$W = W_e + W_i$$

Opterećenje vjetrom:

$$\text{Vanjske površine : } W_e = q_p * z_e * c_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Unutarnje površine: } W_e = q_p (Z_e) * C_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Odnosno: } W = q_{p(z)} * (c_{pe} + c_{pi}) \text{ [kN/m}^2\text{]}$$



1.Kombinacija: Negativno vanjsko opterećenje + pozitivno unutarnje opterećenje:

PODRUČJE	$C_{pe,10}$ [-]	$C_{pi}$ [+]	$w = q_p(z) * (C_{pe} "+" C_{pi})$
/	/	/	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>D</b>	+ 0,705	+ 0,2	$1,1 * (0,705 - 0,2) = \mathbf{0,77}$
<b>E</b>	- 0,31	+ 0,2	$1,1 * (-0,31 - 0,2) = \mathbf{-0,78}$
<b>F</b>	-1,6	+0,2	$1,1 * (-1,6 - 0,2) = \mathbf{-2,49}$
<b>G</b>	- 1,3	+ 0,2	$1,1 * (-1,3 - 0,2) = \mathbf{-2,00}$
<b>H</b>	- 0,7	+ 0,2	$1,1 * (-0,7 - 0,2) = \mathbf{-1,12}$
<b>I</b>	- 0,6	+ 0,2	$1,1 * (-0,6 - 0,2) = \mathbf{-0,97}$

Tablica 7.7. Koeficijenti pritiska vjetra za dvostrešni krov

2.Kombinacija: Pozitivno vanjsko opterećenje + negativno unutarnje opterećenje:

PODRUČJE	$C_{pe,10}$ [+]	$C_{pi}$ [-]	$w = q_p(z) * (C_{pe} "+" C_{pi})$
/	/	/	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>D</b>	+ 0,705	- 0,3	$1,1 * (0,705 + 0,3) = \mathbf{1,53}$
<b>E</b>	- 0,31	- 0,3	$1,1 * (-0,31+0,3) = \mathbf{-0,015}$
<b>F</b>	-1,6	-0,3	$1,1 * (-1,6 + 0,3) = \mathbf{0,52}$
<b>G</b>	- 1,3	- 0,3	$1,1 * (-1,3 + 0,3) = \mathbf{0,52}$
<b>H</b>	- 0,7	- 0,3	$1,1 * (-0,7 + 0,3) = \mathbf{0,52}$
<b>I</b>	- 0,6	- 0,3	$1,1 * (-0,6 + 0,3) = \mathbf{0,46}$

Tablica 7.8. Koeficijenti pritiska vjetra za dvostrešni krov

## 2.7. Opterećenje od potresa

Građevina se nalazi u kvartu "Pujanke" grad Split. Prema prikazanoj Seizmološkoj karti (HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Državna geodetska uprava Republika Hrvatska – karta potresnih područja, <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>) prikazana se lokacija nalazi na području za koje se očekuje maksimalno horizontalno ubrzanje od 0.219 g za povratno razdoblje od 475 godina (iskazano kao ubrzanje g), za povratno razdoblje od  $T_p = 95$  godina maksimalno horizontalno ubrzanje podloge iznosi  $a_{gR} = 0.112g$ .

Za seizmički proračun konstrukcije, kod određivanja lokalnih uvjeta tla (prema HRN EN 1998-1:2012), računato je da se radi o tlu razreda A (vapnenačka stijenska masa), važnost građevine je II (obične zgrade) za koje faktor važnosti  $\gamma = 1.0$ . PP 475 god.  $a_g = 1.2 a_{gR} = 0.263$  g. Za potrebe proračuna usvojen je tip elastičnog spektra odziva 1 (magnituda  $M > 5.5$ ).

### ANALIZA POTRESNOG OPTEREĆENJA:

Pretpostavka duktilnosti: DCM (medium ductility),

spektar TIP 1, tip tla A

$$a_g = 2.19 \text{ m/s}^2$$

$$\alpha = \frac{a_g}{g} = 0.19$$

$$S = 1.0$$

$$T_B = 0.15 \text{ sec}; T_C = 0.50 \text{ sec}; T_D = 2.0 \text{ sec}$$

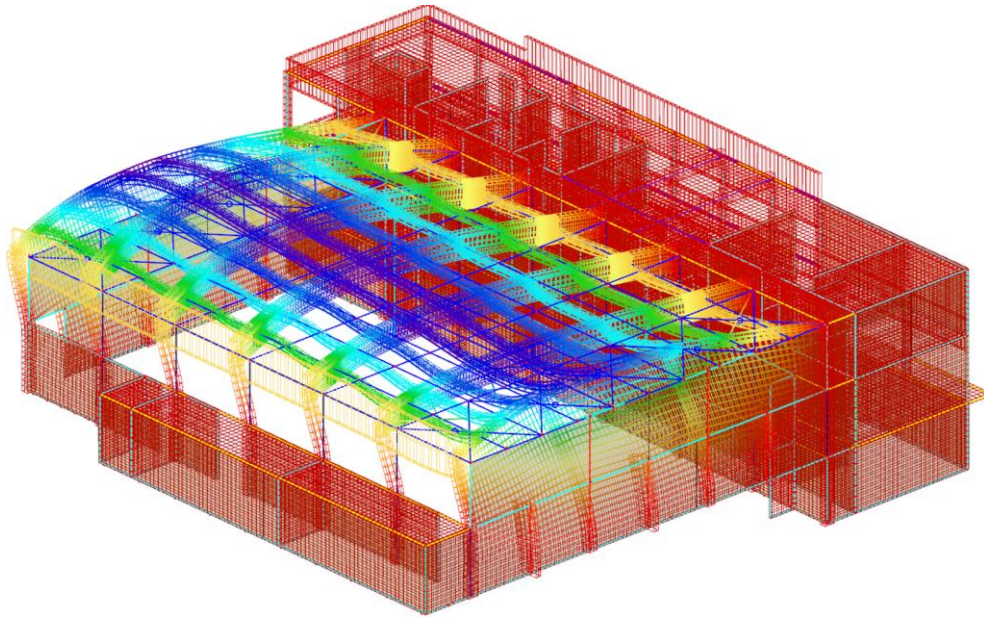
Faktor značaja (II):  $\gamma = 1.20$  (zgrada školske namjene).

Faktor ponašanja q:  $q = q_0 \cdot k_w$  ... usvaja se  $q_{x,y} = 1.5 \times 1.2 = 1.8$

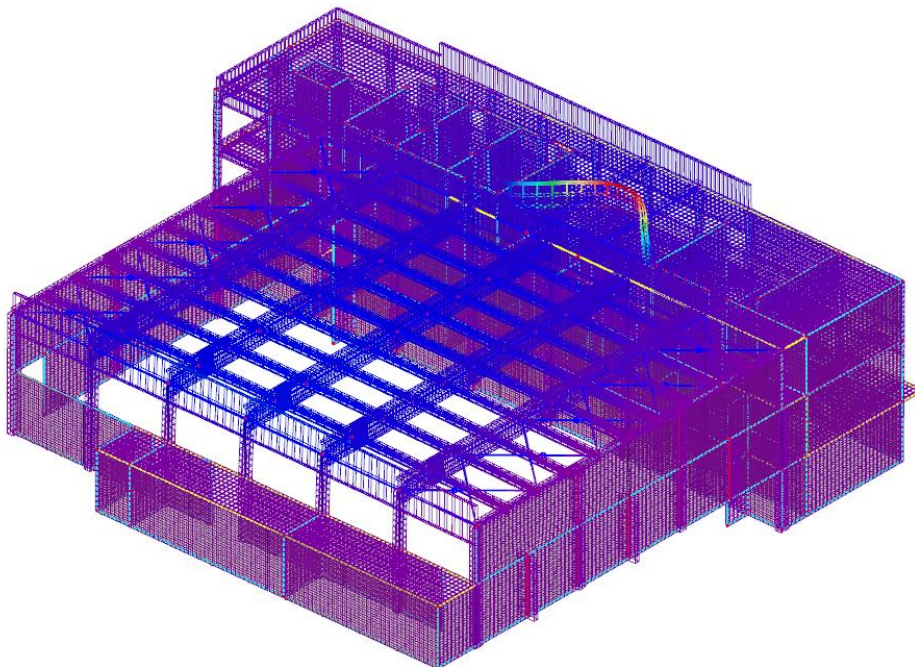
Zgrada je u principu regularne (pravilne po tlocrtu i visini). Proračun potresnih sila će se provesti multimodalnom metodom za svaki smjer objekta. Periodi objekta će se izračunati metodom modalne analize (sa elastičnim krutostima osim u kritičnoj zoni stupova gdje će krutosti biti umanjene ta 50%) te će se usvojiti periodi osciliranja koji participiraju sa najvećim učešćem mase za promatrani smjer.

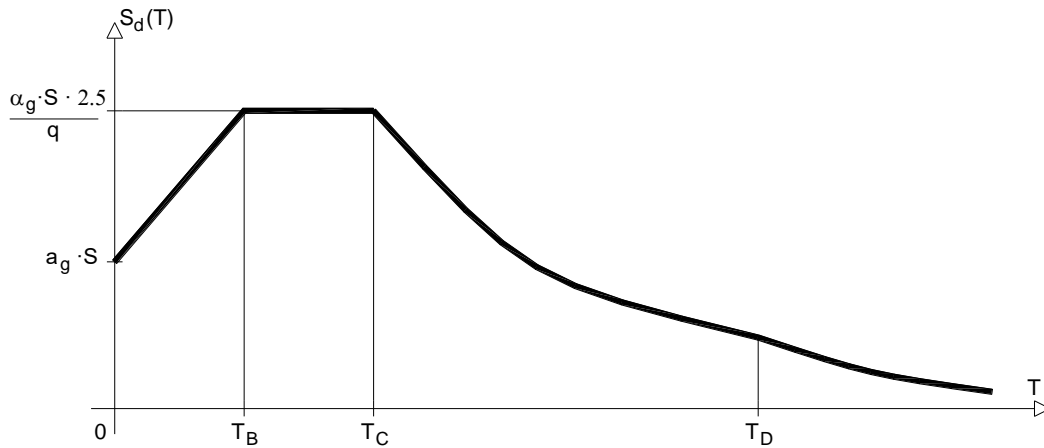
**2.7.1. U prilogu su dati oblici vlastitih vektora za smjer X i Y.**

Prvi vlastiti vektor- smjer X- ton 1,  $T_x=0.37$  sec:



Drugi vlastiti vektor- smjer Y- ton 4,  $T_y=0.12$  sec:





Slika 7.10. Proračunski horizontalni spektar za elastični proračun prema HRN EN 1998-1-1

Masa "m" se određuje iz kombinacije  $\Sigma G_{k,j} + \Sigma \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$ ; ( $\psi_{2,i} = 0.3$ ) za poslovne i pomoćne prostore kojih je većina na razini etaže objekta;  $\psi_{2,i} = 0$  za snijeg na krovu).

Rezne sile su određene za proračunsku seizmičku kombinaciju djelovanja  $1.0G + \psi_{2,i}Q \pm E_{x,y}$

$$E_x = E_x \pm 0.3E_y$$

gdje je  $E_y = E_y \pm 0.3E_x$ ,  $E_{x,y}$  su potresne sile u smjeru X i Y.

# Modallna analiza

## Calculation protocol

### Solution of Free vibration

Number of 2D elements	13308
Number of 1D elements	2294
Number of mesh nodes	15003
Number of equations	90018
Combination of mass groups	CM1
Modification group	None
Number of frequencies	60
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Modal mass matrix	Diagonal

### Sum of masses

	Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
CM1	Moving mass	3613765,07	3613765,07	0,00
CM1	Total mass	3614644,25	3614644,25	0,00

### Relative modal masses

Mode	vega [rad]	Period [s]	Freq. [Hz]	$\Gamma_{xi}$	$\Gamma_{yi}$	$\Gamma_{zi}$	$W_{xi}/W_{stot}$	$W_{yi}/W_{stot}$	$W_{zi}/W_{stot}$	$x_{i,R}/W_{stot}$	$y_{i,R}/W_{stot}$	$z_{i,R}/W_{stot}$
1	16.7153	0,38	2,66	722,9500	3,5713	0,0000	0,1446	0,0000	0,0000	0,0000	0,2076	0,1082
2	30.5607	0,21	4,86	46,9153	-10,2382	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0218
3	46.7922	0,13	7,45	292,9425	1,2230	0,0000	0,0237	0,0000	0,0000	0,0000	0,0265	0,0068
4	54.6495	0,11	8,70	91,0165	322,8331	0,0000	0,0023	0,4842	0,0000	0,2402	0,0006	0,0003
5	58.2823	0,11	9,28	-39,1252	-454,1498	0,0000	0,0004	0,0571	0,0000	0,0240	0,0001	0,0000
6	64.6395	0,10	10,29	186,5986	28,6738	0,0000	0,0096	0,0002	0,0000	0,0001	0,0043	0,0023
7	74.7834	0,08	11,90	436,2286	174,3955	0,0000	0,0527	0,0084	0,0000	0,0007	0,0139	0,3056
8	81.2079	0,08	12,92	976,8099	126,9471	0,0000	0,2640	0,0045	0,0000	0,0015	0,0906	0,0005
9	87.7619	0,07	13,97	567,5781	101,2696	0,0000	0,0891	0,0028	0,0000	0,0002	0,0138	0,0189
10	91.8017	0,07	14,61	260,8284	398,5541	0,0000	0,0188	0,0440	0,0000	0,0108	0,0033	0,0010
11	97.0916	0,06	15,45	74,8300	-23,0043	0,0000	0,0015	0,0001	0,0000	0,0001	0,0007	0,0167
12	100.282	0,06	15,96	46,3934	160,8935	0,0000	0,0006	0,0072	0,0000	0,0017	0,0001	0,0003
13	103.455	0,06	16,47	123,7438	200,8935	0,0000	0,0042	0,0112	0,0000	0,0000	0,0012	0,0154
14	112.413	0,06	17,89	130,9682	30,0740	0,0000	0,0047	0,0003	0,0000	0,0000	0,0007	0,0026
15	117.896	0,05	18,76	9,7009	12,4231	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0290	0,0000	0,0016
16	119.809	0,05	19,07	19,4637	804,8178	0,0000	0,0001	0,1792	0,0000	0,0873	0,0001	0,0173
17	130.431	0,05	20,76	-4,3043	-30,5505	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000
18	134.789	0,05	21,45	6,2628	17,0480	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001
19	137.153	0,05	21,83	-4,6589	-15,4277	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000
20	137.668	0,05	21,91	-4,5164	-15,0922	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
21	142.123	0,04	22,62	0,6247	19,7089	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0006
22	143.941	0,04	22,91	-56,8150	41,1023	0,0000	0,0009	0,0005	0,0000	0,0001	0,0014	0,0041
23	148.287	0,04	23,60	17,6513	-18,6168	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0062
24	151.809	0,04	24,16	35,1076	168,0754	0,0000	0,0003	0,0078	0,0000	0,0028	0,0021	0,0733
25	152.652	0,04	24,30	-32,6819	42,5180	0,0000	0,0003	0,0005	0,0000	0,0017	0,0004	0,0082
26	159.274	0,04	25,35	12,0961	-24,9742	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0002	0,0027
27	161.949	0,04	25,78	-26,4631	-19,6230	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000
28	171.564	0,04	27,31	110,8270	416,5897	0,0000	0,0034	0,0480	0,0000	0,2492	0,0032	0,0001
29	175.853	0,04	27,99	57,5175	-10,4347	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0001	0,0009	0,0000
30	178.949	0,04	28,48	485,5535	123,8077	0,0000	0,0652	0,0042	0,0000	0,0067	0,0960	0,0321
31	182.282	0,03	29,01	-19,0507	136,3549	0,0000	0,0001	0,0051	0,0000	0,0091	0,0009	0,0124
32	186.772	0,03	29,73	340,8222	301,4162	0,0000	0,0321	0,0251	0,0000	0,0380	0,0358	0,0010
33	190.563	0,03	30,33	315,5535	77,6966	0,0000	0,0276	0,0017	0,0000	0,0058	0,0580	0,0054
34	191.864	0,03	30,54	114,2908	32,7751	0,0000	0,0036	0,0003	0,0000	0,0000	0,0102	0,0014
35	195.934	0,03	31,18	-27,7316	-43,1635	0,0000	0,0002	0,0005	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
36	197.013	0,03	31,36	-1,5430	0,4793	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
37	199.067	0,03	31,68	-8,9132	-0,5105	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
38	199.178	0,03	31,70	-1,5831	1,0254	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
39	200.651	0,03	31,93	-3,6735	0,9975	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
40	201.588	0,03	32,08	-2,6495	-0,6315	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
41	202.511	0,03	32,23	-5,8457	-0,2647	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
42	203.167	0,03	32,34	-12,1801	-12,8956	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
43	203.74	0,03	32,43	18,6097	8,1185	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
44	204.032	0,03	32,47	-0,6967	0,6210	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
45	204.923	0,03	32,61	50,3938	49,7874	0,0000	0,0007	0,0007	0,0000	0,0000	0,0006	0,0001
46	205.121	0,03	32,65	-42,6091	-29,4835	0,0000	0,0005	0,0002	0,0000	0,0000	0,0004	0,0001
47	205.315	0,03	32,68	133,5031	106,8075	0,0000	0,0049	0,0032	0,0000	0,0000	0,0045	0,0011
48	206.079	0,03	32,80	-0,6202	-5,1896	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
49	206.103	0,03	32,80	5,2897	-3,1570	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
50	206.623	0,03	32,89	-13,0649	-21,9937	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
51	206.682	0,03	32,89	2,4893	-4,2459	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
52	206.918	0,03	32,93	-4,2865	-15,7821	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001

Mode	Wega [rad]	Period [s]	Freq. [Hz]	$\Gamma_{xz}$	$\Gamma_{yz}$	$\Gamma_{z1}$	$W_{xz}/W_{x\text{tot}}$	$W_{yz}/W_{y\text{tot}}$	$W_{z1}/W_{z\text{tot}}$	$x_{1,R}/W_{x\text{tot}}$	$y_{1,R}/W_{y\text{tot}}$	$z_{1,R}/W_{z\text{tot}}$
53	206.996	0,03	32,94	40,2901	79,6332	0,0000	0,0004	0,0018	0,0000	0,0008	0,0002	0,0032
54	207.653	0,03	33,05	0,2058	-0,9451	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
55	208.101	0,03	33,12	1,2473	0,3922	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
56	208.204	0,03	33,14	-0,3596	-4,3634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
57	208.782	0,03	33,23	-0,1191	-0,6057	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
58	208.896	0,03	33,25	-8,0142	-9,2763	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
59	209.092	0,03	33,28	-6,7500	-0,1622	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
60	209.271	0,03	33,31	7,4876	18,9976	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
							0,7592	0,9003	0,0000	0,7124	0,5797	0,6720

Slika 7.11. Rezultati modalne analize

### Seismic spectrums

Name	Type drawing	Info	Drawing
FS1	Period	Type code - EN 1998-1:2004 – Eurocode Subsoil type - A Direction - Horizontal Spectrum type - type 1 coeff accel. ag - 0.219 ag - design acceleration - 2.14839 beta - 0.2 q - behaviour factor - 1.5	

Slika 7.12. Spektar odgovora

### 3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

#### 3.1. Kombinacije opterećenja

##### a) Horizontalni elementi (ploče i grede)

Na model je nanoseno opterećenje od stalnog i dodatnog stalnog opterećenja (vl. težina konstrukcije i nekonstruktivnih elemenata), te promjenjivog opterećenja, pri čemu su sva opterećenja nanosena kao jednoliko raspodijeljena opterećenja po pločama. Uporabno opterećenje je uvećano za 20% u kombinaciji mjerodavnoj za dimenzioniranje ploča i greda u poljima, da bi se izbjeglo šahovski raspored opterećenja.

Rezultati dobiveni numeričkim proračunom potrebni za dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije su prikazani kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti (GSN):

$$e=1.35 \cdot g+1.5 \cdot q$$

Pri čemu su:

$g$  – stalno i dodatno stalno opterećenje

$q$  – pokretno (uporabno) opterećenje

Određeni rezultati (za potrebe proračuna progiba i pukotina) prikazani su za granično stanje uporabljivosti (GSU), prema formuli:

$$e=1.00 \cdot g+1.00 \cdot \psi_{0,2} \cdot q$$

Pri čemu je  $\psi_{0,2} = 0.7$ .

##### b) Vertikalni elementi (zidovi i stupovi)

Na model je nanoseno opterećenje od stalnog i dodatnog stalnog opterećenja (vl. težina konstrukcije i nekonstruktivnih elemenata), te promjenjivog opterećenja, pri čemu su sva opterećenja nanosena kao jednoliko raspodijeljena opterećenja po pločama.

Rezultati dobiveni numeričkim proračunom potrebni za dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije su prikazani kombinacije opterećenja za granično stanje nosivosti (GSN):

$$e=1.0 \cdot g+0.5 \cdot q+1.0 \cdot E$$

$$e=1.35 \cdot g+1.5 \cdot q+1.5 \cdot W$$

Pri čemu su:

$g$  – stalno i dodatno stalno opterećenje

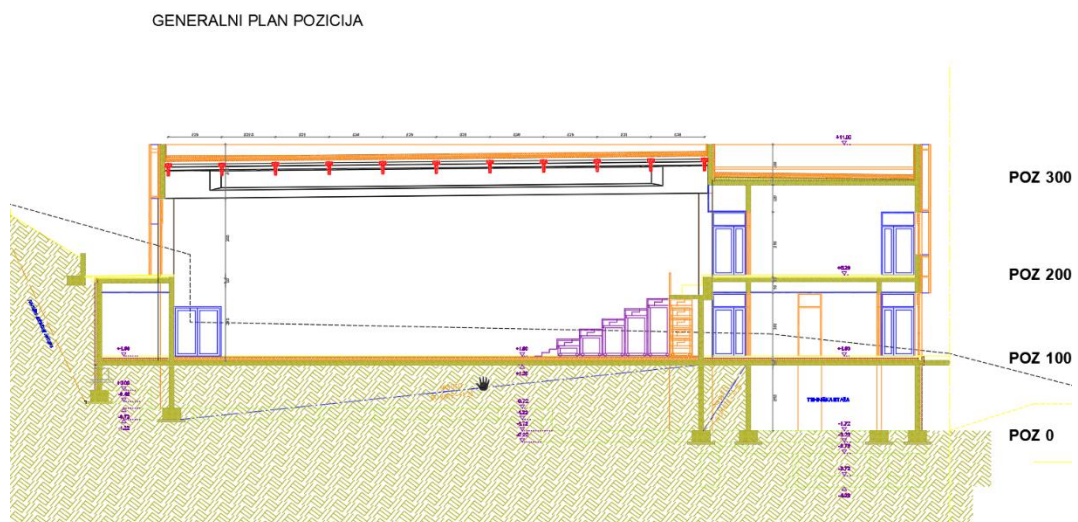
$q$  – pokretno (uporabno) opterećenje

$W$ –opterećenje vjetrom

$E$ –opterećenje potresom

### 3.2. Globalni plan pozicija

Globalni plan pozicija prikazan je na slici u nastavku.

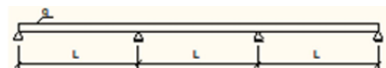




### 3.3. Proračun krovnog lima Poz. 300

Na krovu je predviđena ugradnja čeličnog profiliranog lima (tip kao Arcellor Mittal ili neki drugih podjednakih karakteristika). Lim se isporučuje u dužini od L=12 m( max. 14m) te oslanja na sekundarne nosače (podrožnice) na rastojanju od maksimalno 2.40 m. Lim je statičkog sustava višepoljnog nosača sa rasponima 2.40 m. Visina vala i debljina lima se odabire iz kataloga odabranog proizvođača ovisno od opterećenja, raspona, statičkog sustava, nosivosti i dopuštenih progiba. Na slici ispod je prikazana tablica nosivosti od proizvođača Arcellor Mittal.

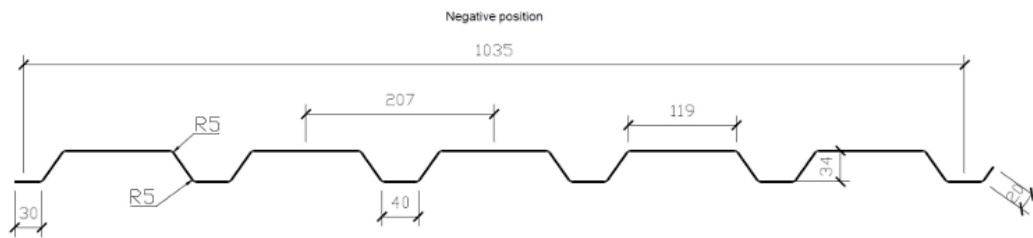
Triple span – negative position



Trapeza® 35/207 T		Span [m]																	
t [mm]	S320	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
0,4	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	4,750	3,057	2,141	1,587	1,225	0,975	0,795	0,660	0,557	0,477	0,408	0,352	0,306	0,269	0,238	0,213	0,191	0,172
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	4,750	3,057	2,141	1,587	1,225	0,975	0,795	0,660	0,557	0,477	0,408	0,352	0,306	0,269	0,238	0,213	0,191	0,172
	q <sub>lim</sub> (L/200)	10,822	4,566	2,338	1,353	0,852	0,571	0,401	0,292	0,220	0,169	0,133	0,106	0,087	0,071	0,059	0,050	0,043	0,037
0,5	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	7,856	5,086	3,580	2,663	2,061	1,644	1,343	1,118	0,945	0,810	0,702	0,608	0,529	0,465	0,412	0,368	0,330	0,298
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	7,856	5,086	3,580	2,663	2,061	1,644	1,343	1,118	0,945	0,810	0,702	0,608	0,529	0,465	0,412	0,368	0,330	0,298
	q <sub>lim</sub> (L/200)	18,970	8,003	4,098	2,371	1,493	1,000	0,703	0,512	0,385	0,296	0,233	0,187	0,152	0,125	0,104	0,088	0,075	0,064
0,55	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	9,508	6,156	4,332	3,222	2,494	1,989	1,625	1,352	1,144	0,980	0,849	0,735	0,640	0,563	0,498	0,445	0,399	0,360
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	9,508	6,156	4,332	3,222	2,494	1,989	1,625	1,352	1,144	0,980	0,849	0,735	0,640	0,563	0,498	0,445	0,399	0,360
	q <sub>lim</sub> (L/200)	23,501	9,915	5,076	2,938	1,850	1,239	0,870	0,635	0,477	0,367	0,289	0,231	0,188	0,155	0,129	0,109	0,093	0,079
0,6	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	11,194	7,237	5,087	3,781	2,925	2,331	1,903	1,584	1,339	1,147	0,993	0,856	0,746	0,656	0,581	0,518	0,465	0,420
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	11,194	7,237	5,087	3,781	2,925	2,331	1,903	1,584	1,339	1,147	0,993	0,856	0,746	0,656	0,581	0,518	0,465	0,420
	q <sub>lim</sub> (L/200)	28,307	11,942	6,114	3,538	2,228	1,493	1,048	0,764	0,574	0,442	0,348	0,279	0,226	0,187	0,156	0,131	0,111	0,096
0,63	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	12,255	7,917	5,562	4,132	3,195	2,546	2,078	1,728	1,461	1,251	1,081	0,932	0,812	0,714	0,632	0,564	0,506	0,457
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	12,255	7,917	5,562	4,132	3,195	2,546	2,078	1,728	1,461	1,251	1,081	0,932	0,812	0,714	0,632	0,564	0,506	0,457
	q <sub>lim</sub> (L/200)	31,319	13,213	6,765	3,915	2,465	1,652	1,160	0,846	0,635	0,489	0,385	0,308	0,251	0,206	0,172	0,145	0,123	0,106
0,7	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	14,874	9,592	6,730	4,995	3,859	3,073	2,507	2,084	1,761	1,507	1,296	1,118	0,974	0,856	0,758	0,676	0,607	0,548
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	14,874	9,592	6,730	4,995	3,859	3,073	2,507	2,084	1,761	1,507	1,296	1,118	0,974	0,856	0,758	0,676	0,607	0,548
	q <sub>lim</sub> (L/200)	37,530	15,833	8,107	4,691	2,954	1,979	1,390	1,013	0,761	0,586	0,461	0,369	0,300	0,247	0,206	0,174	0,148	0,127
0,75	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	16,864	10,864	7,617	5,649	4,362	3,473	2,831	2,354	1,988	1,701	1,458	1,257	1,095	0,963	0,853	0,761	0,683	0,616
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	16,864	10,864	7,617	5,649	4,362	3,473	2,831	2,354	1,988	1,701	1,458	1,257	1,095	0,963	0,853	0,761	0,683	0,616
	q <sub>lim</sub> (L/200)	41,854	17,657	9,040	5,232	3,295	2,207	1,550	1,130	0,849	0,654	0,514	0,412	0,335	0,276	0,230	0,194	0,165	0,141
0,8	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	18,953	12,197	8,545	6,334	4,888	3,890	3,171	2,635	2,225	1,904	1,627	1,403	1,222	1,074	0,952	0,849	0,762	0,688
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	18,953	12,197	8,545	6,334	4,888	3,890	3,171	2,635	2,225	1,904	1,627	1,403	1,222	1,074	0,952	0,849	0,762	0,688
	q <sub>lim</sub> (L/200)	46,245	19,510	9,989	5,781	3,640	2,439	1,713	1,249	0,938	0,723	0,568	0,455	0,370	0,305	0,254	0,214	0,182	0,156
0,88	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	22,493	14,454	10,115	7,491	5,778	4,595	3,744	3,110	2,625	2,244	1,912	1,648	1,436	1,262	1,118	0,997	0,895	0,808
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	22,493	14,454	10,115	7,491	5,778	4,595	3,744	3,110	2,625	2,244	1,912	1,648	1,436	1,262	1,118	0,997	0,895	0,808
	q <sub>lim</sub> (L/200)	53,396	22,526	11,534	6,674	4,203	2,816	1,978	1,442	1,083	0,834	0,656	0,525	0,427	0,352	0,293	0,247	0,210	0,180
1	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	28,005	17,941	12,527	9,260	7,132	5,666	4,612	3,828	3,229	2,734	2,330	2,009	1,750	1,538	1,363	1,215	1,091	0,984
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	28,005	17,941	12,527	9,260	7,132	5,666	4,612	3,828	3,229	2,734	2,330	2,009	1,750	1,538	1,363	1,215	1,091	0,984
	q <sub>lim</sub> (L/200)	67,180	28,341	14,511	8,397	5,288	3,543	2,488	1,814	1,363	1,050	0,826	0,661	0,537	0,443	0,369	0,311	0,264	0,227
1,25	q <sub>lim</sub> (c<1.5h)	39,015	24,716	17,115	12,572	9,634	7,622	6,183	5,092	4,208	3,536	3,013	2,598	2,263	1,989	1,762	1,572	1,411	1,273
	q <sub>lim</sub> (ca1.5h)	39,015	24,716	17,115	12,572	9,634	7,622	6,183	5,092	4,208	3,536	3,013	2,598	2,263	1,989	1,762	1,572	1,411	1,273
	q <sub>lim</sub> (L/200)	89,878	37,917	19,414	11,235	7,075	4,740	3,329	2,427	1,823	1,404	1,105	0,884	0,719	0,592	0,494	0,416	0,354	0,303

Slika 8.1. Izvadak iz kataloga za trapezni lim

## Trapeza® 35/207 T



### Technical parameters:

Coil width:	1250 mm
Profile width:	1035 mm
Yield strength:	S320GD, S350GD according to EN 10346
Thickness:	0,40; 0,50; 0,55; 0,60; 0,63; 0,70; 0,75; 0,80; 0,88, 1,00 acc. to EN 10143
Durability/Coating quality:	ZM 60, ZM80, ZM100, ZM120, ZM175, ZM275 and Z100, 140, 200, 225, 275, 350 acc. to EN 10346
Organic coating:	Interieur (DU912, DU901), Hairplus, Hairultra, Hairflon, Keyron, Hairexcel, Sinea, (or acc. to Material guide), acc. to EN 10169
Max. length:	14 m
Min. length:	2 m

Slika 8.2. Izvadak iz kataloga za trapezni lim

Karakteristični poprečni presjek krovnog lima - iz kataloga proizvođača Arcelor Mittal sa tehničkim podacima

Za potrebe ovog projekta odabran je lim tip TRAPEZA 35/207 T (proizvođač Arcelor Mittal), debljine lima  $t_N=0.75$  mm, standardne širine  $b=1035$  mm kvalitete čelika S320GD. Limovi naliježu na betonske sekundarne nosače koji su u gornjem pojasu širine 300mm.

Limovi moraju biti u skladu sa normama HRN EN 1090-1:2012, HRN EN 1090-2:2011.

### **Analiza opterećenja na pokrov:**

Čelični profilirani lim  $d=8.4$  cm te stalni teret od ovješnja instalacijskih kanala

$\approx$  cca  $\Delta g = 3.03$  kN/m<sup>2</sup>

Vjetar pritisak  $w_{\downarrow} = + 0.549$  kN/m<sup>2</sup>

Vjetar sisanje  $w_{\uparrow} = -0.885$  kN/m<sup>2</sup>

Korisno opterećenje za neprohodne krovove osim za redovito održavanje i popravak (kategorija H)

$q_k = 1.00$  kN/m<sup>2</sup>; koncentrirana sila  $Q_k = 1.0$  kN

Opterećenje snijegom  $s = +0.40$  kN/m<sup>2</sup>

GSU kombinacija – rijetka kombinacija djelovanja

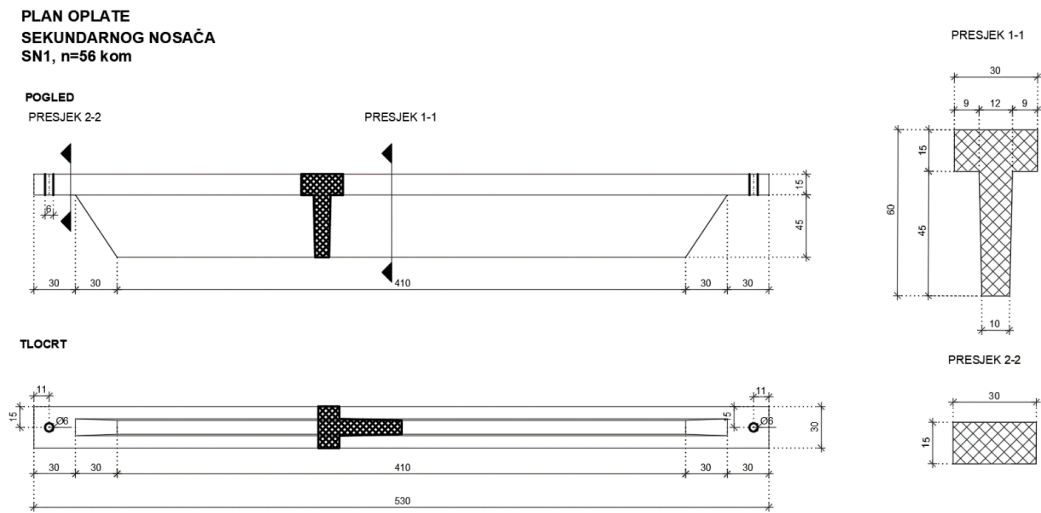
CO1:  $q_{Ek,3} = g + q_k + 0.9w_{\downarrow} + s \rightarrow q_{Ek,1} = 3.03 + 1.0 + 0.549 + 0.4 = 4.979$  kN/m<sup>2</sup> <  $q(\text{GSU}) = 5.14$  kN/m<sup>2</sup> (L/300)

Zaključak: Čelični profilirani lim tip TRAPEZA 35/207T (proizvođač Arcelor Mittal), debljine lima  $t_N = 0.75$  mm,

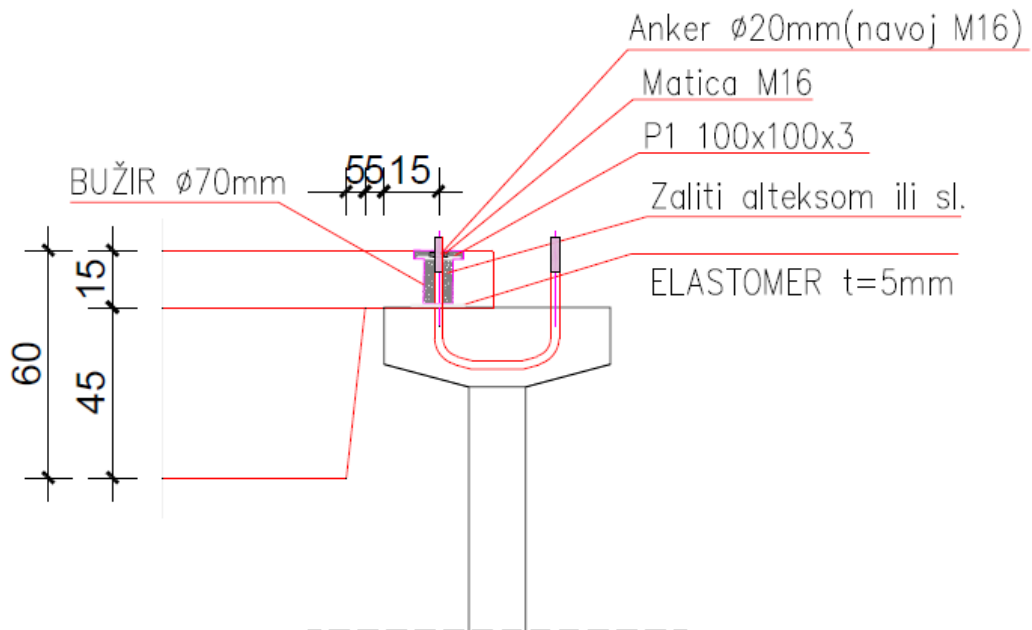
kvalitete čelika S320GD zadovoljava sa aspekta nosivosti i uporabljivosti (za ograničenje progiba L/300)

Ukoliko se izvođač odluči za drugu dimenziju i debljinu lima ili za drugog proizvođača potrebno je isto usuglasiti sa predviđenim opterećenjima iz ovog projekta te ishoditi suglasnost od projektanta konstrukcije.

### 3.4. Statički proračun horizontalnih montažnih elemenata Poz 300



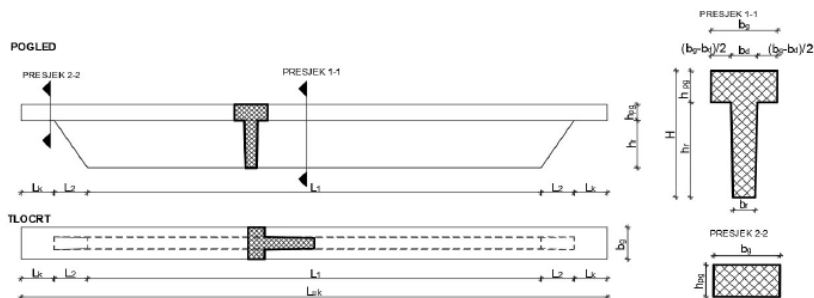
Slika 8.3. Dispozicija podrožnice



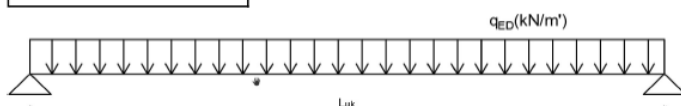
Slika 8.4. Oslanjanje podrožnice

## PRORACUN KROVNE "T" GREDICE:

### 1. KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA



### 2. STATIČKI SUSTAV:



$L_{uk}$ - ukupna duljina nosača	530,0	cm
$L_1$ - duljina rebra	30,0	cm
$L_2$ - kratka konzola	30,0	cm
$H_{max}$ - ukupna visina nosača	60,0	cm
$h_{pg}$ - visina gornjeg pojasa	15,0	cm
$h_r$ - visina rebra	45,0	cm
$b_g$ - širina gornjeg pojasa	30,0	cm
$b_g$ - širina rebra gore	12,0	cm
$b_r$ - širina rebra dolje	10,0	cm
$d_1$ - udaljenost težišta vl. armature do vlačnog ruba	7,0	cm
$d$ - statička visina	53,0	cm

$A$ - površina poprečnog presjeka
$y_d$ - udaljenost težišta do donjeg ruba
$y_g$ - udaljenost težišta do gornjeg ruba
$I_{xd}$ - moment tromosti s obzirom na donji rub
$I_x$ - moment tromosti s obzirom na težište
$x$ - udaljenost presjeka od početka nosača

X (cm)	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
H (cm)	0,00	26,50	53,00	79,50	106,00	132,50	159,00	185,50	212,00	238,50	265,00
$b_g$ (cm)	15,0	15,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
$b_g$ (cm)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
$b_d$ (cm)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$b_r$ (cm)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
$h_{pg}$ (cm)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
$h_r$ (cm)	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
$A$ (cm <sup>2</sup> )	450	450	945	945	945	945	945	945	945	945	945
$y_d$ (cm)	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
$y_g$ (cm)	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9
$I_{xd}$ (cm <sup>4</sup> )	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5	1598062,5
$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2

### 3. MATERIJAL:

Beton:	C40/50
Klasa izloženosti:	XC1
$f_{ck}$	40,0 MPa
$f_{cd}$	26,7 MPa
$f_{RD}$	MPa
$f_{ctm}$	3,5 MPa
$E_{cM}$	35220,5 MPa
$\gamma_c$	25,0 kNm <sup>3</sup>

Armatura:	Tip: B 500B
$f_{yk}$	500,0 MPa
$f_{yd}$	434,8 MPa
$E_s$	195000,0 MPa

Koeficijenti sigurnosti - materijal:	
$\gamma_c$	1,5
$\gamma_s$	1,15

Koeficijenti sigurnosti - djelovanja GSN:	
$\gamma_g$	1,35
$\gamma_q$	1,5

Koeficijenti sigurnosti - djelovanja GSU:	
$\gamma_g$	1,0
$\gamma_q$	1,0

### 4. REZNE SILE DUŽ NOSAČA:

Analiza opterećenja:

POPREČNI RASTER SEKUNDARNIH NOSAČA **2,4** m

$\Delta x$ (m)	0,00	0,265	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65
A (m <sup>2</sup> )	0,000	0,045	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095
g (kNm')	0,0	1,1	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
$g_{st}$ (kNm')	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
$\Delta g$ (kNm')	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
q	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
G (t)	0,0	0,5	1,0	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,8

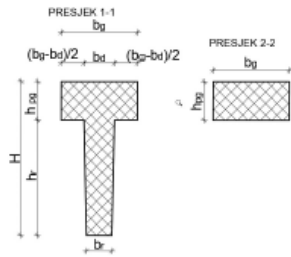
g - vlastita težina	2,36	kNm'
$\Delta g$ - dodatno stalno	3,1	kNm <sup>2</sup>
q - korisno opterećenje	1,4	kNm <sup>2</sup>

$q_{ed} = 18,27$  kNm'

x (cm)	0,00	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65
$M_g + M_{dg}$	0,0	6,5	12,4	17,6	22,0	25,8	28,9	31,3	33,0	34,1	34,4
$M_q$	0,0	2,2	4,2	6,0	7,6	8,8	9,9	10,7	11,3	11,7	11,8
$M_{ED,1}$	0,0	12,2	23,1	32,7	41,1	48,1	53,9	58,4	61,6	63,5	64,2
$M_{ED,2}$	0,0	8,8	16,6	23,6	29,6	34,7	38,8	42,1	44,4	45,8	46,2
$V_g + D_g$	26,0	23,4	20,8	18,2	15,6	13,0	10,4	7,8	5,2	2,6	0,0
$V_q$	8,9	8,0	7,1	6,2	5,3	4,5	3,6	2,7	1,8	0,9	0,0
$V_{ED,1}$	48,4	43,6	38,7	33,9	29,1	24,2	19,4	14,5	9,7	4,8	0,0
$V_{ED,2}$	34,9	31,4	27,9	24,4	20,9	17,4	14,0	10,5	7,0	3,5	0,0

$M_{ED,1}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja nosivosti	$1,35(g+dg)+1,5(q)$
$M_{ED,2}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe	$1,0(g+dg)+1,0(q)$
$V_{ED,1}$ - Računska sila za provjeru graničnih stanja nosivosti	$1,35(g+dg)+1,5(q)$
$V_{ED,2}$ - Računska sila za provjeru graničnih stanja uporabe	$1,0(g+dg)+1,0(q)$

5. DIMENZIONIRANJE NOSAČA NA SAVIJANJE:



$$\mu_{ED} = \frac{M_{ED,1}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad A_{s1} = \frac{M_{ED,1}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

$$\mu_{RD,lim} = 0,187 \quad \zeta_{lim} = 0,892$$

$$M_{RD,max} = \mu_{RD,lim} \times b \times d^2 \times f_{cd} = 0,187 \times b \times d^2 \times f_{cd}$$

x (m)	0,00	0,265	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65
M <sub>ED,1</sub> (kNm)	0,0	12,2	23,1	32,7	41,1	48,1	53,9	58,4	61,6	63,5	64,2
b <sub>g</sub> (cm)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
H (cm)	15,0	15,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
d <sub>1</sub> (cm)	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
d (cm)	11,0	11,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
M <sub>RD,lim</sub> (kNm)	18,1	18,1	420,2	420,2	420,2	420,2	420,2	420,2	420,2	420,2	420,2
X <sub>lim</sub>	2,8	2,8	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
μ <sub>ED</sub>	0,0000	0,1259	0,0103	0,0146	0,0183	0,0214	0,0240	0,0260	0,0274	0,0283	0,0286
ζ	0,9930	0,9410	0,9840	0,9810	0,9770	0,9740	0,9740	0,9710	0,9710	0,9710	0,9710
A <sub>S1,zr</sub> (cm <sup>2</sup> )	0,00	2,71	1,02	1,45	1,82	2,14	2,40	2,61	2,75	2,84	2,87
Ođabrano	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16	Φ16
n (kom.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A <sub>S1,uzv</sub> (cm <sup>2</sup> )	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02

6. DIMENZIONIRANJE NOSAČA NA POPREČNE SILE:

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \quad v = 0,6 \cdot (1 - \frac{f_{ck}}{250})$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12 \quad s_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}}$$

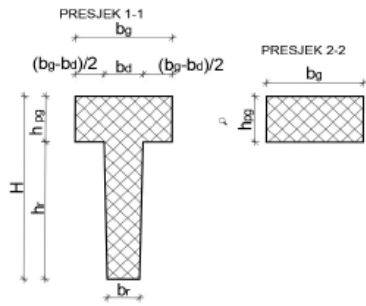
$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} \quad V_{RD,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad V_{WD} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot z}{S_w}$$

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

Profil	A <sub>sw</sub>	
Φ6	0,28	cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50	cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79	cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13	cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54	cm <sup>2</sup>

x (m)	0,00	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65
V <sub>ED</sub> (kN)	48,4	43,6	38,7	33,9	29,1	24,2	19,4	14,5	9,7	4,8	0,0
b <sub>w</sub> (cm)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
H (cm)	15,0	15,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
d (cm)	11,0	11,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
ρ <sub>l</sub>	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758	0,00758
k	2,3	2,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
u <sub>min</sub>	1,6	1,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
V <sub>RD,c</sub> (kN)	9,7	9,7	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
u	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
V <sub>RD,max</sub> (kN)	73,9	73,9	356,2	356,2	356,2	356,2	356,2	356,2	356,2	356,2	356,2
Profil (mm)	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8	Φ8
m	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
S <sub>w</sub> (cm)	15,0	15,0	15,0	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Usvojeno	Φ8/15	Φ8/15	Φ8/15	Φ8/15	Φ8/20	Φ8/20	Φ8/20	Φ8/20	Φ8/20	Φ8/20	Φ8/20
V <sub>RD,s</sub> (cm2)	57,4	57,4	138,3	138,3	103,7	103,7	103,7	103,7	103,7	103,7	103,7

## 7. KONTROLA PUKOTINA



$$W_k = S_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

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

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

$$\rho_{p,eff} = (A_s) / A_{c,eff}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{ED}}{z \cdot A_s} \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_e \times A_{s1}}{b} \times \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times b \times d}{\alpha_e \times A_{s1}}} \right)$$

c- zaštitni sloj

k<sub>1</sub> - 0,8 -rebrasta armatura, k<sub>1</sub> - 1,6 -glatka armatura,

k<sub>2</sub> - 0,5-savijanje, k<sub>2</sub> - 1,0 - vlak

k<sub>3</sub> = 3,4

k<sub>3</sub> = 0,425

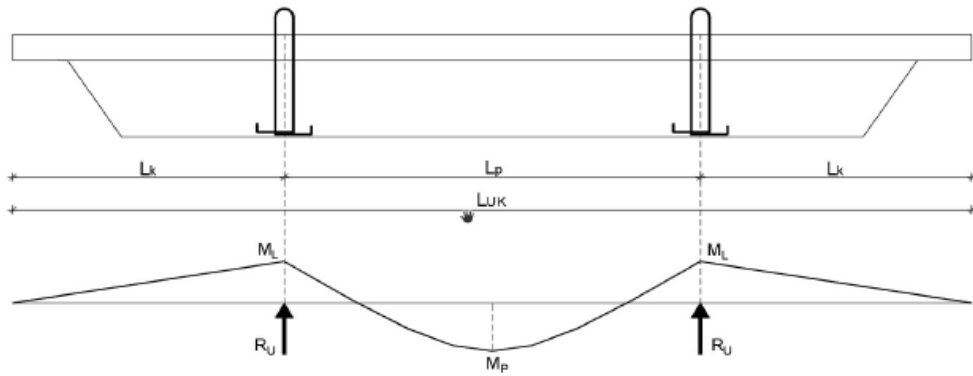
k<sub>t</sub> = 0,6 - kratkotrajno opterećenje,

k<sub>t</sub> = 0,4 - dugotrajno opterećenje

x (m)	0,00	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,12	2,39	2,65
M <sub>ED,2</sub> (kNm)	0,0	8,8	16,6	23,6	29,6	34,7	38,8	42,1	44,4	45,8	46,2
b <sub>f</sub> (cm)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
H (cm)	15,0	15,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
d <sub>1</sub> (cm)	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
d (cm)	11,0	11,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
A <sub>S1,usv.</sub> (cm <sup>2</sup> )	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02
α <sub>e</sub>	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
x (cm)	5,1	5,1	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
σ <sub>s</sub> (MPa)	0,0	211,0	79,4	112,8	142,1	167,0	187,1	203,3	214,5	221,2	223,4
M <sub>σ</sub> (kNm)	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
σ <sub>sr</sub> (MPa)	585,5	617,8	122,6	123,0	123,5	123,9	123,9	124,3	124,3	124,3	124,3
K <sub>3</sub> x C	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0	102,0
ρ <sub>p,eff</sub>	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230
ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0,00035	0,00073	0,00005	0,00023	0,00038	0,00050	0,00061	0,00069	0,00075	0,00078	0,00079
S <sub>r,max</sub> (mm)	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4	220,4
W <sub>k</sub> (mm)	-0,078	0,161	0,012	0,050	0,083	0,111	0,134	0,152	0,165	0,172	0,175
<b>&lt; W<sub>k</sub>=0,3 (mm)</b>											



8. PRORAČUN KUKA ZA DIZANJE NOSAČA

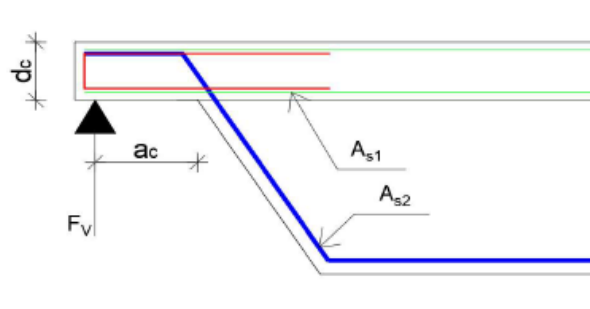


$L_{uk}$	530,0	cm
$L_k$	150,0	cm
$L_p$	230,0	cm
$M_L$	3,6	kNm
$M_p$	-1,5	kNm
$R_U$	8,45	kN

Koef. Sigurnosti: 5,0

$f_{ypk} = 434,78$  MPa  
 $A_k = R_U / f_{ypk} = 0,19$  cm<sup>2</sup>  
 ODABRANO **1Ø20** 3,14 cm<sup>2</sup>

### 10. PRORAČUN KRATKE KONZOLE



U KONZOLU UGRADITI HORIZONTALNU KONSTRUKTIVNU ARMATURU

$F_v =$	48,41	kN
$M_{eds} =$	14,53	kNm
$z =$	12	cm

$a_c =$	30,0	cm
$d_c =$	15,0	cm

$$A_{s1} = \frac{M_{EDS}}{z \times f_{yd}}$$

$A_{s1} =$	2,78	cm <sup>2</sup>
Odabrano:	Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Broj šipki:	3	3,39 cm <sup>2</sup>

### KONTROLA NOSIVOSTI TLAČNOG ŠTAPA:

UVJET NOSIVOSTI  $F_{sdc} < f_{cd} \times c \times b$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,8 \times d_c / a_c = 0,4 \rightarrow \alpha = 22^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0,928$$

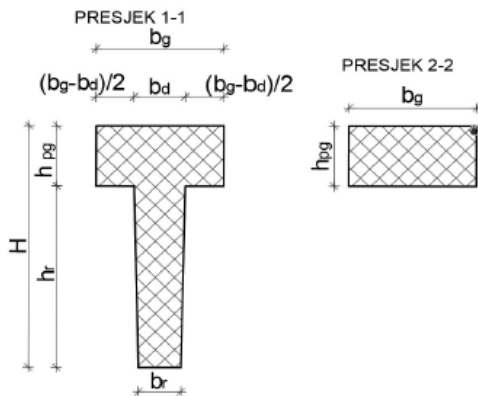
$$F_{sdc} = F_{sds} / \cos \alpha = 130,48 \text{ kN} \quad c = 3 \text{ cm}$$

$$f_{cd} \times c \times b = 240 \text{ kN} \rightarrow 130,48 \text{ kN}$$

$A_{s2} =$	1,11	cm <sup>2</sup>
Odabrano:	Φ18	2,54 cm <sup>2</sup>
Broj šipki:	1	2,54 cm <sup>2</sup>

$$A_{s2} = \frac{V_{ED}}{f_{yd}}$$

9. KONTROLA PROGIBA NOSAČA



POSTUPAK BRANSONA:

$$I_k = I_{id} - (I_{id} - I'_{id}) \left[ 1 - \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

$$f_k = \frac{5}{48} \times \frac{M_{ED,2} \times l^2}{I_k \times E_c}$$

$$E_{c,p} = \frac{E_c}{1 + \varphi}$$

$$K_r = 0,85 - 0,45 \times \left( \frac{A_{s2}}{A_{s1}} \right)$$

$$f_d = K_r \times f_k \times \varphi$$

$$f_u = f_k + f_d$$

x (m)	0,0	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7
M <sub>ED,2</sub> (kNm)	0,0	8,8	16,6	23,6	29,6	34,7	38,8	42,1	44,4	45,8	46,2
M <sub>g-3g</sub> (kNm)	0,0	6,5	12,4	17,6	22,0	25,8	28,9	31,3	33,0	34,1	34,4
b <sub>g</sub> (cm)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
H (cm)	15,0	15,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
d <sub>1</sub> (cm)	4,0	4,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
d (cm)	11,0	11,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
A <sub>s1,uzv.</sub> (cm <sup>2</sup> )	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
A <sub>s2,uzv.</sub> (cm <sup>2</sup> )	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
α <sub>e</sub>	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
x (cm)	5,1	5,1	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
σ <sub>s</sub> (MPa)	0,0	211,0	79,4	112,8	142,1	167,0	187,1	203,3	214,5	221,2	223,4
M <sub>cr</sub> (kNm)	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
σ <sub>sr</sub> (MPa)	585,5	617,8	122,6	123,0	123,5	123,9	123,9	124,3	124,3	124,3	124,3
I <sub>id,c</sub> (cm <sup>4</sup> )	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2	294348,2
I <sub>id</sub> (cm <sup>4</sup> )	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1	327981,1
I' <sub>id</sub> (cm <sup>4</sup> )	3180,1	3180,1	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2	207082,2
I <sub>k</sub> (cm <sup>4</sup> )	324801,0	324801,0	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9	120898,9

Koef. Puzanja φ : 2,2  
Modul el. Betona : 35220,5 MPa

Dozvoljeni progib (L/300):	1,77	cm
Kratkotrajni progib f <sub>k</sub> :	0,32	cm
K <sub>r</sub> :	0,15	
Dugotrajni progib f <sub>d</sub> :	0,10	cm
Ukupni progib u sredini raspona f <sub>uk</sub> = f <sub>k</sub> + f <sub>d</sub> :	0,42	cm

### 3.4.1. Proračun krovne „T“ gredice

### 3.4.2. Proračun glavnog krovnog „I“ nosača na rasponu $L=23.9\text{m}$

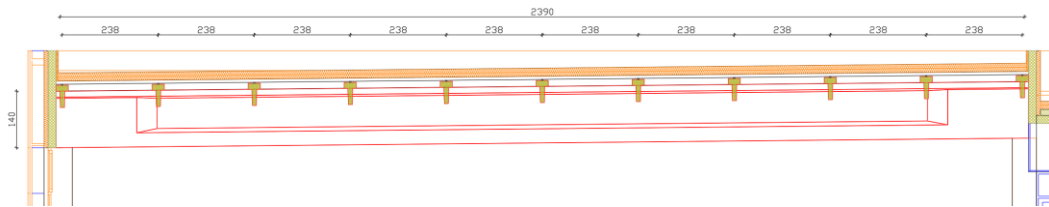
#### Analiza opterećenja:

Vlastita težina nosača (uzeta programom)

Reakcije od sekundarnih nosača SEK 1 na temelju sljedećeg opterećenja:

Težina pokrova  $\Delta g = 1.83 \text{ kN/m}^2$

Snijeg+vjetar  $= 1.40 \text{ kN/m}^2$

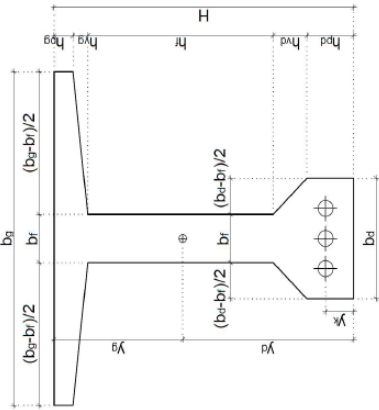


Slika 8.5. Uzdužni presjek nosača poz.GN1, beton C40/50, XC1

Nosač je armiran klasičnom i prednapetom armaturom.

Proračun nosača je dat u nastavku.

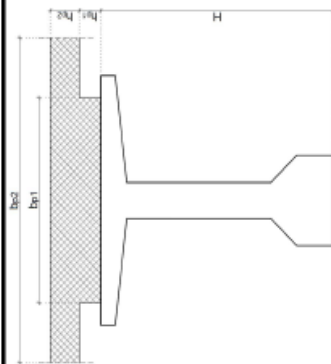
1. Karakteristike nosača za 1. FAZU



KROVNI NOSAČ: POZ GMI, L= 25m		
140,00	cm	H - ukupna visina presjeka
60,00	cm	b <sub>g</sub> - širina gornjeg pojasa
33,00	cm	b <sub>d</sub> - širina donjeg pojasa
13,00	cm	b <sub>w</sub> - širina rebra
15,00	cm	t <sub>gg</sub> - visina gornjeg pojasa
35,00	cm	t <sub>gd</sub> - visina donjeg pojasa
5,00	cm	t <sub>w</sub> - visina gornje vute
10,00	cm	t <sub>wb</sub> - visina donje vute
27,10	cm	y <sub>g</sub> - položaj težišta kabela u L/2
23,90	m	L - računaska dužina nosača
0,00	%	i - nagib gornje pojasnice
140,00	cm	H <sub>1</sub> - visina nosača u sredini raspona
<b>POTVRĐENA VATROOTPORNOST</b>		<b>F90</b>

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
H (cm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
b <sub>g</sub> (cm)	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
b <sub>d</sub> (cm)	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
b <sub>w</sub> (cm)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
t <sub>gg</sub> (cm)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
t <sub>gd</sub> (cm)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
t <sub>w</sub> (cm)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
t <sub>wb</sub> (cm)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
t <sub>w</sub> (cm)	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
A (cm <sup>2</sup> )	5063,8	5063,8	4693,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5
y <sub>g</sub> (cm)	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
y <sub>b</sub> (cm)	64,6	64,6	63,5	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0
I <sub>gd</sub> (cm <sup>4</sup> )	37898531,0	37898531,0	36011701,1	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5
I <sub>g</sub> (cm <sup>4</sup> )	9100545,2	9100545,2	8554491,6	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9
W <sub>gd</sub> (cm <sup>3</sup> )	120676,7	120676,7	111839,5	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7
W <sub>g</sub> (cm <sup>3</sup> )	140902,8	140902,8	134693,1	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6
k <sub>gd</sub> (cm)	27,8	27,8	28,7	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5
k <sub>g</sub> (cm)	23,8	23,8	23,8	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6

2. Karakteristike nosača za 2. FAZU



KROVNI NOSAČ: POZ GNI, L = 25m

0,0	cm	$h_{p1}$ - visina ploče 1
0,0	cm	$h_{p2}$ - visina ploče 2
0,0	cm	$b_{p1}$ - širina ploče 1
0,0	cm	$b_{p2}$ - širina ploče 2

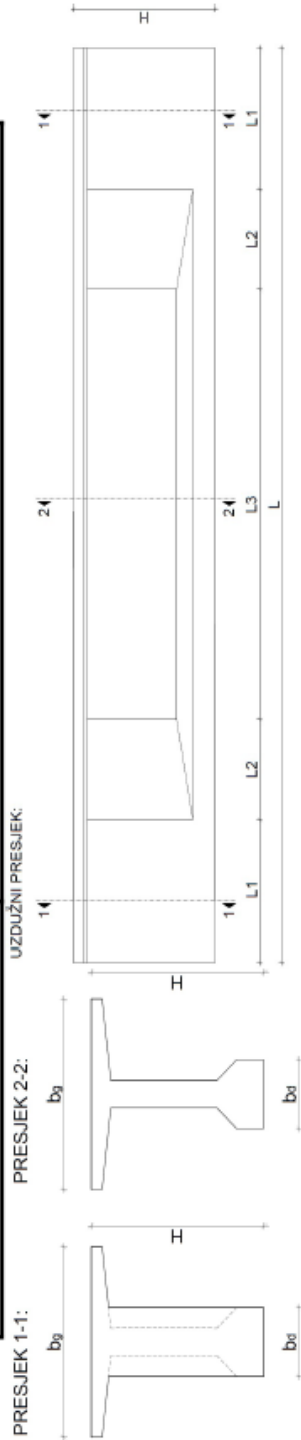
**NAPOMENA:** - bp2 predstavlja sudjelujuću širinu ploče

27,13	cm	$Y_1$ - težište kabala
45,30	cm	$y_k$ - položaj težišta kabala u L/2 u odnosu na težište

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
H (cm)	0,00	1,20	2,39	3,59	4,78	5,98	7,17	8,37	9,56	10,76	11,95			
$b_p$ (cm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0			
$A_1$ (cm <sup>2</sup> )	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0			
$Y_{e-1}$ (cm)	5063,8	5063,8	4693,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5			
$Y_{p-1}$ (cm)	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0			
$Y_{p-2}$ (cm)	64,6	64,6	63,5	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0			
$I_{k-1}$ (cm <sup>4</sup> )	37898531,0	37898531,0	36011701,1	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5	26502145,5			
$I_{k-2}$ (cm <sup>4</sup> )	9100545,2	9100545,2	8554491,6	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9			
$H_{ka}$ (cm)	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0			
$A_2$ (cm <sup>2</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
$A_{1+2}$ (cm <sup>2</sup> )	5063,8	5063,8	4693,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5			
$Y_{e-2}$ (cm)	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0			
$Y_{p-2}$ (cm)	64,6	64,6	63,5	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0			
$I_{k-2}$ (cm <sup>4</sup> )	9100545,2	9100545,2	8554491,6	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9	8144390,9			
$W_{k-2}$ (cm <sup>3</sup> )	120676,7	120676,7	111839,5	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7			
$W_{p-2}$ (cm <sup>3</sup> )	140902,8	140902,8	134693,1	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6			
$k_{e-2}$ (cm)	27,8	27,8	28,7	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5			
$k_{p-2}$ (cm)	23,8	23,8	23,8	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6	32,6			

### 3. UZDUŽNE KARAKTERISTIKE NOSAČA

KROVNI NOSAČ: POZ GN1, L = 25m



23,90	m	L - ukupna dužina nosača
2,33	m	L <sub>1</sub> - dužina pravokutnog presjeka
1,00	m	L <sub>2</sub> - dužina dijela suženja
17,24	m	L <sub>3</sub> - dužina suženog "I" presjeka

### 4. MATERIJAL

Beton: C 40/50

klasa izloženosti XC1

$f_{tk}$	=	40,0	MPa
$f_{td}$	=	26,7	MPa
$f_{dm}$	=	3,5	MPa
$E_c$	=	33543,3	MPa
$\gamma_c$	=	25,0	kN/m <sup>3</sup>
$\tau_{RD}$	=	0,4	MPa
$\sigma_{c,max}(t=0)$	=	-24,0	MPa
$\sigma_{c,max}(t=∞)$	=	-18,0	MPa
$\sigma_{t,max}(t=0)$	=	3,5	MPa
$\sigma_{t,max}(t=∞)$	=	2,1	MPa
$E_{cm}$	=	35220,5	MPa

tlak u fazi prednapinjanja  
tlak u eksploataciji  
vlak u fazi prednapinjanja  
vlak u eksploataciji

Armatura: B 500B

Tip: B 500B

$f_{yk}$	=	500,0	MPa
$f_{kd}$	=	434,8	MPa
$E_s$	=	200000,0	MPa

Užad: St 167/1860

Tip	=	St 167/1860	
$f_{po,tk}$	=	1670,0	MPa
$f_{tk}$	=	1860,0	MPa
$E_k$	=	195000,0	MPa
$\sigma_{p0,max}$	=	1503,0	MPa
$\sigma_{p0,max}$	=	1395,0	MPa

najveće naprezanje nakon prednapinjanja  
najveće naprezanje nakon sidrenja

## 5. OPTEREĆENJE

KROVNI NOSAČ: poz. GN1, L=24 m

Vlasitla težina (1.faza):

$g_1 =$	12,66	KN/m <sup>2</sup>
$g_2 =$	8,55625	KN/m <sup>2</sup>
$g_3 =$	9,5279642	KN/m <sup>2</sup>

Ukupna masa i volumen nosača:

$G_{tot} =$	22,99	t
$V_{tot} =$	9,02	m <sup>3</sup>

Vlasitla težina ploče:

$g_{pl} =$	0	KN/m <sup>2</sup>
------------	---	-------------------

Dodato stajno opterećenje (sekundarno):

$\Delta g_1 =$	5,37	KN/m <sup>2</sup>
----------------	------	-------------------

Dodato stajno opterećenje (slojevi krova):

$\Delta g_2 =$	10,96	KN/m <sup>2</sup>
----------------	-------	-------------------

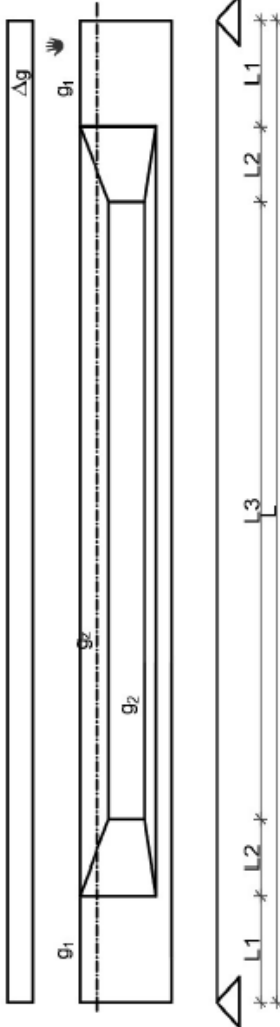
Korisno opterećenje (pokretno):

$q =$	7,56	KN/m <sup>2</sup>
-------	------	-------------------

$\psi_{0,1} =$	0,60
----------------	------

$\psi_{1,1} =$	0,20
----------------	------

$\psi_{2,1} =$	0,00
----------------	------



Izračunati utjecaji od dodatno stajnog opterećenja - sekundarci (upetost na krajevima):

$M_{g,x=0} =$	0,00	KNm
$M_{g,x=L} =$	0,00	KNm

Izračunati utjecaji od dodatno stajnog opterećenja-slojevi krova (upetost na krajevima):

$M_{g,x=0} =$	0,00	KNm
$M_{g,x=L} =$	0,00	KNm

Izračunati utjecaji od pokretnog opterećenja ( upetost na krajevima):

$M_{q,x=0} =$	0,00	KNm
$M_{q,x=L} =$	0,00	KNm

X	L/20		L/20		L/20		L/20		L/20		L/20		L/20	
	0,00	1,20	2,39	3,59	4,78	5,98	7,17	8,37	9,56	10,76	11,95	13,15	14,34	
$M_{g,z}$	0,0	129,3	244,9	347,0	435,4	510,2	571,5	619,1	653,1	673,5	680,3	0,0	0,0	
$M_{g,pl}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$M_{g,1}$	0,0	72,9	138,0	195,5	245,4	287,6	322,1	348,9	368,1	379,6	383,4	0,0	0,0	
$M_{g,2}$	0,0	148,7	281,7	399,1	500,8	586,9	657,3	712,1	751,3	774,7	782,6	0,0	0,0	
$M_q$	0,0	102,6	194,3	275,3	345,5	404,8	453,4	491,2	518,2	534,4	539,8	0,0	0,0	
$M_{ED,1}$	0,0	627,4	1188,8	1684,1	2113,4	2476,6	2773,8	3005,0	3170,1	3269,2	3302,2	0,0	0,0	
$M_{ED,2}$	0,0	412,33	781,26	1106,79	1388,91	1627,63	1822,94	1974,85	2083,36	2148,47	2170,17	0,0	0,0	
$M_{ED,3}$	0,0	371,3	703,5	966,7	1250,7	1465,7	1641,6	1778,4	1876,1	1934,7	1954,2	0,0	0,0	
$M_{ED,4}$	0,0	350,8	664,7	941,6	1181,6	1384,1	1550,9	1680,1	1772,4	1827,8	1846,3	0,0	0,0	

=>  $M_{ED,1}$  - Računski moment za provjeru graničnih stanja nosivosti;  $M_{ED,1} = 1,35 (M_{g,z} + M_{g,pl} + M_{q,1}) + 1,5 M_q$

=>  $M_{ED,2}$  - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - rijetka kombinacija;  $M_{ED,2} = 1,0 (M_{g,z} + M_{g,pl} + M_{g,1}) + \psi_{0,1} M_q$

=>  $M_{ED,3}$  - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - česta kombinacija;  $M_{ED,3} = 1,0 (M_{g,z} + M_{g,pl} + M_{g,2}) + \psi_{1,1} M_q$

=>  $M_{ED,4}$  - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - kvazistatna kombinacija;  $M_{ED,4} = 1,0 (M_{g,z} + M_{g,pl} + M_{g,3}) + \psi_{2,1} M_q$



## 6. PRORACUN SILE PREDNAPREZANJA

KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

1. FAZA		Ujiccjaj	$M_{gz}$	$M_{g,p}$	$M_{0g}$	$M_q$	$M_{ed,2} = 1.0 (M_{g,x})$
Koef.		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Moment		680,3	0,0	0,0	0,0	0,0	680,3 kNm

a) Donji rub (tlak)  $-\frac{P_{t=0}}{A_1} - \frac{P_{t=0} \cdot y_{k,1}}{W_{1,d}} + \frac{M_{ED,2}}{W_{1,d}} \geq \sigma_{t,max,t=0}$   $P_{t=0} \leq 4277,1$  kN

a) Gornji rub (vlak)  $-\frac{P_{t=0}}{A_1} + \frac{P_{t=0} \cdot y_{k,1}}{W_{1,g}} - \frac{M_{ED,2}}{W_{1,g}} \geq \sigma_{t,max,t=0}$   $P_{t=0} \leq 10675,5$  kN

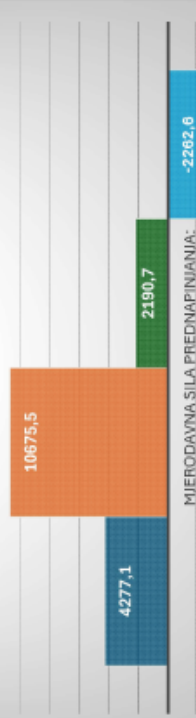
2. FAZA		Ujiccjaj	$M_{gz}$	$M_{g,p}$	$M_{0g}$	$M_q$	$M_{ed,2} = 1.0 \cdot (M_{g,x} + M_{g,p} + M_{0g}) + \psi \cdot M_q$
Koef.		1,0	1,0	1,0	0,2		
Moment		680,3	0,0	1166,0	108,0		1954,2 kNm

Pretpostavljeni gubici sile: 20,0 %

a) Donji rub (vlak)  $-\frac{P_{t=\infty}}{A_{1+2}} - \frac{P_{t=\infty} \cdot y_{k,2}}{W_{2,d}} + \frac{M_{ED,2}}{W_{2,d}} \leq \sigma_{t,max,t=\infty}$   $P_{t=\infty} \geq 2190,7$  kN

a) Gornji rub (tlak)  $-\frac{P_{t=\infty}}{A_{1+2}} + \frac{P_{t=\infty} \cdot y_{k,1}}{W_{2,g}} - \frac{M_{ED,2}}{W_{2,g}} \leq \sigma_{c,max,t=\infty}$   $P_{t=\infty} \geq -2262,6$  kN

### 1. FAZA & 2. FAZA



■ a) Donji rub (vlak) ■ a) Donji rub (vlak) ■ a) Donji rub (vlak) ■ a) Gornji rub (tlak)

Konvencija predznaka
+ vlak
- tlak

MjERODAVNA SILA:
$P_{t=0} \leq 4277,137$ kN

MjERODAVNA SILA PREDNAPINJANJA:
$P_{t=\infty} \geq 2190,7$ kN
$P_{t=0} \geq 2738,4$ kN

Promjer užeta		Površina 1 užeta		Početna sila u 1 užetu		Ukupan broj užadi u presjeku n=		Raspored kablova u sredini presjeka	
	0,6 inča	139 mm <sup>2</sup>	185 kN					RED	Br. Užadi
						16 kom	( u polovini nosača)	red 6	0
								red 5	2
								red 4	2
								red 3	4
								red 2	4
								red 1	4

Početna sila prednapreznja  $P_{poč} = 2960,0$  kN ( u polovini nosača)

$\sigma_{poč} = 1330,94$  Mpa

Rezultanta užadi 27,13 cm

**KROVNI NOSAC; poz. GN1, L=24m**

**7. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - PROKLIZNUĆE KLINA**  
 Pretpostavljeno prokliznuće klina  $\Delta L_k$ : 6,00 mm  
 Moduli elastičnosti čelika užadi  $E_k$ : 195000,00 Mpa  
 Dužina staze za prednapinjanje L = 100,00 m

$$\Delta\sigma_{z1} = \frac{\Delta L}{l} \cdot E_z = 11,70 \text{ Mpa}$$

Gubici sile od prokliznuća klina  $\Delta P_{k1} = 26,02 \text{ kN}$  **0,879 %**  
 (Gubici su konstantni po čitavoj dužini nosača)

**8. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - ELATILNE DEFORMACIJE BETONA**

$$\rho_1 = 1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot y_{k,1} \cdot 2 = 1,89 \text{ (za 1. fazu)}$$

$$y_{k,1} = 45,90 \text{ cm}$$

$$\sigma_{c0} = P_0 \cdot \frac{\rho_1}{A_c} = 1,63 \text{ kN/cm}^2$$

Odnos modula elastičnosti:  $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = 5,68$

$$\Delta P_{c1} = \sigma_{c0} \cdot \frac{\alpha_e}{1 + \rho_1 \cdot \alpha_e} \cdot A_p = 17,59 \text{ kN}$$

**0,59 %**

**9. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - RELAKSACIJA ( OPUŠTANJE ) ČELIKA**

Prema tablici se uzimaju konačne vrijednosti gubitaka naprezanja za razred čelika 2 (niska relaksacija za užad) i za  $t = \infty$ .

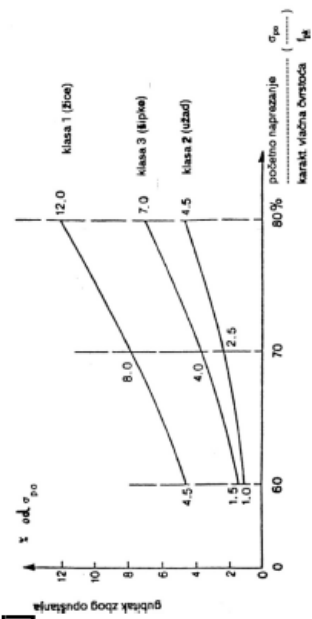
$f_{yk} = 1860,00 \text{ Mpa}$   
 $\sigma_w = 0,7 f_{yk} = 1302 \text{ Mpa}$   
 $\sigma_w / f_{yk} = 0,7$  iz silke za razred 2 (užad) očitano

$\sigma_{pr,t=1000} = 0,025 S_{p0} = 32,55 \text{ Mpa}$   
 $\sigma_{pr,t=\infty} = 3 D S_{pr,t=1000} = 97,65 \text{ Mpa}$

$$\Delta P_r = A_s \cdot \sigma_{pr,t=\infty} = 217,17 \text{ kN}$$

$$\Phi_{rel(k)} = -0,0734$$

**7,34 %**



**10. UKUPNI GUBICI SILE PREDNAPREZANJA U TREUTKU PREDNAPREZANJA**

Gubici sile od prokliznuća klina	$\Delta P_{k1} = 26,02 \text{ kN}$	0,88 %
Gubici od elastičnih deformacija	$\Delta P_{c1} = 17,59 \text{ kN}$	0,59 %
Gubici od relaksacije čelika	$\Delta P_r = 217,17 \text{ kN}$	7,34 %
<b>Ukupni gubici sile</b>	<b>= 260,79 kN</b>	<b>8,81 %</b>

slika 1.  
 Sile prednapreznja umanjena za početni gubitak = **2699,22 kN**  
**Početni gubitak sile prednapreznja = 8,81 %**

KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

**11. PADOVI SILE PREDNAPREZANJA U SREDINI NOSAČA - PUZANJI SKUPLJANJE BETONA (prema Bažantu)**

(mjerodavna faza montaže i opterećenje od montaže nosača)

ZAOMJER:  $s_{\text{pop}} / f_{\text{pk}} = 0,70$  Iz slike 1. za razred 2 (užadi), vrijednost gubitaka naprezanja za  $t = \infty$

$\sigma_{\text{pkt}=\infty} =$	-97,65 Mpa
$\sigma_{c,OP=\infty} =$	-5,63 Mpa
$\varepsilon_{cs} \times E_p =$	-53,91
$0,8 \times D s_{\text{pr}} =$	-78,12

$\gamma_{k,2} = 46,1$  cm  
( za fazu 2. )

$$\Delta\sigma_{pc+s+r} = A_p \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0,8 \Delta \cdot \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,OP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \frac{A_p}{A_c} \cdot \left( 1 + \frac{A_p}{I_c} \cdot z_{cp}^2 \right)} \cdot [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)] = -186 \text{ MPa}$$

Koeficijent pužanja betona za  $t = \infty, \varphi(t, t_0) = 1,69$   
 Konačna vrijednost skupljanja  $\varepsilon = \infty, \xi_s(t, t_0) = -0,2765$  ‰  
 Pad naprezanja  $\Delta\sigma_{pc+s+r} = -186$  MPa  
 $\Delta P_l(t) = \sigma_{pc+s+r} \cdot A_p = -413,66$  kN 13,98 %

**12. UKUPNI GUBICI I PADOVI SILE PREDNAPREZANJA U SREDINI NOSAČA - KONAČNI**

Gubici sile od prokliznuća klina	$\Delta P_{sl} =$	26,02 kN	0,88 %
Gubici od elastičnih deformacija	$\Delta P_c =$	17,59 kN	0,59 %
Gubici od relaksacije čelika	$\Delta P_r =$	217,17 kN	7,34 %
Padovi od pužanja i skupljanja	$\Delta P_{ps} =$	413,66 kN	13,98 %
<b>Ukupni gubici sile</b>	<b>=</b>	<b>674,45 kN</b>	<b>22,79 %</b>

Konačna sila prednaprezanja umanjena za početne gubitke i padove  $P_{t=\infty} = 2285,56$  kN  
 Konačni gubitak sile prednaprezanja = 22,79 ‰ < 30%

Izračunati gubici u sredini raspona nosača će se usvojiti iste veličine za sve presjeka po dužini nosača

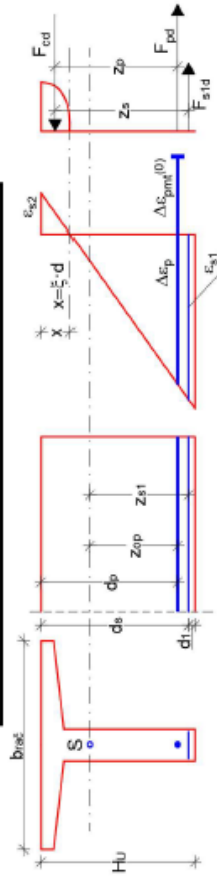
### 13. KONTROLA BOČNE STABILNOSTI NOSAČA

$b_y =$	60,00 cm	širina gornjeg pojasa nosača
$L =$	2390,00 cm	raspon nosača
$H =$	140,00 cm	visina nosača na sredini raspona

$$b_{10} \geq \sqrt[4]{\left(\frac{L}{50}\right)^2 \cdot H} = 62,53 \text{ cm}$$

Kontrola nije potrebna!

### KROVNI NOSAČ; poz. GNI, L=24m



### 14. PRORAČUN DODATNE KLASIČNE ARMATURE

<b>Beton:</b>	C40/50
$f_k =$	40,00 MPa
$f_{ct} =$	26,67 MPa
<b>Armatura:</b>	B 500B
$f_k =$	500,00 MPa
$f_{yd} =$	434,78 MPa
<b>Moment:</b>	
$M_{ED1} =$	3302,18 kNm
$\chi d =$	0,185 < 0,45
$I_{ed, kn} =$	0,296
$M_{RD1kn} =$	6034 kNm
$M_{ED1}/M_{RD1kn} =$	0,547
	> $M_{ED}$
	< 1,5

$$\varepsilon_{pmco}^{(0)} = \frac{f_{pmo}}{f_{mo}} \cdot \frac{f_k}{E_p \cdot A_p} = 5,97 \%$$

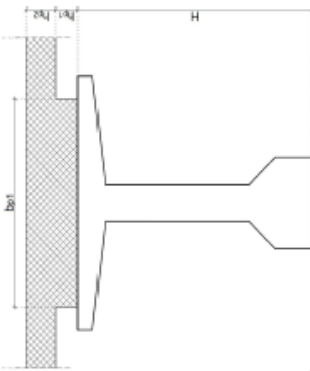
$$\Delta \varepsilon_p = 10 \%$$

$$A_{preq} = \frac{1}{\sigma_{pd}} \cdot \left( \frac{M_{sd,1}}{\xi \cdot d} \right) = 20,8355 \text{ cm}^2$$

$$A_{p,prov} = 22,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{preq} \geq A_{p,prov} \rightarrow$$

$$A_{s1} = (A_{preq} - A_{p,prov}) \cdot \frac{\sigma_{pd} \cdot z}{f_{yd} \cdot z_s} = 4,51 \text{ cm}^2$$



$H_u$ - Ukupna visina presejka	140,00 cm
$b_{top}$ - min. širina gornjeg pojasa	60,00 cm
$d_1$ - udaljenost težišta armature	10,00 cm
$d_p$ - statička visina	130,00 cm

$$\mu_{ED} = \frac{M_{EDS}}{b_{eff} \cdot d_s^2 \cdot f_{ctd}} = 0,12212$$

$\xi$	0,213
$\chi$	27,69 cm
$\zeta$	0,916
$\varepsilon_{s1}$	10,0 ‰
$\varepsilon_{s2}$	2,7 ‰

NEUTRALNA OS U REBRU I

$$\sigma_{pd}/E_p = \varepsilon_{pmco}^{(0)} + \Delta \varepsilon_p \geq \sigma_{pd}/E_p$$

$$\sigma_{pd}/E_p = 7,15 \%$$

$$\varepsilon_{pd} = 15,97 \%$$

$$\varepsilon_{pd,max} = \varepsilon_{pd,0} + 0,025 = 31,22 \%$$

ČELIK ZA PREDNAPINJANJE POTPUNO ISKORIŠTEN

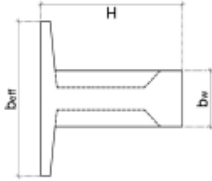
(Usvojena prednapeta armatura - užad)  
Potrebna samo minimalna meka armatura!

$d1 =$	10,00 cm	min. $A_s =$	4,44925 cm <sup>2</sup>
<b>Odobrano :</b>	<b>10 Φ 16</b>	stv. $A_{s1} =$	20,11 cm <sup>2</sup>

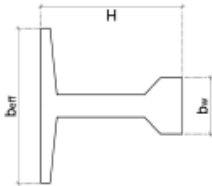
15. PRORAČUN POTREBNE POPREČNE ARMATURE (SPONA)

KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

PRESJEK 1-1:



PRESJEK 2-2:



UZDUŽNI PRESJEK:



PRESJEK 1-1:

$V_{ED}$	552,60 kN
$C_{red,c}$	0,12 kN/cm <sup>2</sup>
$\rho_1$	0,005875822
$k$	1,42
$b_w$	33 cm
$v$	0,504
$V_{min}$	0,3745579

$$V_{red,c} = \left[ C_{red,c} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 209,39666 \text{ kN}$$

$$V_{red,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 28828,8 \text{ kN}$$

PRESJEK 2-2: (na udaljenosti x1)

$\sigma_{cp}$	1,48 kN/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp,eff}$	0,78588 kN/cm <sup>2</sup>
$V_{ED}$	405,72 kN
$b_w$	14,0 cm

$$V_{red,c} = \left[ C_{red,c} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 129,23895 \text{ kN}$$

$$V_{red,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 12230,4 \text{ kN}$$

$$V_{RD2,red} = 1,67 \cdot V_{RD2} \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}} \right) = 822,4 \text{ kN}$$

$$As2 = 2,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{ED} / V_{RD2} = 0,019$$

$$S_w, min = 15,00 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0013$$

$$z = 101,5875 \text{ cm}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = 0,160875 \text{ cm}^2$$

$$V_{WRD} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot z}{S_w} = 930,519828 \text{ kN}$$

$$V_{RD} = 930,519828 \text{ kN}$$

$\Phi_{stab}$	10
m	4
$S_{w,stab}$	15,0
	$\Phi 10/15$

Profil	$A_{sw}$
$\Phi 6$	0,28 cm <sup>2</sup>
$\Phi 8$	0,50 cm <sup>2</sup>
$\Phi 10$	0,79 cm <sup>2</sup>
$\Phi 12$	1,13 cm <sup>2</sup>
$\Phi 14$	1,54 cm <sup>2</sup>

$\Phi_{stab}$	10
m	2
$S_{w,stab}$	10,0
	$\Phi 10/10$

$$V_{WRD} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot z}{S_w} = 697,89 \text{ kN}$$

$$V_{RD} = 697,89 \text{ kN}$$

$$min. Asw = 0,1365 \text{ (m=2)} \text{ cm}^2$$

16. STANJE NAPREZANJA PO DUŽINI NOSAČA ZA RADNO OPTEREĆENJE

KROVNI NOSAČ, poz. GN1, L=24m

$M_{ED,1}$  - Računski momenti za provjeru graničnih stanja uporabe - prva faza - stanje neposredno nakon prednaprezanja ;  $M_{ED,1} = (M_{g,z})$

$M_{ED,2}$  - Računski momenti za provjeru graničnih stanja uporabe - druga faza - konačno stanje ;  $M_{ED,2} = (M_{g,z} + M_{g,pl} + M_{D,g}) + \Psi M_q$

$\Psi = 0,2$

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
$M_{g,z}$	0,0	129,3	244,9	347,0	435,4	510,2	571,5	619,1	653,1	673,5	680,3	680,3	680,3	680,3	680,3	680,3
$M_{g,pl}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$M_{D,g1}$	0,0	72,9	138,0	195,5	245,4	287,6	322,1	348,9	368,1	379,6	383,4	383,4	383,4	383,4	383,4	383,4
$M_{D,g2}$	0,0	148,7	281,7	399,1	500,8	586,9	657,3	712,1	751,3	774,7	782,6	782,6	782,6	782,6	782,6	782,6
$M_q$	0,0	102,6	194,3	275,3	345,5	404,8	453,4	491,2	518,2	534,4	539,8	539,8	539,8	539,8	539,8	539,8
$M_{ED,1}$	0,0	129,3	244,9	347,0	435,4	510,2	571,5	619,1	653,1	673,5	680,3	680,3	680,3	680,3	680,3	680,3
$M_{ED,2}$	0,0	371,3	703,5	996,7	1250,7	1465,7	1641,6	1778,4	1876,1	1934,7	1954,2	1954,2	1954,2	1954,2	1954,2	1954,2
$M_{ED,2}$	0,0	20,5	38,9	55,1	69,1	81,0	90,7	98,2	103,6	106,9	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0

Broj i raspored kablova po dužini nosača

Anularati užad prateći tablicu. Uzeti u obzir dužinu uvođenja sile sa užeta na beton ( minimalna vrijednost 100 cm).

UPORNIJAK

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	$Y_k$ (cm)
RED 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
RED 5	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	130
RED 4	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21
RED 3	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	16
RED 2	0	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	11
RED 1	0	0	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6

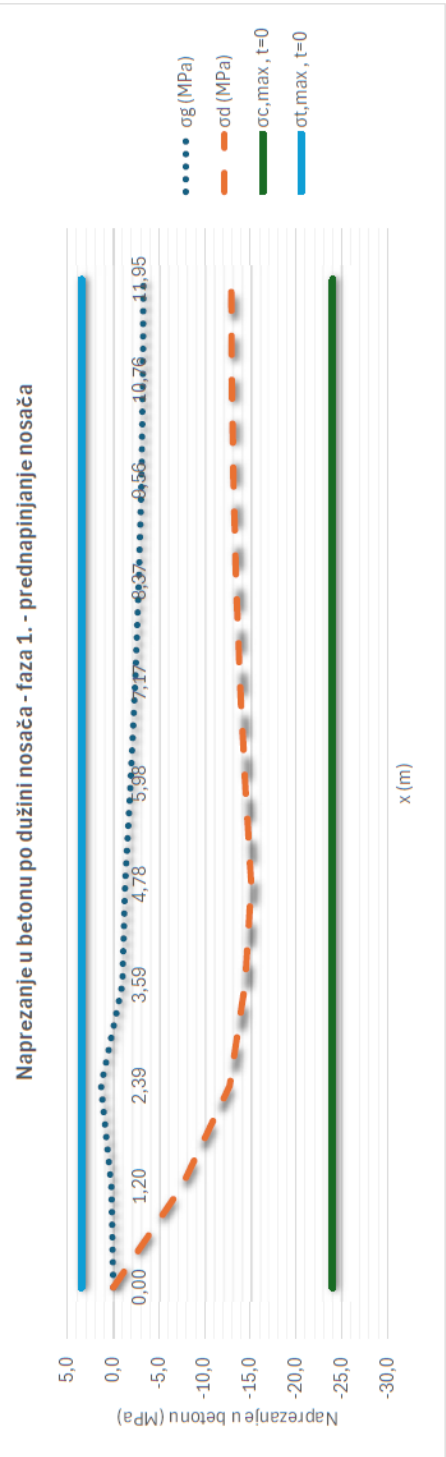
Rezultantna (cm)	0	38,3	29,8	28,5	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
n (kom.)	0	10	14	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
$P_{poč}$ (kN)	0,0	1850,0	2590,0	2775,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0

**KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m**

**17. PRVA FAZA - PREDNAPINJANJE NOSAČA**  
(otpuštanje užadi na stazi za prednapinjanje)

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
A <sub>1</sub> (cm <sup>2</sup> )	0,00	1,20	2,39	3,59	4,78	5,98	7,17	8,37	9,56	10,76	11,95	12,16	12,36	12,56	12,76	12,96	13,16
W <sub>d-1</sub> (cm)	5063,8	5063,8	4693,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5
W <sub>d-1</sub> (cm <sup>3</sup> )	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
W <sub>d-1</sub> (cm <sup>4</sup> )	120676,7	120676,7	111839,5	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7
W <sub>d-1</sub> (cm <sup>5</sup> )	140902,8	140902,8	134693,1	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6
P <sub>pod</sub> (kN)	0,0	1850,0	2590,0	2775,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0
Rezultanta	0,0	38,3	29,8	28,5	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
P <sub>≠0</sub> (kN)	0,0	1691,1	2363,5	2531,5	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2	2699,2
σ <sub>g</sub> (MPa)	0,0	0,2	1,3	-1,0	-1,3	-1,9	-2,4	-2,8	-3,1	-3,2	-3,3	-3,3	-3,3	-3,3	-3,3	-3,3	-3,3
σ <sub>d</sub> (MPa)	0,0	-7,5	-12,7	-14,4	-15,1	-14,4	-13,9	-13,4	-13,1	-13,0	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9
σ <sub>c,max,t=0</sub>	-24,0 MPa - maksimalno tlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju																
σ <sub>t,max,t=0</sub>	3,5 MPa - maksimalno vlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju																

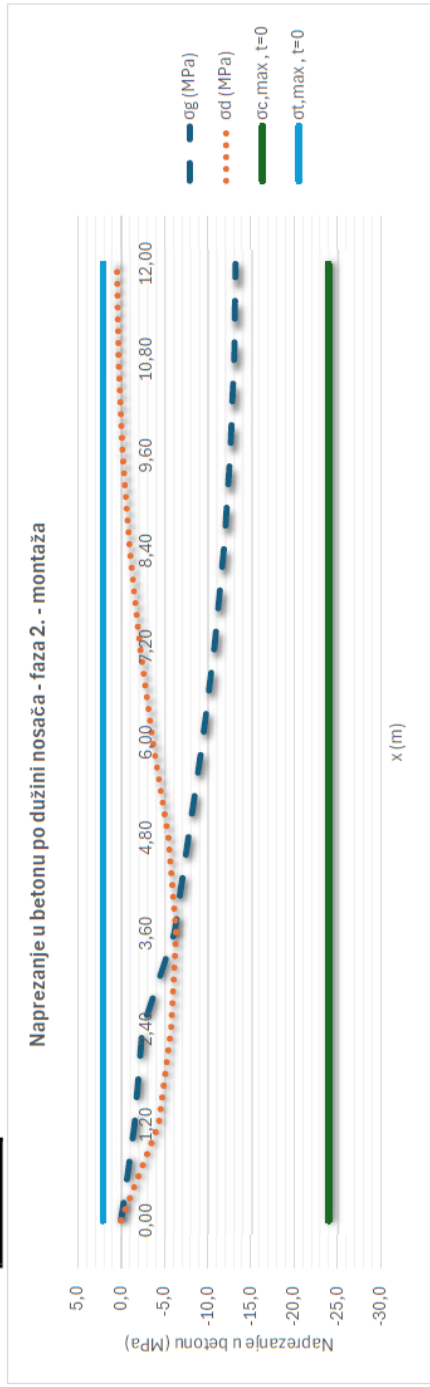
- Otpuštanje užadi pri f<sub>tk</sub> = 40 MPa



**18. DRUGA FAZA - NOSAČ OPTEREĆEN U FAZI MONTAŽE**  
(slobodno oslonjen, nije dodatno podrpt)

KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
	0,00	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60	10,80	12,00			
A <sub>1</sub> (cm <sup>2</sup> )	5063,8	5063,8	4893,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5
γ <sub>s-1</sub> (cm)	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
W <sub>s-1</sub> (cm <sup>3</sup> )	120676,7	120676,7	111839,5	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7
W <sub>g-1</sub> (cm <sup>3</sup> )	140902,8	140902,8	134693,1	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6
P <sub>poč</sub> (kN)	0,0	1850,0	2590,0	2775,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0	2960,0
Rezultanta	0,0	38,3	29,8	28,5	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
P <sub>t=30 dana</sub> (kN)	0,0	1432,6	1859,7	2143,7	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6
σ <sub>1d</sub> (MPa)	0,0	0,0	0,7	-1,3	-1,6	-2,2	-2,8	-3,1	-3,4	-3,6	-3,6	-3,6	-3,6	-3,6
σ <sub>1d</sub> (MPa)	0,0	-6,2	-9,5	-11,7	-12,2	-11,5	-11,0	-10,5	-10,2	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0	-10,0
σ <sub>2</sub> (MPa)	0,0	-1,5	-2,4	-6,2	-7,8	-9,4	-10,8	-11,9	-12,6	-13,1	-13,2	-13,2	-13,2	-13,2
σ <sub>2</sub> (MPa)	0,0	-4,3	-5,8	-6,4	-5,5	-3,7	-2,2	-1,0	-0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
σ <sub>c,max,t=0</sub>	-24,0 MPa - maksimalno tlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju													
σ <sub>t,max,t=0</sub>	2,1 MPa - maksimalno vlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju													





18. TREĆA FAZA - UPORABA (dodatno stalno + korisno opterećenje)

KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
A <sub>1+2</sub> (cm <sup>2</sup> )	0,00	1,20	2,39	3,59	4,78	5,98	7,17	8,37	9,56	10,76	11,95	11,95
y <sub>g2</sub> (cm)	5063,8	5063,8	4693,1	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5	3422,5
W <sub>d2</sub> (cm <sup>3</sup> )	75,4	75,4	76,5	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0
W <sub>g2</sub> (cm <sup>3</sup> )	120676,7	120676,7	111839,5	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7	111528,7
Rezultantia	140902,8	140902,8	134693,1	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6	121603,6
P <sub>t=∞</sub> (kN)	0,0	1432,6	1859,7	2143,7	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6	2285,6
σ <sub>g</sub> (MPa)	0,0	-1,7	-2,7	-6,6	-8,3	-10,1	-11,6	-12,7	-13,5	-14,0	-14,1	-14,1
σ <sub>d</sub> (MPa)	0,0	-4,2	-5,4	-5,9	-4,9	-2,9	-1,4	-0,1	0,7	1,3	1,4	1,4
σ <sub>c,max,t=∞</sub>	-18,0 MPa											
σ <sub>t,max,t=∞</sub>	2,1 MPa											

- maksimalno tlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju

- maksimalno vlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju

Konvencija predznaka

tlak

1. FAZA

Donji rub:  $\sigma_d = -\frac{P_{t=0}}{A_1} - \frac{P_{t=0} \cdot y_{k,1}}{W_{d,1}} + \frac{M_{ED,1}}{W_{d,1}} \geq \sigma_{c,max,t=0}$

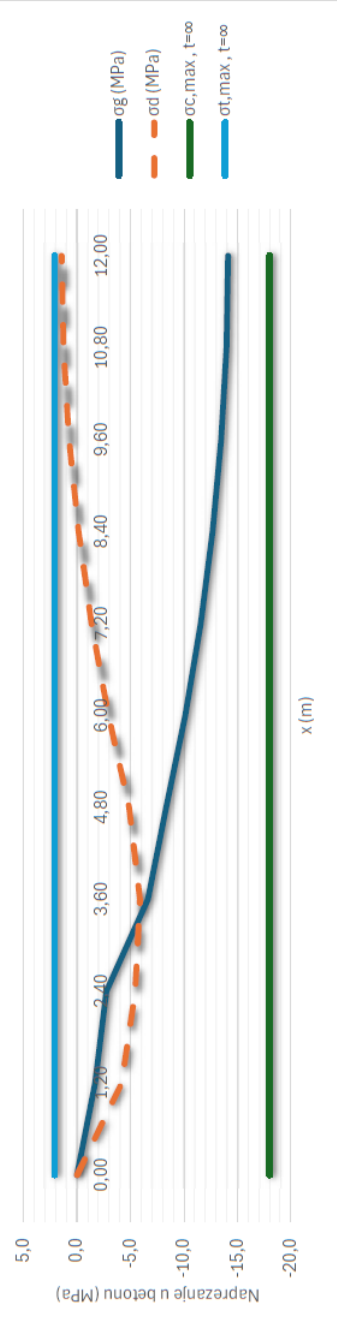
Gornji rub:  $\sigma_g = -\frac{P_{t=0}}{A_1} + \frac{P_{t=0} \cdot y_{k,1}}{W_{g,1}} - \frac{M_{ED,1}}{W_{g,1}} \leq \sigma_{t,max,t=0}$

2. FAZA

$\sigma_d = -\frac{P_{t=\infty}}{A_2} - \frac{P_{t=\infty} \cdot y_{k,2}}{W_{d,2}} + \frac{M_{ED,2}}{W_{d,2}} \leq \sigma_{t,max,t=\infty}$

$\sigma_g = -\frac{P_{t=\infty}}{A_2} + \frac{P_{t=\infty} \cdot y_{k,1}}{W_{g,2}} - \frac{M_{ED,2}}{W_{g,2}} \geq \sigma_{c,max,t=\infty}$

Naprezanje u betonu po dužini nosača - faza 3. - uporaba



### 19. KONTROLA PROGIBA

### KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

#### 1. Pri prednaprezanju - kratkotrajno

$P_{t=0}$	=	2699,2	kN
$M_{ED,r1}$	=	680,3	kNm
$E_{c-1}$	=	33543,3	MPa
$I_{k-1}$	=	8144390,9	cm <sup>4</sup>
$\gamma_{k-1}$	=	45,9	cm

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot \frac{(-P_{t=0} \cdot \gamma_{k-1} + M_{ED,r1}) \cdot L^2}{E_{c-1} \cdot I_{k-1}} = -1,22 \text{ cm}$$

#### 3. Progibi uslijed dodatnog stalnog tereta

$P_{t=\infty}$	=	0,0	kN
$M_{ED,r2}$	=	1166,0	kNm
$\varphi_{c,t=90}$	=	0,8	
$E_{c-2}$	=	10937,5	MPa
$I_{k-2}$	=	8144390,9	cm <sup>4</sup>
$\gamma_{k-2}$	=	45,9	cm

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{(-P_{t=\infty} \cdot \gamma_{k-2} + M_{ED,r2}) \cdot L^2}{E_{c-2} \cdot I_{k-2}} = 7,8 \text{ cm}$$

Ukupni progib :

$$f_{\text{ukup}} = 6,57 \text{ cm}$$

Dozvoljeni progib :  $f_{\text{dop}} = \frac{L}{300} = 7,97 \text{ cm}$

Nosaču pri izvedbi dati kontra progib: **0,00** cm

#### 2. Pri prednaprezanju - dugotrajno

$P_{t=0}$	=	2699,2	kN
$M_{ED,r1}$	=	680,3	kNm
$\varphi_{c,t=90}$	=	0,8	
$E_{c-1}$	=	20648,5	MPa
$I_{k-1}$	=	8144390,9	cm <sup>4</sup>
$\gamma_{k-1}$	=	45,9	cm

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot \frac{(-P_{t=0} \cdot \gamma_{k-1} + M_{ED,r1}) \cdot L^2}{E_{c-1} \cdot I_{k-1}} = -1,98 \text{ cm}$$

#### 4. Konačno stanje - granično opterećenje (rijetka kombinacija)

$P_{t=\infty}$	=	0,0	kN
$M_{ED,r3}$	=	323,9	kNm
$\varphi_{c,t=90}$	=	0,8	
$E_{c-2}$	=	10937,5	MPa
$I_{k-2}$	=	8196972,6	cm <sup>4</sup>
$\gamma_{k-2}$	=	46,1	cm

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{(-P_{t=\infty} \cdot \gamma_{k-2} + M_{ED,r3}) \cdot L^2}{E_{c-2} \cdot I_{k-2}} = 2,15 \text{ cm}$$

Dozvoljeni kontra progib:

$$f_{\text{dop}} = \frac{L}{1000} = -2,39 \text{ cm}$$

Napomena : U slučaju maksimalne računске sile progib nosača će se povećati. Međutim, takva stanja su rijetka i neracionalno je nosač kontrolirati na njih.

### 20. KONTROLA PUKOTINA

### KROVNI NOSAČ; poz. GN1, L=24m

X	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20	L/20
M <sub>ED,2</sub> (kNm)	0,0	1,20	2,39	3,59	4,78	5,98	7,17	8,37	9,56	10,76	11,95			
M <sub>b</sub> (kNm)	0,0	412,3	781,3	1106,8	1388,9	1627,6	1822,9	1974,9	2083,4	2148,5	2170,2			
d (cm)	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
b <sub>s</sub> (cm)	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0
b <sub>g</sub> (cm)	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
A <sub>s1</sub> (cm <sup>2</sup> )	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11	20,11
A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	0	13,9	19,46	20,85	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24	22,24
α <sub>s</sub>	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68	5,68
X <sub>n</sub>	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734	26,734
σ <sub>s</sub> (MPa)	0,000	103,600	186,755	171,875	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495	171,495
ρ <sub>p,eff</sub>	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
ε <sub>sm, ε<sub>cm</sub></sub>	-0,00033	0,00019	0,00061	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053
c (mm)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
φ <sub>sa</sub> (mm)	16,000	15,024	14,848	14,812	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779	14,779
S <sub>r,max</sub> (mm)	277,573	260,636	257,579	256,959	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384	256,384
W <sub>k</sub> (mm)	0,000	0,050	0,156	0,137	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136

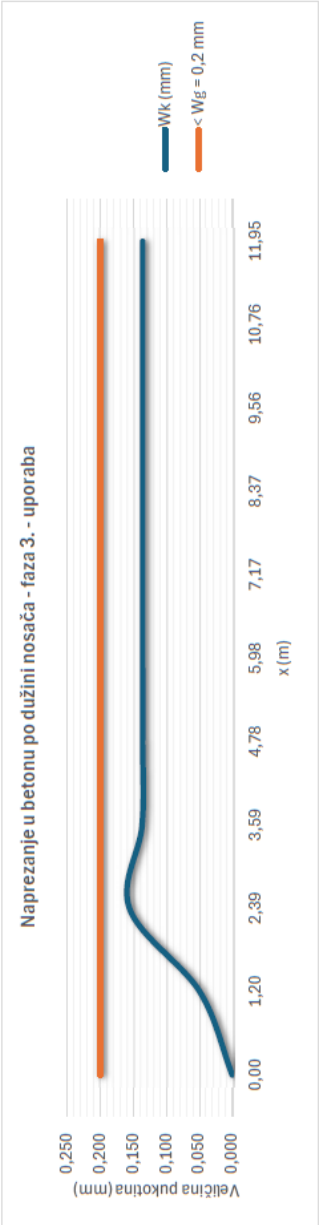
$$\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})$$

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

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

$$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_L \cdot A'_p) / A_{c,eff}$$



## 21. PODRUČJE SIDRENJA NATEGA KOD PRETHODNOG NAPINJANJA

Duljina prijenosa prednapondke sile :

$$l_{bp} = \beta_b \cdot \Phi = 106,68 \text{ cm}$$

$$\Phi = 1,524 \text{ cm}$$

$$d = 112,9 \text{ cm}$$

Proračunska vrijednost za dužinu prenošanja sile sa uzeća na beton :

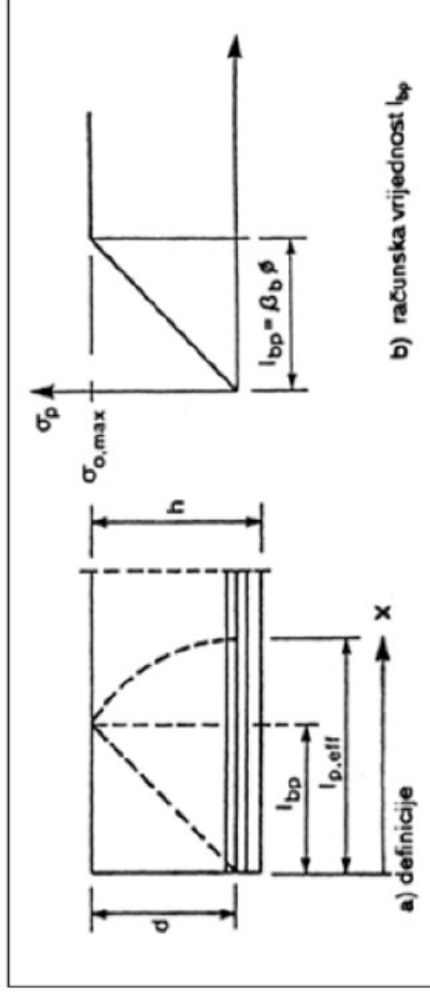
$$l_{bpd} = 0,8 \cdot l_{bp} = 85,34 \text{ cm}$$

$$l_{bpd} = 1,2 \cdot l_{bp} = 128,02 \text{ cm}$$

Duljina uvođenja sile sa uzeća na beton :

$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bd}^2 + d^2} = 141,53 \text{ cm}$$

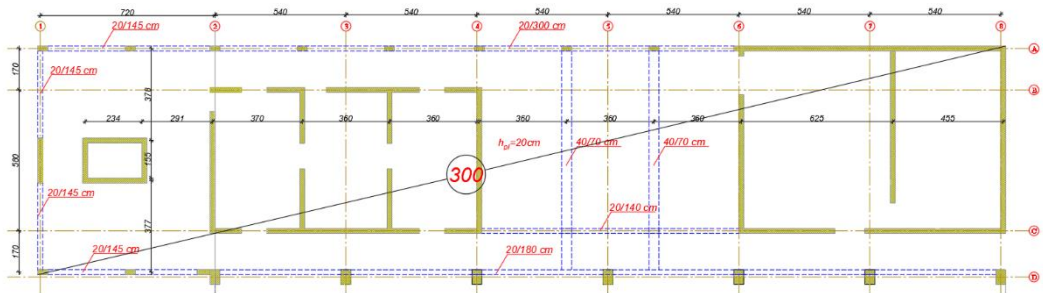
$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bd}^2 + d^2} = 170,69 \text{ cm}$$



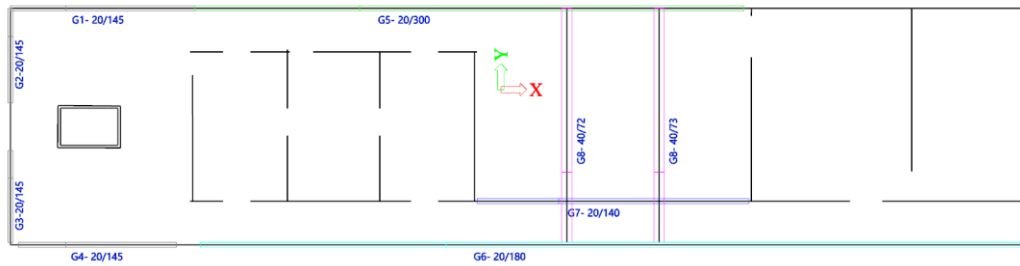
Usvaja se nepovoljnija vrijednost za promatrano djelovanje.

### 3.5. Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 300

Za potrebe proračuna horizontalnih nosivih elemenata konstrukcije pozicije 300 izrađen je ravninski numerički model u računalnom programu Scia Engineer 24.0, prikazan u nastavku.



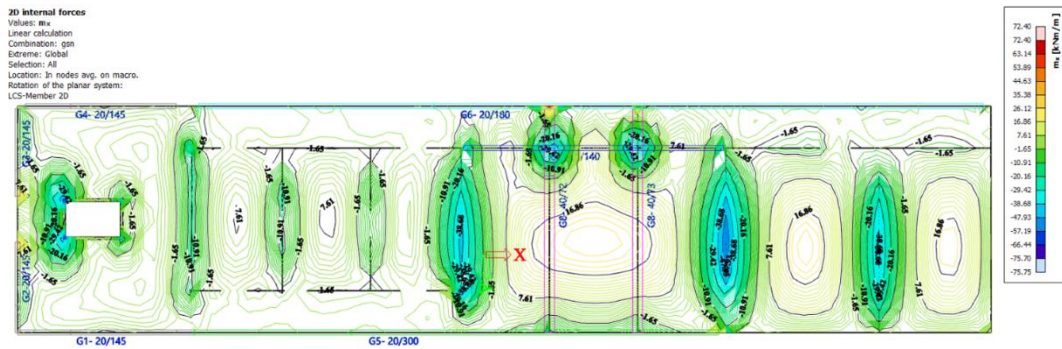
Slika 8.6. Geometrija pozicije 300



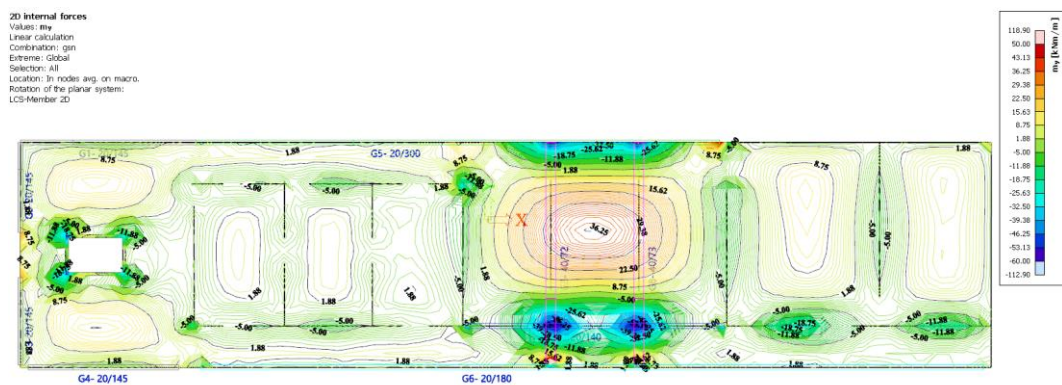
Slika 8.7. Model pozicije 300

### 3.5.1. Geometrija i proračunski model konstrukcije

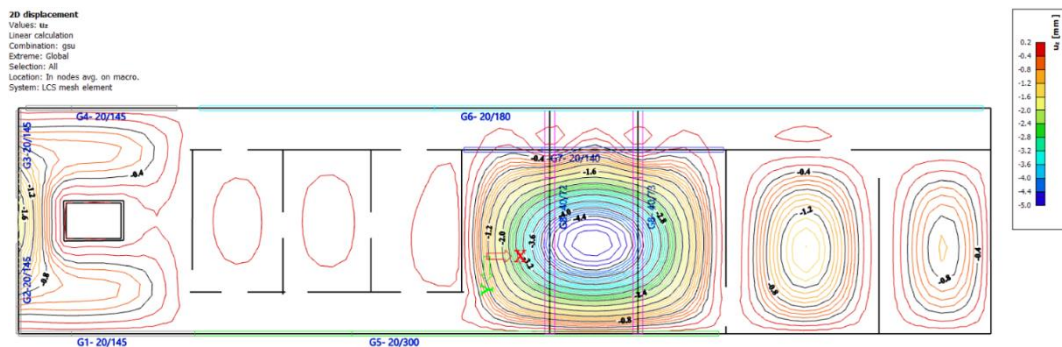
### 3.5.2. Rezultati proračuna za monolitnu ploču



Slika 8.8. Anvelopa momenat u smjeru osi x za granično stanje nosivosti



Slika 8.9. Anvelopa momenat u smjeru osi y za granično stanje nosivosti



Slika 8.10. Kratkotrajni progib ploče za granično stanje uporabljivosti

Dopušteni kratkotrajni progib na konzoli:  $u_{\text{dop}} = L/300 = 9200/300 = 30.6 \text{ mm}$

Progibi ploče zadovoljavaju!

### 3.5.3. Dimenzioniranje ploče

Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment u polju:

Materijali:		PRORAČUN	
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	
	$f_{cd}$ 20,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$	
B 500B	$f_{yk}$ 500,00		
	$f_{yd}$ 434,78		
	$M_{Ed}$ 26,80		
Geometrija:		PRORAČUN	
b	100,00 cm	$\omega$	0,059
h	20,00 cm	$\mu_{Ed}$	0,056
$d_1$	3,00 cm	$\epsilon_{c2}$	1,20
d	17,00 cm	$\xi$	0,051
$\epsilon_{s1}$	10,00	$\zeta$	0,962
$\mu_{Ed}$	0,046	$A_{s1}$	3,77 cm <sup>2</sup>
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm	$A_{s1, izračunato}$	3,85 cm <sup>2</sup> Q 385
		<b>USVOJENO</b>	cm <sup>2</sup> Q503

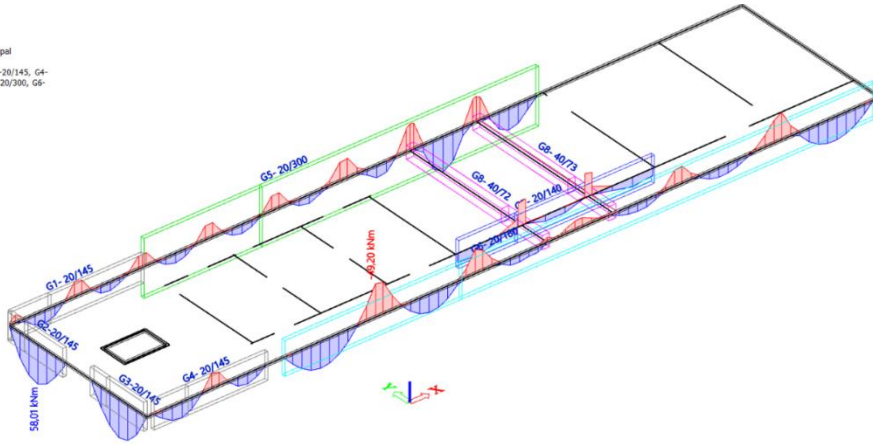
Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment na ležaju:

### 3.5.4. Rezultati proračuna za grede

<b>Materijali:</b>		$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$					
C 30/37	<table border="0"> <tr><td><math>f_{ck}</math></td><td>30,00</td></tr> <tr><td><math>f_{cd}</math></td><td>20,00</td></tr> </table>		$f_{ck}$	30,00	$f_{cd}$	20,00	
$f_{ck}$	30,00						
$f_{cd}$	20,00						
B 500B	<table border="0"> <tr><td><math>f_{yk}</math></td><td>500,00</td></tr> <tr><td><math>f_{yd}</math></td><td>434,78</td></tr> <tr><td><math>M_{Ed}</math></td><td>48,82</td></tr> </table>	$f_{yk}$	500,00	$f_{yd}$	434,78	$M_{Ed}$	48,82
$f_{yk}$	500,00						
$f_{yd}$	434,78						
$M_{Ed}$	48,82						
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>					
b	100,00 cm	$\omega$	0,096				
h	20,00 cm	$\mu_{Ed}$	0,091				
$d_1$	3,00 cm	$\epsilon_{c2}$	1,80				
d	17,00 cm	$\xi$	0,153				
$\epsilon_{s1}$	10,00	$\zeta$	0,944				
$\mu_{Ed}$	0,084	$A_{s1}$	7,00 cm <sup>2</sup>				
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		Q 785				
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm	$A_{s1, izračunato}$	7,85 cm <sup>2</sup> Q 785				
		<b>USVOJENO</b>	<b>10,27 cm<sup>2</sup> Φ14/15</b>				

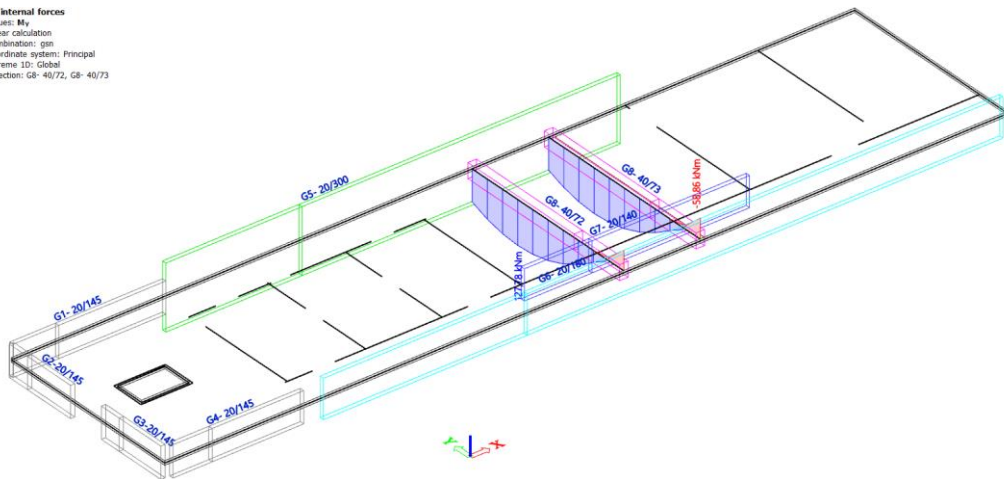


1D internal forces  
 Value: M<sub>y</sub>  
 Linear calculation  
 Combination: gm  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: G2-20/145, G3-20/145, G4-20/145, G1-20/145, G5-20/300, G6-20/180, G7-20/140



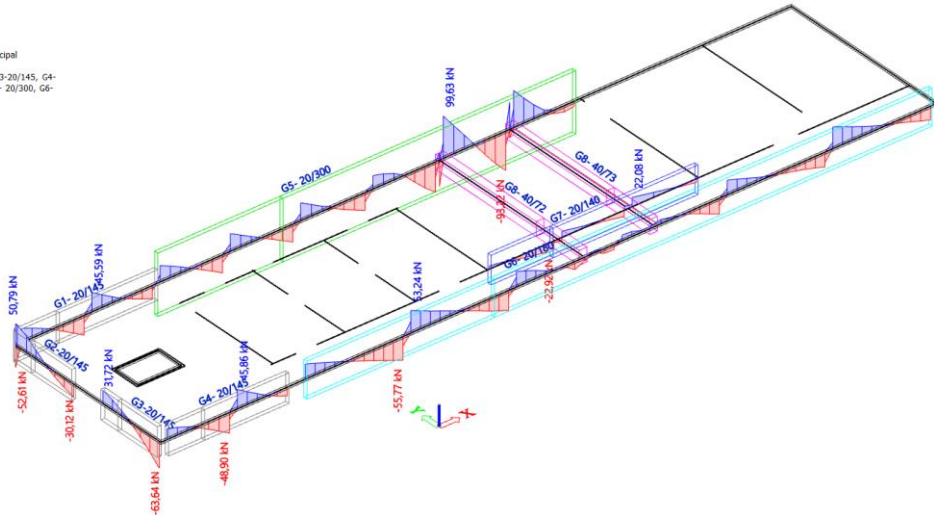
Slika 8.11. Anvelopa momenata savijanja za granično stanje nosivosti (grede u smjeru x)

1D internal forces  
 Value: M<sub>y</sub>  
 Linear calculation  
 Combination: gm  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: G8-40/72, G8-40/73



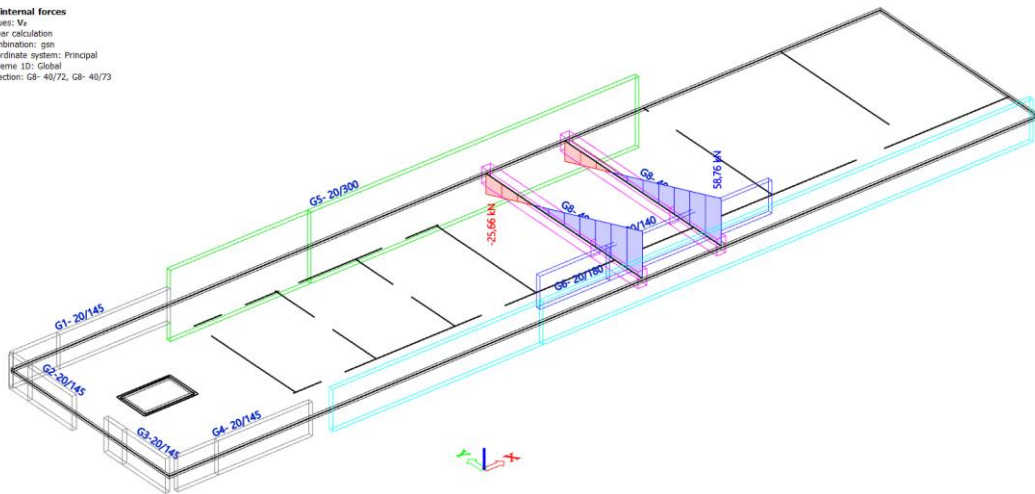
Slika 8.12. Anvelopa momenata savijanja za granično stanje nosivosti (grede u smjeru y)

**1D internal forces**  
 Values: Vz  
 Linear calculation  
 Combination: gsn  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme ID: Member  
 Selection: G2-20/145, G3-20/145, G4-20/145, G1-20/145, G5-20/300, G6-20/180, G7-20/140



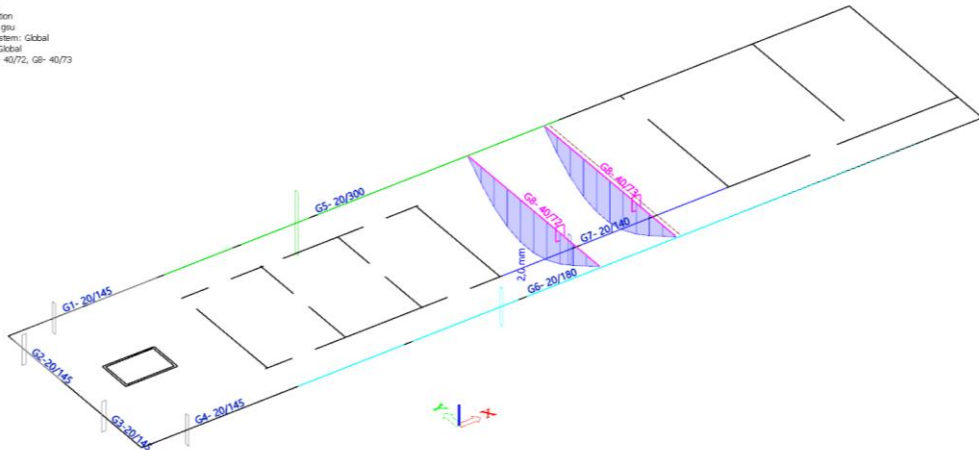
Slika 8.13. Anvelopa poprečnih sila za granično stanje nosivosti (grede u smjeru x)

**1D internal forces**  
 Values: Vz  
 Linear calculation  
 Combination: gsn  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme ID: Global  
 Selection: G8-40/72, G8-40/73



Slika 8.14. Anvelopa poprečnih sila za granično stanje nosivosti (grede u smjeru y)

D deformations  
status: Used  
linear calculation  
combination: gsu  
coordinate system: Global  
extreme ID: Global  
selection: G6- 40/72, G6- 40/73



Slika 8.15. Maksimalni očitani kratkotrajni progib: 2.0 mm.

Dopušteni kratkotrajni progib:  $u_{dop} = L/250 = 7500/250 = 30.0 \text{ mm}$

Progibi greda zadovoljavaju!

### 3.5.5. Dimenzioniranje grede - Greda 40/70

Proračun grede na moment savijanja- polje:

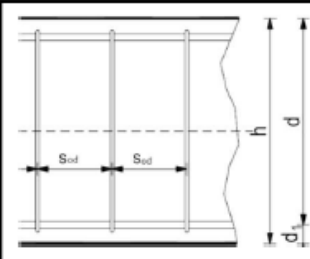
<p><b>Materijali:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>N_{Ed}</math></td> <td>0,00</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>128,00</td> <td>kNm</td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa		$f_{cd}$	20,00	Mpa	B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa		$f_{yd}$	434,78	Mpa		$N_{Ed}$	0,00	kN		$M_{Ed}$	128,00	kNm	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																									
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa																																																
	$f_{cd}$	20,00	Mpa																																																
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa																																																
	$f_{yd}$	434,78	Mpa																																																
	$N_{Ed}$	0,00	kN																																																
	$M_{Ed}$	128,00	kNm																																																
<p><b>Geometrija:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>b_{eff}</math></td> <td>40,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>h</math></td> <td>70,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>d_1 (d_2)</math></td> <td>10,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>d</math></td> <td>60,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>x</math></td> <td>6,42</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>e_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,044</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,lim}</math></td> <td>0,187</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,lim}</math></td> <td>538,56</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,s}</math></td> <td><b>128</b></td> <td><b>kNm</b></td> </tr> </table>		$b_{eff}$	40,00	cm	$h$	70,00	cm	$d_1 (d_2)$	10,00	cm	$d$	60,00	cm	$x$	6,42	cm	$e_{s1}$	10,00		$\mu_{Ed}$	0,044		$M_{Ed,lim}$	0,187	kNm	$M_{Ed,lim}$	538,56	kNm	$M_{Ed,s}$	<b>128</b>	<b>kNm</b>	<p><b>PRORAČUN</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>\omega</math></td> <td>0,051</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,049</td> </tr> <tr> <td><math>\varepsilon_{c2}</math></td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,107</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,962</td> </tr> <tr> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>5,10</td> <td>cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><b>USVOJENO</b></td> <td><b>9,24</b></td> <td><b>cm<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><b>6Φ14</b></td> </tr> </table>	$\omega$	0,051	$\mu_{Ed}$	0,049	$\varepsilon_{c2}$	1,2	$\zeta$	0,107	$\zeta$	0,962	$A_{s1}$	5,10	cm <sup>2</sup>	<b>USVOJENO</b>	<b>9,24</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>			<b>6Φ14</b>
$b_{eff}$	40,00	cm																																																	
$h$	70,00	cm																																																	
$d_1 (d_2)$	10,00	cm																																																	
$d$	60,00	cm																																																	
$x$	6,42	cm																																																	
$e_{s1}$	10,00																																																		
$\mu_{Ed}$	0,044																																																		
$M_{Ed,lim}$	0,187	kNm																																																	
$M_{Ed,lim}$	538,56	kNm																																																	
$M_{Ed,s}$	<b>128</b>	<b>kNm</b>																																																	
$\omega$	0,051																																																		
$\mu_{Ed}$	0,049																																																		
$\varepsilon_{c2}$	1,2																																																		
$\zeta$	0,107																																																		
$\zeta$	0,962																																																		
$A_{s1}$	5,10	cm <sup>2</sup>																																																	
<b>USVOJENO</b>	<b>9,24</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>																																																	
		<b>6Φ14</b>																																																	

Proračun grede na moment savijanja- ležaj:

<p><b>Materijali:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> <td>Mpa</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>N_{Ed}</math></td> <td>0,00</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>58,00</td> <td>kNm</td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa		$f_{cd}$	20,00	Mpa	B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa		$f_{yd}$	434,78	Mpa		$N_{Ed}$	0,00	kN		$M_{Ed}$	58,00	kNm	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																									
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa																																																
	$f_{cd}$	20,00	Mpa																																																
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa																																																
	$f_{yd}$	434,78	Mpa																																																
	$N_{Ed}$	0,00	kN																																																
	$M_{Ed}$	58,00	kNm																																																
<p><b>Geometrija:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>b_w</math></td> <td>40,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>h</math></td> <td>70,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>d_1 (d_2)</math></td> <td>10,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>d</math></td> <td>60,00</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>x</math></td> <td>4,44</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td><math>e_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,020</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,lim}</math></td> <td>0,187</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,lim}</math></td> <td>538,56</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td><math>M_{Ed,s}</math></td> <td><b>58</b></td> <td><b>kNm</b></td> </tr> </table>		$b_w$	40,00	cm	$h$	70,00	cm	$d_1 (d_2)$	10,00	cm	$d$	60,00	cm	$x$	4,44	cm	$e_{s1}$	10,00		$\mu_{Ed}$	0,020		$M_{Ed,lim}$	0,187	kNm	$M_{Ed,lim}$	538,56	kNm	$M_{Ed,s}$	<b>58</b>	<b>kNm</b>	<p><b>PRORAČUN</b></p> <table border="1"> <tr> <td><math>\omega</math></td> <td>0,026</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,025</td> </tr> <tr> <td><math>\varepsilon_{c2}</math></td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,074</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,974</td> </tr> <tr> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>2,28</td> <td>cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><b>USVOJENO</b></td> <td><b>7,7</b></td> <td><b>cm<sup>2</sup></b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><b>5Φ14</b></td> </tr> </table>	$\omega$	0,026	$\mu_{Ed}$	0,025	$\varepsilon_{c2}$	0,8	$\zeta$	0,074	$\zeta$	0,974	$A_{s1}$	2,28	cm <sup>2</sup>	<b>USVOJENO</b>	<b>7,7</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>			<b>5Φ14</b>
$b_w$	40,00	cm																																																	
$h$	70,00	cm																																																	
$d_1 (d_2)$	10,00	cm																																																	
$d$	60,00	cm																																																	
$x$	4,44	cm																																																	
$e_{s1}$	10,00																																																		
$\mu_{Ed}$	0,020																																																		
$M_{Ed,lim}$	0,187	kNm																																																	
$M_{Ed,lim}$	538,56	kNm																																																	
$M_{Ed,s}$	<b>58</b>	<b>kNm</b>																																																	
$\omega$	0,026																																																		
$\mu_{Ed}$	0,025																																																		
$\varepsilon_{c2}$	0,8																																																		
$\zeta$	0,074																																																		
$\zeta$	0,974																																																		
$A_{s1}$	2,28	cm <sup>2</sup>																																																	
<b>USVOJENO</b>	<b>7,7</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>																																																	
		<b>5Φ14</b>																																																	

Proračun greda na poprečnu silu:

GEOMETRIJA			MATERIJAL		
b	40,00	cm	B500B	500	Mpa
h	70,00	cm	C 30/37	30	Mpa
d <sub>1</sub> (d <sub>2</sub> )	10,00	cm	f <sub>cd</sub>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
d	60,00	cm	f <sub>yd</sub>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
A	2800				
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN			
A <sub>s</sub> odabrano	7,70				



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

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

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

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

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

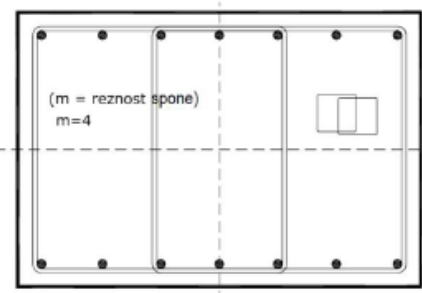
$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$$

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

$$v = 0.6 \cdot [1 - \frac{f_{ck}}{250}]$$

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

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\Theta$$

$$s_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$$


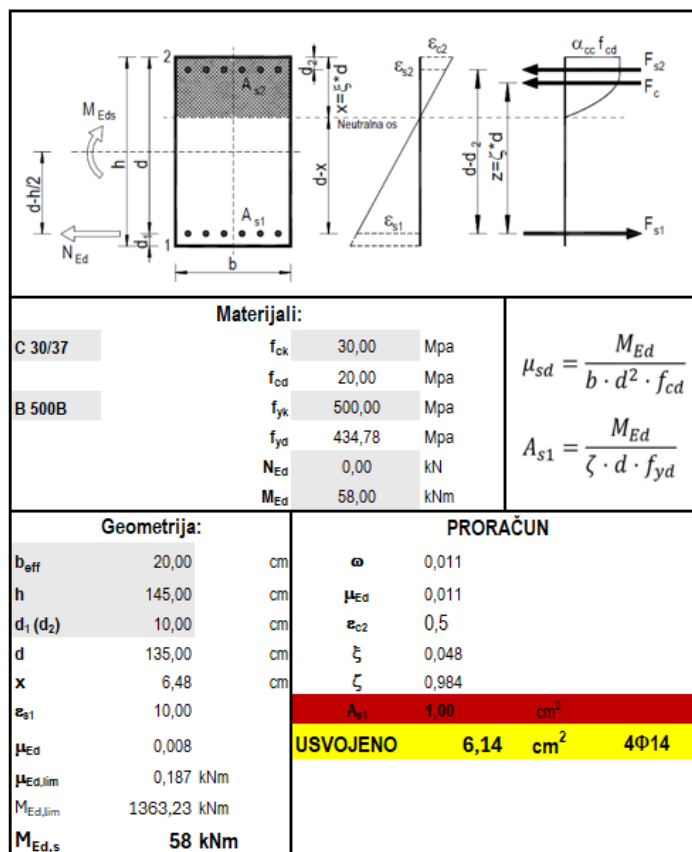
Profil	A <sub>sw</sub>
Φ6	0,28 cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50 cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79 cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54 cm <sup>2</sup>

### DIMENSIONIRANJE NA POPREČNU SILU

V <sub>Ed</sub> (kN)	<b>58</b>	kN	v	0,528
γ <sub>c</sub>	1,5		V <sub>Rd,max</sub>	1267200 N = 1267,2 kN
C <sub>Rdc</sub>	0,12		V <sub>Ed, max</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0,0458
k	1,5774		S <sub>w,max</sub>	30 cm
k <sub>1</sub>	0,15		ρ <sub>min</sub>	0,00100
σ <sub>cp</sub>	0		m <sub>(reznost spona)</sub>	<b>4</b>
ρ <sub>l</sub>	0,003208		A <sub>sw,min</sub>	0,3 cm <sup>2</sup>
V <sub>Rd,c</sub>	96632,0 N =	96,6 kN	A <sub>sw, odabrano</sub>	<b>0,5 cm<sup>2</sup> Φ8</b>
v <sub>min</sub>	0,3798		z	54
V <sub>Rd,c</sub> ≥	91144,849 N =	91,1 kN	V <sub>Rd,s</sub>	156,5
			s <sub>pot,a</sub>	<b>80,96 cm</b>
			<b>USVOJENO</b>	<b>Φ8/30</b>

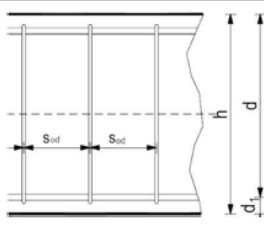
### 3.5.6. Dimenzioniranje greda - Greda 20/300, 20/180, 20/145, 20/140

Proračun grede na moment savijanja- gornja i donja zona:



Proračun grede na poprečnu silu:

GEOMETRIJA			MATERIJAL		
b	20,00	cm	B500B	500	Mpa
h	145,00	cm	C 30/37	30	Mpa
d <sub>i</sub> (d <sub>2</sub> )	10,00	cm	f <sub>cd</sub>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
d	135,00	cm	f <sub>yd</sub>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
A	2900				
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN			
A <sub>s</sub> odabrano	6,14				



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

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

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$$

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

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

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

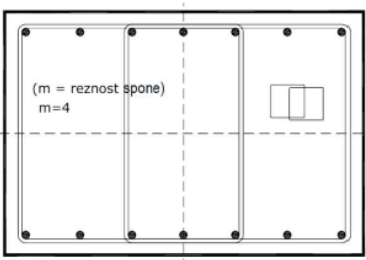
$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \cdot [1 - \frac{f_{ck}}{250}]$$

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

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\Theta$$

$$s_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$$



Profil	A <sub>sw</sub>
Φ6	0,28 cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50 cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79 cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54 cm <sup>2</sup>

DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU				
V <sub>ed</sub> (kN)	64	kN	v	0,528
γ <sub>c</sub>	1,5		V <sub>Rd,max</sub>	1425600 N = 1425,6 kN
C <sub>Rdc</sub>	0,12		V <sub>Ed,max</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0,0449
k	1,3849		S <sub>w,max</sub>	30 cm
k <sub>1</sub>	0,15		ρ <sub>min</sub>	0,00100
σ <sub>cp</sub>	0		m <sub>(reznost spona)</sub>	2
ρ <sub>l</sub>	0,002274		A <sub>sw,min</sub>	0,3 cm <sup>2</sup>
V <sub>Rd,c</sub>	85101,8 N =	85,1 kN	A <sub>sw, odabrano</sub>	0,5 cm <sup>2</sup> Φ8
v <sub>min</sub>	0,3124		z	121,5
V <sub>Rd,c</sub> ≥	84356,809 N =	84,4 kN	V <sub>Rd,s</sub>	176,1
			S <sub>pot,a</sub>	82,54 cm
			<b>USVOJENO</b>	<b>Φ10/20</b>

Prikazan je proračun za grede poprečnog presjeka 20/145. Za ovu gredu je odabrana savojna armatura za gornju i donju zonu A<sub>s</sub> = 4 Ø 14 = 6.14 cm<sup>2</sup> te spone Ø 10/20.

Za ostale grede poprečnih presjeka 20/300, 20/180, 20/140 usvojena je jednaka armature kao i za gredu poprečnog presjeka 20/145 budući su veće statičke visine a opterećene manjim

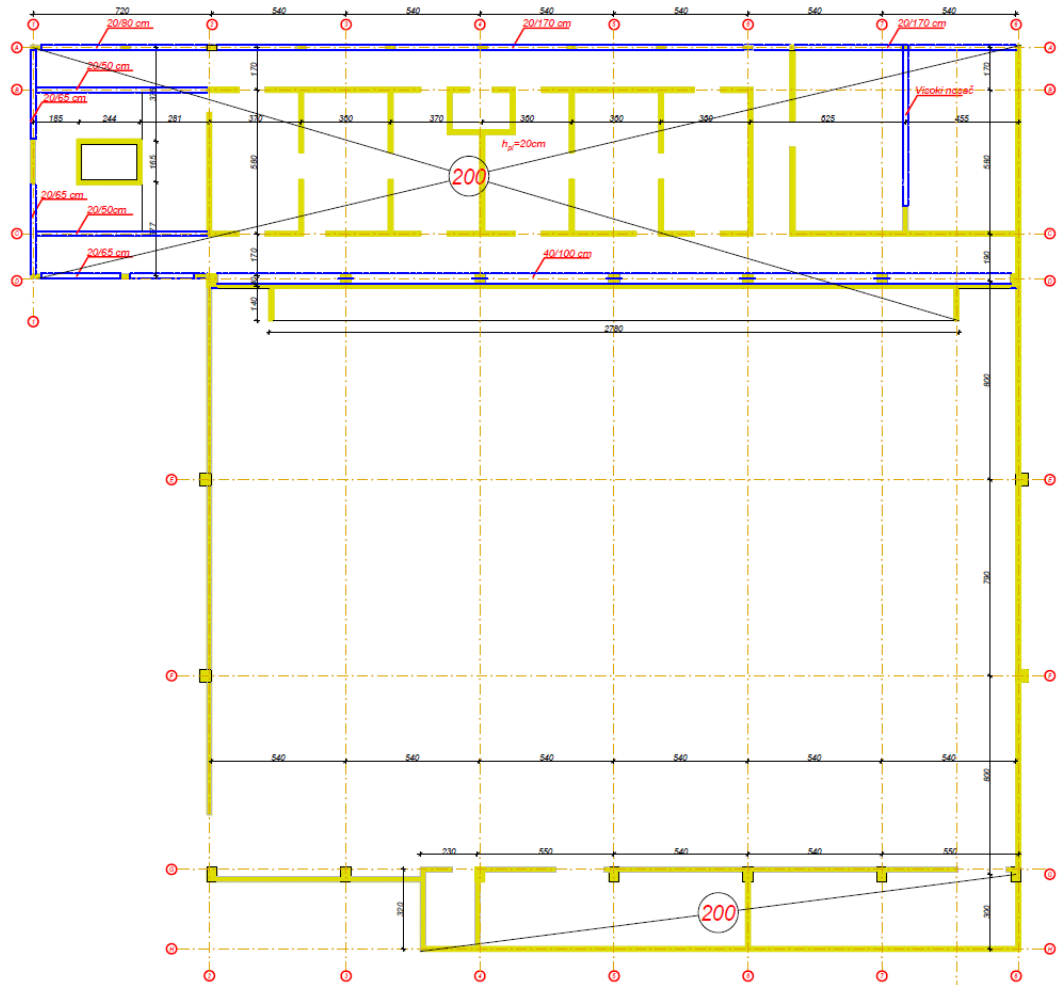
momentom nosivosti. Po visini svih ovih greda potrebno je ugraditi konstruktivnu armaturu  $\varnothing 12/20$ .



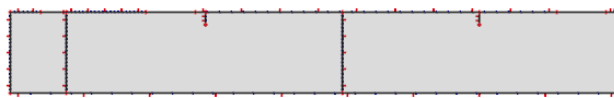
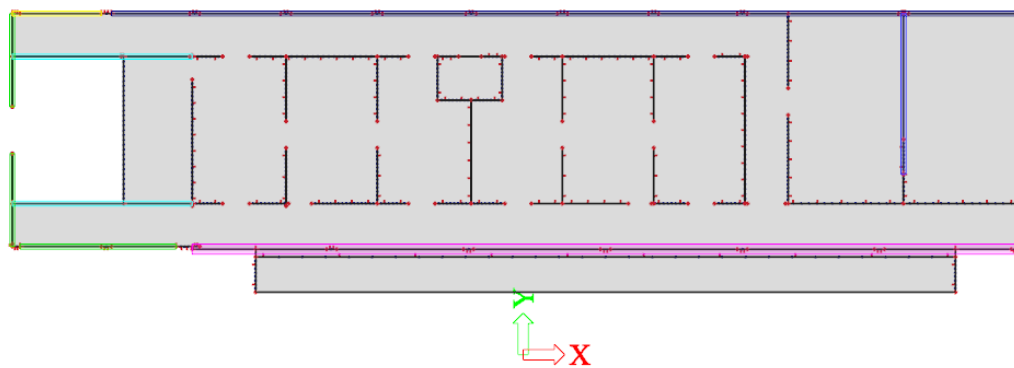
### 3.6. Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 200

#### 3.6.1. Geometrija i proračunski model konstrukcije

Za potrebe proračuna horizontalnih nosivih elemenata konstrukcije pozicije 200 izrađen je ravninski numerički model u računalnom programu Scia Engineer 24.0, prikazan u nastavku.

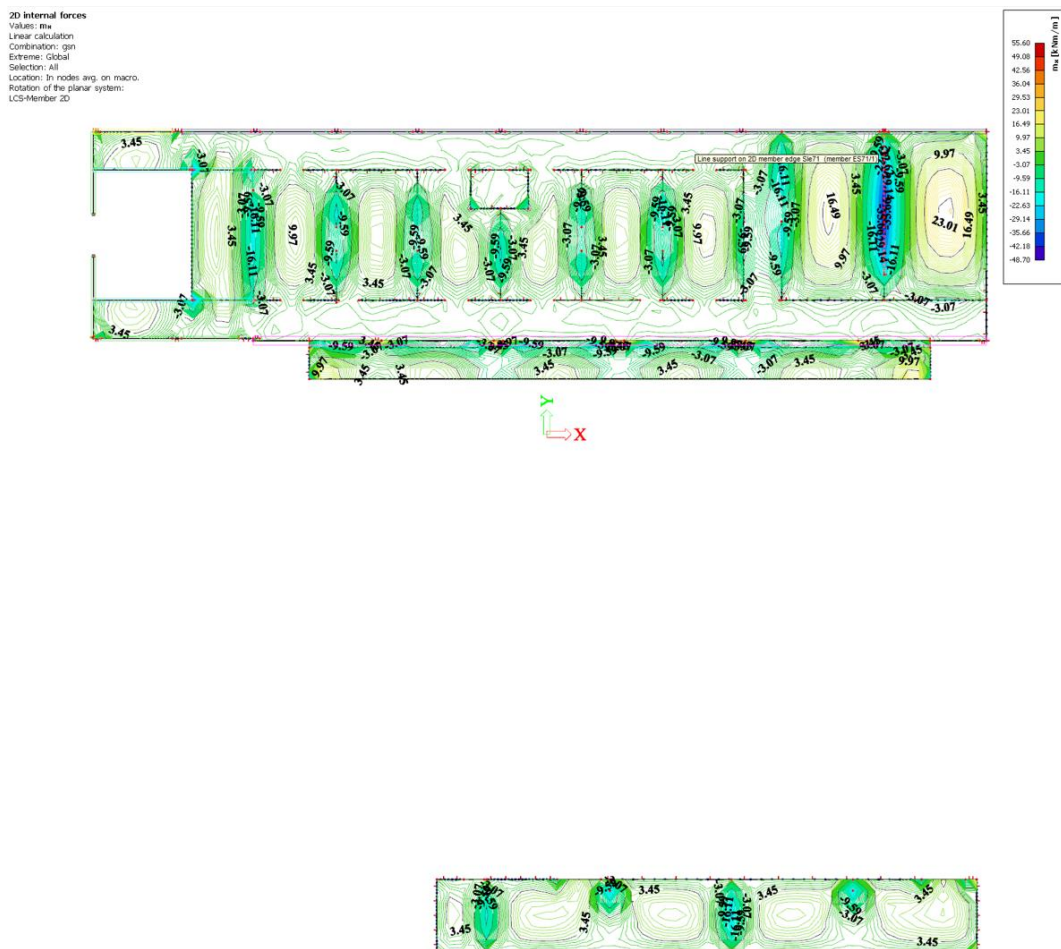


Slika 8.16. Geometrija pozicije 200



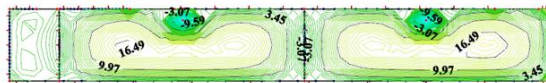
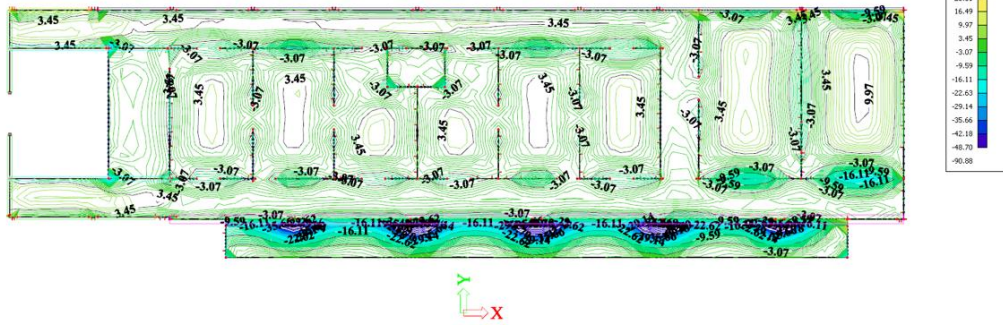
*Slika 8.17. Model pozicije 200*

### 3.6.2. Rezultati proračuna za monolitnu ploču



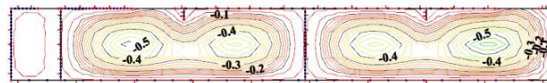
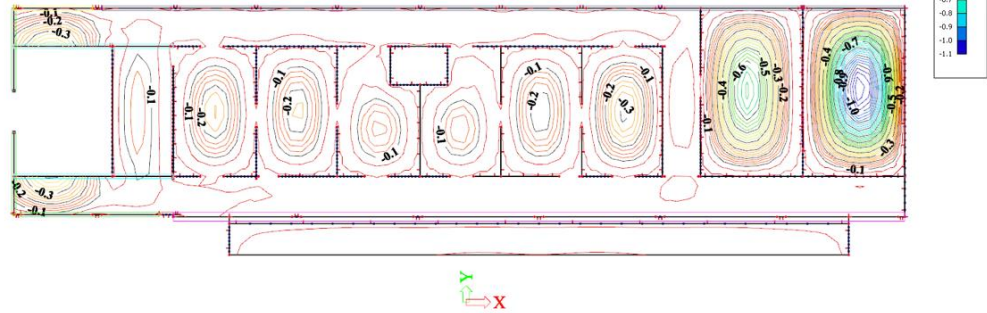
Slika 8.18. Anvelopa momenat u smjeru osi x za granično stanje nosivosti

2D internal forces  
 Values: My  
 Linear calculation  
 Combination: gsm  
 Extreme: global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 CS-Member 2D



Slika 8.19, Anvelopa momenata u smjeru osi y za granično stanje nosivosti

2D displacement  
 Value: 1e  
 Linear calculation  
 Combination: gpu  
 Extreme: global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg on macro  
 System: LCC mesh element



Slika 8.20. Kratkotrajni progib ploče za granično stanje uporabljivosti

Maksimalni očitani kratkotrajni progib: 1.1 mm.

Dopušteni kratkotrajni progib na konzoli:  $u_{dop} = L/300 = 4550/300 = 15.16 \text{ mm}$

Progibi ploče zadovoljavaju!

### 3.6.3. Dimenzioniranje ploče

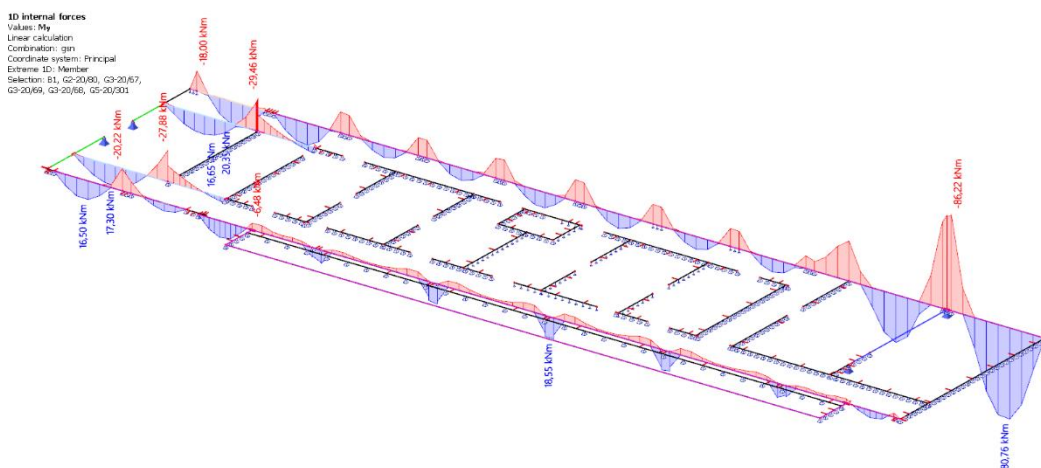
Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment u polju:

<b>Materijali:</b> <table border="0"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td rowspan="3"> <math display="block">A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>23,00</td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$		$f_{cd}$	20,00	B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$		$f_{yd}$	434,78		$M_{Ed}$	23,00																												
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$																																											
	$f_{cd}$	20,00																																												
B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																																											
	$f_{yd}$	434,78																																												
	$M_{Ed}$	23,00																																												
<b>Geometrija:</b> <table border="0"> <tr> <td><b>b</b></td> <td>100,00</td> <td>cm</td> <td colspan="2"><b>PRORAČUN</b></td> </tr> <tr> <td><b>h</b></td> <td>20,00</td> <td>cm</td> <td><math>\omega</math></td> <td>0,045</td> </tr> <tr> <td><b>d<sub>1</sub></b></td> <td>3,00</td> <td>cm</td> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,043</td> </tr> <tr> <td><b>d</b></td> <td>17,00</td> <td>cm</td> <td><math>\epsilon_{c2}</math></td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> <td><math>\xi</math></td> <td>0,099</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,040</td> <td></td> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,965</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed,LIM}</math></td> <td>0,187</td> <td></td> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>3,22 cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Rd,lim}</math></td> <td>108,09 kNm</td> <td></td> <td><math>A_{s1, izračunato}</math></td> <td>3,35 cm<sup>2</sup> Q 335</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><b>USVOJENO</b></td> <td>cm<sup>2</sup> Q503</td> </tr> </table>		<b>b</b>	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>		<b>h</b>	20,00	cm	$\omega$	0,045	<b>d<sub>1</sub></b>	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,043	<b>d</b>	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,10	$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,099	$\mu_{Ed}$	0,040		$\zeta$	0,965	$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	3,22 cm <sup>2</sup>	$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	3,35 cm <sup>2</sup> Q 335				<b>USVOJENO</b>	cm <sup>2</sup> Q503
<b>b</b>	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>																																											
<b>h</b>	20,00	cm	$\omega$	0,045																																										
<b>d<sub>1</sub></b>	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,043																																										
<b>d</b>	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,10																																										
$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,099																																										
$\mu_{Ed}$	0,040		$\zeta$	0,965																																										
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	3,22 cm <sup>2</sup>																																										
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	3,35 cm <sup>2</sup> Q 335																																										
			<b>USVOJENO</b>	cm <sup>2</sup> Q503																																										

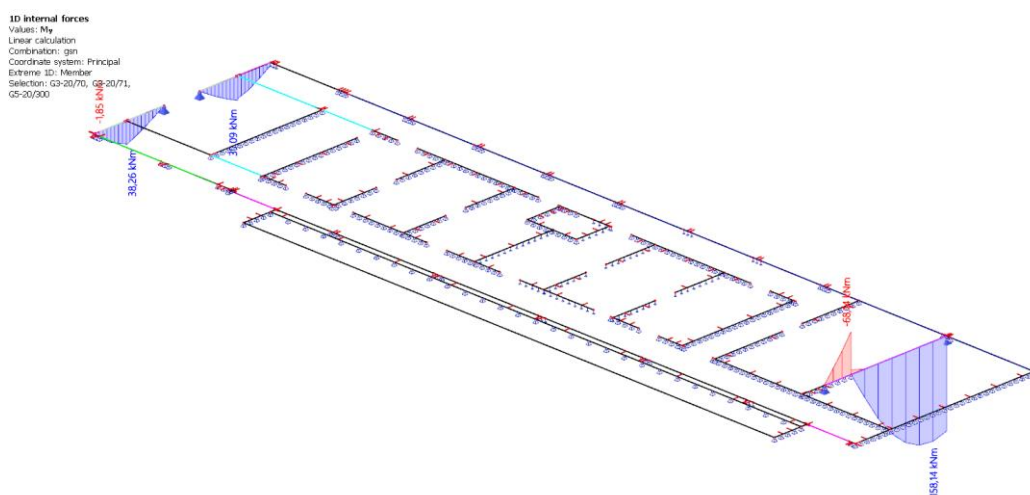
Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment na ležaju:

<b>Materijali:</b> <table border="0"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td rowspan="3"> <math display="block">A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>48,82</td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$		$f_{cd}$	20,00	B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$		$f_{yd}$	434,78		$M_{Ed}$	48,82																												
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$																																											
	$f_{cd}$	20,00																																												
B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																																											
	$f_{yd}$	434,78																																												
	$M_{Ed}$	48,82																																												
<b>Geometrija:</b> <table border="0"> <tr> <td><b>b</b></td> <td>100,00</td> <td>cm</td> <td colspan="2"><b>PRORAČUN</b></td> </tr> <tr> <td><b>h</b></td> <td>20,00</td> <td>cm</td> <td><math>\omega</math></td> <td>0,096</td> </tr> <tr> <td><b>d<sub>1</sub></b></td> <td>3,00</td> <td>cm</td> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,091</td> </tr> <tr> <td><b>d</b></td> <td>17,00</td> <td>cm</td> <td><math>\epsilon_{c2}</math></td> <td>1,80</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> <td><math>\xi</math></td> <td>0,153</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,084</td> <td></td> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,944</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed,LIM}</math></td> <td>0,187</td> <td></td> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>7,00 cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Rd,lim}</math></td> <td>108,09 kNm</td> <td></td> <td><math>A_{s1, izračunato}</math></td> <td>7,85 cm<sup>2</sup> Q 785</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><b>USVOJENO</b></td> <td>10,27 cm<sup>2</sup> Φ14/15</td> </tr> </table>		<b>b</b>	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>		<b>h</b>	20,00	cm	$\omega$	0,096	<b>d<sub>1</sub></b>	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,091	<b>d</b>	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,80	$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,153	$\mu_{Ed}$	0,084		$\zeta$	0,944	$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	7,00 cm <sup>2</sup>	$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	7,85 cm <sup>2</sup> Q 785				<b>USVOJENO</b>	10,27 cm <sup>2</sup> Φ14/15
<b>b</b>	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>																																											
<b>h</b>	20,00	cm	$\omega$	0,096																																										
<b>d<sub>1</sub></b>	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,091																																										
<b>d</b>	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,80																																										
$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,153																																										
$\mu_{Ed}$	0,084		$\zeta$	0,944																																										
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	7,00 cm <sup>2</sup>																																										
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	7,85 cm <sup>2</sup> Q 785																																										
			<b>USVOJENO</b>	10,27 cm <sup>2</sup> Φ14/15																																										

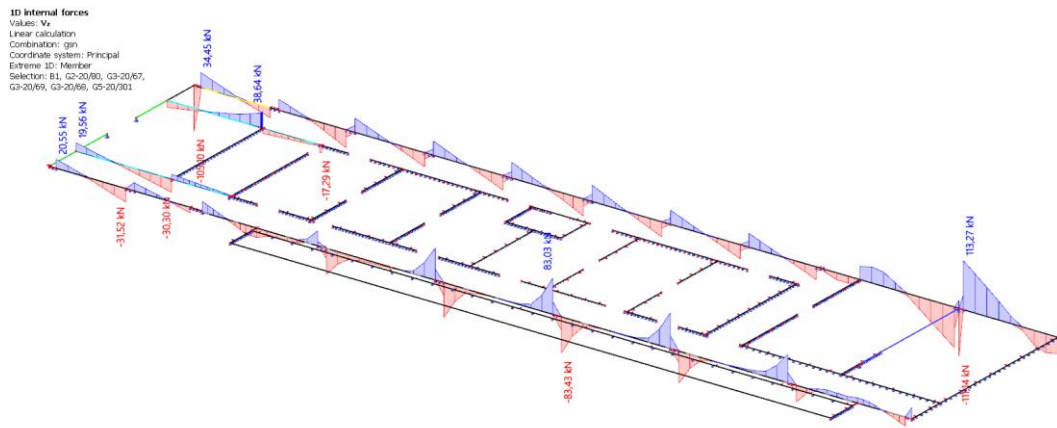
### 3.6.4. Rezultati proračuna za grede



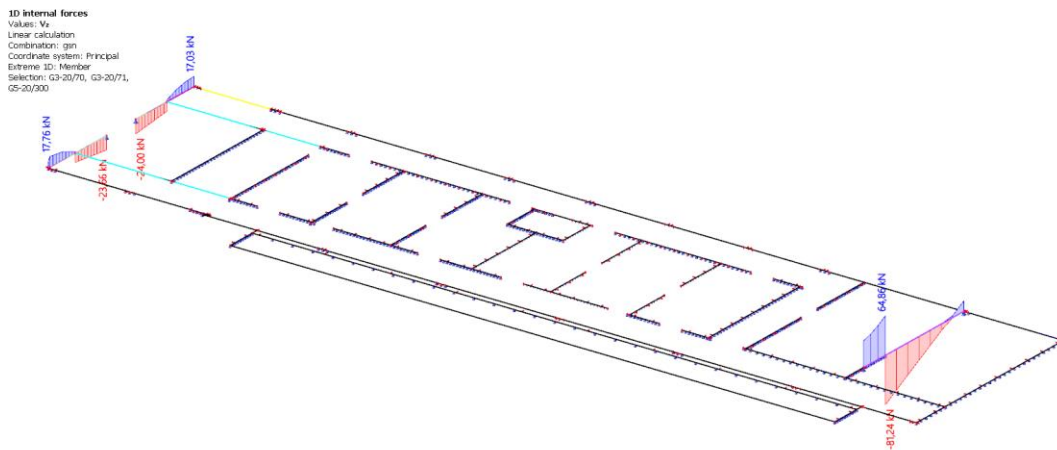
Slika 8.21. Anvelopa momenata savijanja za granično stanje nosivosti (grede u smjeru x)



Slika 8.22. Anvelopa momenata savijanja za granično stanje nosivosti (grede u smjeru y)

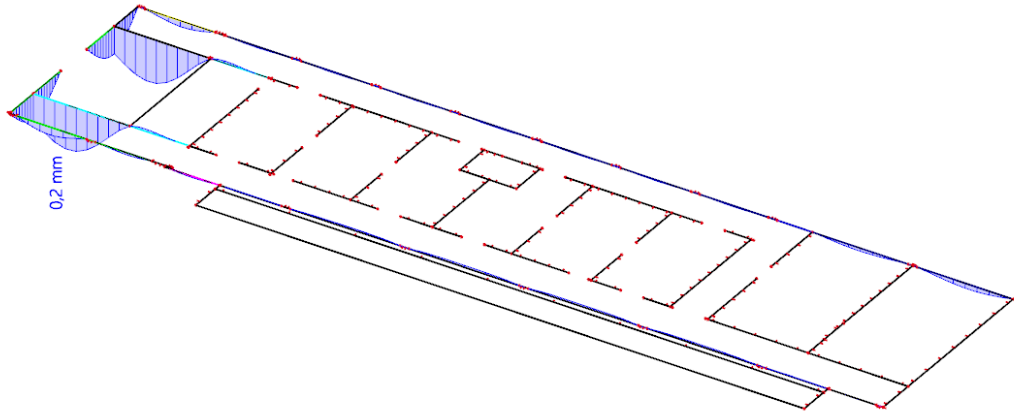


Slika 8.23. Anvelopa poprečnih sila za granično stanje nosivosti (grede u smjeru x)



Slika 8.24. Anvelopa poprečnih sila za granično stanje nosivosti (grede u smjeru y)





*Slika 8.25. Kratkotrajni progibi grede za granično stanje uporabljivosti*

Maksimalni očitani kratkotrajni progib: 1.34 mm.

Dopušteni kratkotrajni progib:  $u_{\text{dop}} = L/250 = 7500/250 = 30.0 \text{ mm}$

Progibi greda zadovoljavaju!

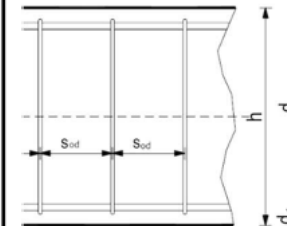
### 3.6.5. Dimenzioniranje greda – Greda 40/100

Proračun grede na moment savijanja- gornja i donja zona:

<b>Materijali:</b>		
C 30/37	$f_{ck}$	30,00 Mpa
	$f_{cd}$	20,00 Mpa
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa
	$f_{yd}$	434,78 Mpa
	$N_{Ed}$	0,00 kN
	$M_{Ed}$	76,00 kNm
		$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>
$b_{eff}$	40,00	cm
$h$	100,00	cm
$d_1 (d_2)$	5,00	cm
$d$	95,00	cm
$x$	4,56	cm
$\epsilon_{s1}$	10,00	
$\mu_{Ed}$	0,011	
$M_{Ed,lim}$	0,187 kNm	
$M_{Ed,lim}$	1350,14 kNm	
$M_{Ed,s}$	<b>76 kNm</b>	
	$\omega$	0,011
	$\mu_{Ed}$	0,011
	$\epsilon_{c2}$	0,5
	$\xi$	0,048
	$\zeta$	0,984
	$A_{s1}$	1,87 cm <sup>2</sup>
	<b>USVOJENO</b>	<b>6,04 cm<sup>2</sup> 4Φ14</b>

Proračun greda na poprečnu silu:

GEOMETRIJA			MATERIJAL		
b	40,00	cm	B500B	500	Mpa
h	100,00	cm	C 30/37	30	Mpa
d <sub>1</sub> (d <sub>2</sub> )	5,00	cm	f <sub>cd</sub>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>
d	95,00	cm	f <sub>yd</sub>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>
A	4000				
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN			
A <sub>s</sub> odabrano	6,04				



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

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

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

$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$

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

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

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

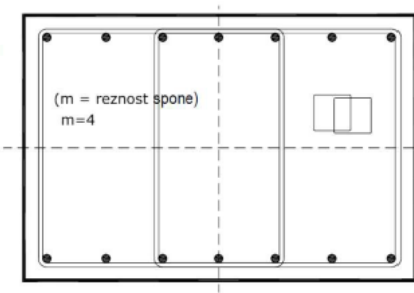
$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0.6 \cdot [1 - \frac{f_{ck}}{250}]$

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

$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\Theta$

$s_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$



Profil	A <sub>sw</sub>
Φ6	0,28 cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50 cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79 cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54 cm <sup>2</sup>

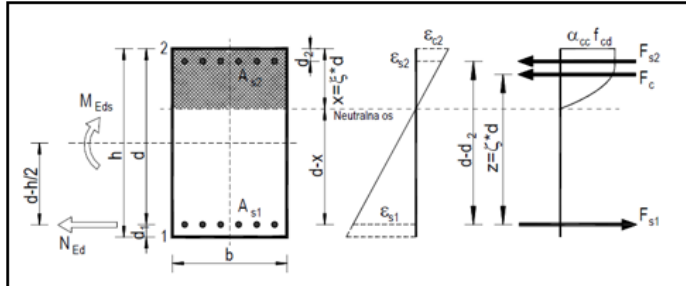
DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

V <sub>Ed</sub> (kN)	198	kN	v	0,528
γ <sub>c</sub>	1,5		V <sub>Rd,max</sub>	2006400 N = 2006,4 kN
C <sub>Rdc</sub>	0,12		V <sub>Ed,max</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0,0987
k	1,4588		S <sub>w,max</sub>	30 cm
k <sub>1</sub>	0,15		ρ <sub>min</sub>	0,00100
σ <sub>cp</sub>	0		m <sub>(reznost spona)</sub>	4
ρ <sub>l</sub>	0,001589		A <sub>sw,min</sub>	0,3 cm <sup>2</sup>
V <sub>Rd,c</sub>	111968,2 N =	112,0 kN	A <sub>sw, odabrano</sub>	0,5 cm <sup>2</sup> Φ8
v <sub>min</sub>	0,3378		z	85,5
V <sub>Rd,c</sub> ≥	128357,12 N =	128,4 kN	V <sub>Rd,s</sub>	247,8
			S <sub>pot,a</sub>	37,55 cm
			<b>USVOJENO</b>	<b>Φ8/20</b>

### 3.6.6. Dimenzioniranje greda - Greda 20/65

Proračun grede na moment savijanja- gornja i donja zona:

Geometrija:		PRORAČUN	
$b_{eff}$	20,00 cm	$\omega$	0,032
$h$	65,00 cm	$\mu_{Ed}$	0,031
$d_1 (d_2)$	5,00 cm	$\epsilon_{c2}$	0,9
$d$	60,00 cm	$\xi$	0,083
$x$	4,98 cm	$\zeta$	0,971
$\epsilon_{s1}$	10,00	$A_{s1}$	1,50 cm <sup>2</sup>
$\mu_{Ed}$	0,026	<b>USVOJENO</b>	<b>6,04 cm<sup>2</sup> 4Φ14</b>
$\mu_{Ed,lim}$	0,187 kNm		
$M_{Ed,lim}$	269,28 kNm		
$M_{Ed,s}$	<b>38 kNm</b>		



Materijali:		
C 30/37	$f_{ck}$	30,00 Mpa
	$f_{cd}$	20,00 Mpa
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa
	$f_{yd}$	434,78 Mpa
	$N_{Ed}$	0,00 kN
	$M_{Ed}$	38,00 kNm

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Proračun greda na poprečnu silu:

GEOMETRIJA			MATERIJAL			
b	20,00	cm	B500B	500	Mpa	
h	65,00	cm	C 30/37	30	Mpa	
d <sub>1</sub> (d <sub>2</sub> )	5,00	cm	f <sub>cd</sub>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>	
d	60,00	cm	f <sub>yd</sub>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	
A	1300					
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN				
A <sub>s</sub> odabrano	6,04					

$V_{Rd,c} = C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$   
 $k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$   
 $C_{Rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$   
 $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$   
 $V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$   
 $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$   
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$   
 $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$   
 $v = 0.6 \cdot [1 - \frac{f_{ck}}{250}]$   
 $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m}$   
 $V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg \Theta$   
 $S_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$

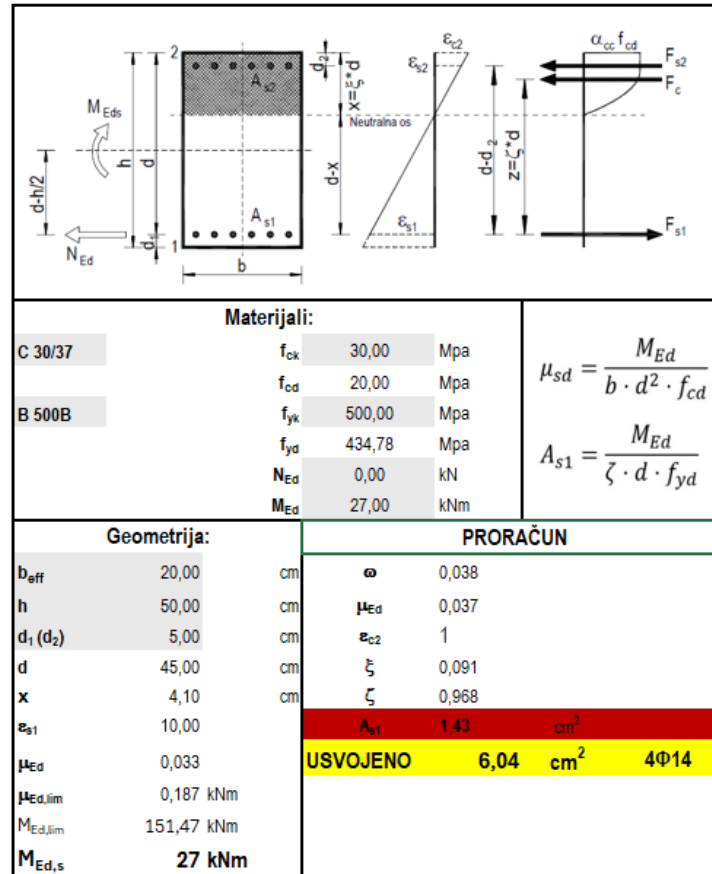
Profil	A <sub>sw</sub>
Φ6	0,28 cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50 cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79 cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54 cm <sup>2</sup>

DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU				
V <sub>Ed</sub> (kN)	31,5	kN	v	0,528
γ <sub>c</sub>	1,5		V <sub>Rd,max</sub>	633600 N = 633,6 kN
C <sub>Rdc</sub>	0,12		V <sub>Ed,max</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0,0497
k	1,5774		S <sub>w,max</sub>	30 cm
k <sub>1</sub>	0,15		ρ <sub>min</sub>	0,00100
σ <sub>cp</sub>	0		m (reznost spona)	2
ρ <sub>l</sub>	0,005033		A <sub>sw,min</sub>	0,3 cm <sup>2</sup>
V <sub>Rd,c</sub>	56141,4 N =	56,1 kN	A <sub>sw, odabrano</sub>	0,5 cm <sup>2</sup> Φ8
v <sub>min</sub>	0,3798		z	54
V <sub>Rd,c</sub> ≥	45572,425 N =	45,6 kN	V <sub>Rd,s</sub>	78,3
			S <sub>pot,a</sub>	74,53 cm
			<b>USVOJENO</b>	<b>Φ8/20</b>

### 3.6.7. Dimenzioniranje greda - Greda 20/50

Proračun grede na moment savijanja:



Proračun greda na poprečnu silu:

GEOMETRIJA			MATERIJAL			
b	20,00	cm	B500B	500	Mpa	
h	50,00	cm	C 30/37	30	Mpa	
d <sub>1</sub> (d <sub>2</sub> )	5,00	cm	f <sub>cd</sub>	2,00	kN/cm <sup>2</sup>	
d	45,00	cm	f <sub>yd</sub>	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	
A	1000					
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN				
A <sub>s</sub> odabrano	6,04					

$V_{Rd,c} = C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$   
 $k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$   
 $C_{Rdc} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$   
 $\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c}$   
 $V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$   
 $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$   
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$   
 $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$   
 $v = 0.6 \cdot [1 - \frac{f_{ck}}{250}]$   
 $A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$   
 $V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\Theta$   
 $s_w < \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}}$

Profil	A <sub>sw</sub>
Φ6	0,28 cm <sup>2</sup>
Φ8	0,50 cm <sup>2</sup>
Φ10	0,79 cm <sup>2</sup>
Φ12	1,13 cm <sup>2</sup>
Φ14	1,54 cm <sup>2</sup>

DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU				
V <sub>ed</sub> (kN)	<b>30,3</b>	kN	v	0,528
γ <sub>c</sub>	1,5		V <sub>Rd,max</sub>	475200 N = 475,2 kN
C <sub>Rdc</sub>	0,12		V <sub>Ed,max</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0,0638
k	1,6667		S <sub>w,max</sub>	30 cm
k <sub>1</sub>	0,15		ρ <sub>min</sub>	0,00100
σ <sub>cp</sub>	0		m <sub>(reznost spona)</sub>	<b>2</b>
ρ <sub>l</sub>	0,006711		A <sub>sw,min</sub>	0,3 cm <sup>2</sup>
V <sub>Rd,c</sub>	48967,9 N =	49,0 kN	<b>A<sub>sw, odabrano</sub></b>	<b>0,5 cm<sup>2</sup> Φ8</b>
v <sub>min</sub>	0,4125		z	40,5
V <sub>Rd,c</sub> ≥	37123,106 N =	37,1 kN	V <sub>Rd,s</sub>	58,7
			<b>S<sub>pot,a</sub></b>	<b>58,11 cm</b>
			<b>USVOJENO</b>	<b>Φ8/20</b>

### **3.6.8. Dimenzioniranje greda - Greda 20/80, 20/170**

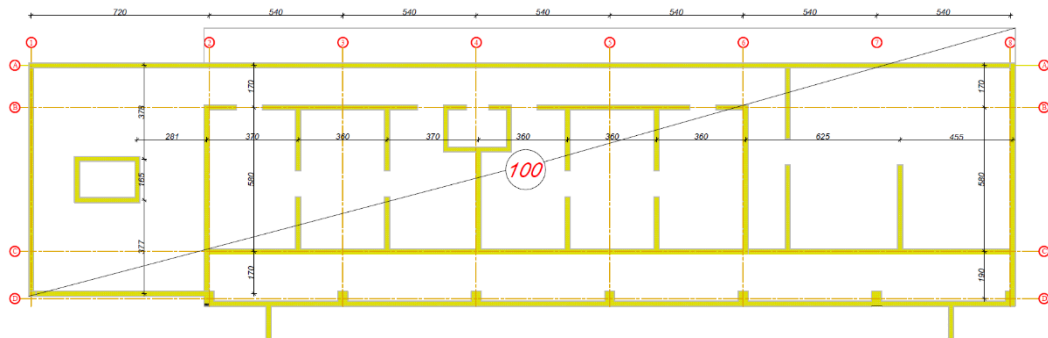
Za grede poprečnih presjeka 20/80 i 20/170, usvojena je jednaka armature kao i za gredu poprečnog presjeka 20/140 pozicije 300 budući su veće statičke visine a opterećene manjim momentom nosivosti. Po visini svih ovih greda potrebno je ugraditi konstruktivnu armaturu  $\varnothing 12/20$ .



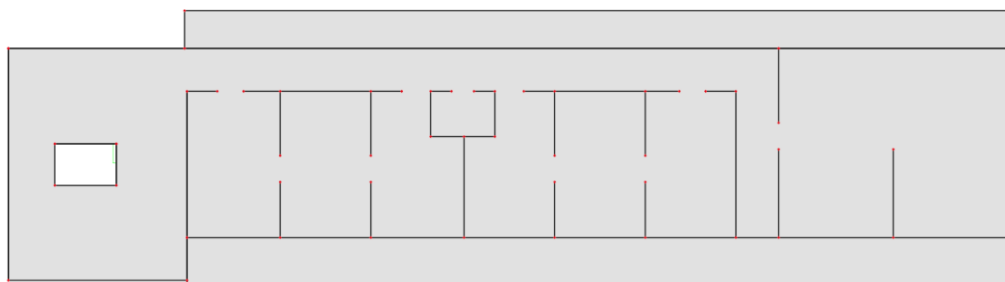
### 3.7. Proračun monolitnih ploča i greda Poz. 100

#### 3.7.1. Geometrija i proračunski model konstrukcije

Za potrebe proračuna horizontalnih nosivih elemenata konstrukcije pozicije 100 izrađen je ravninski numerički model u računalnom programu Scia Engineer 24.0, prikazan u nastavku.

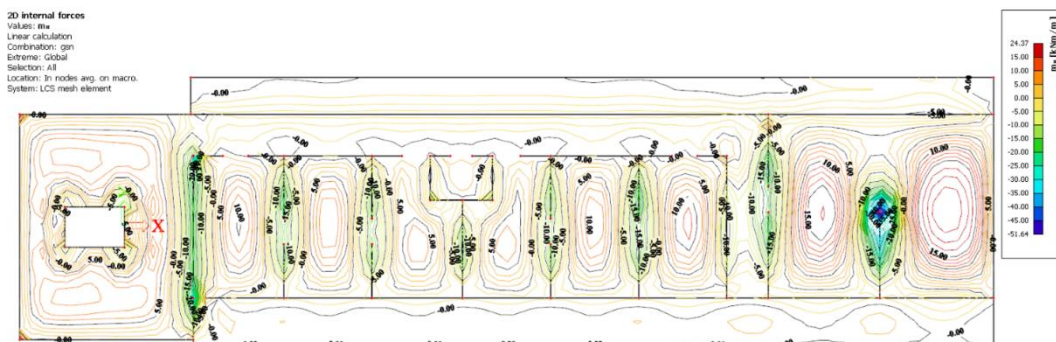


Slika 8.26. Geometrija pozicije 100

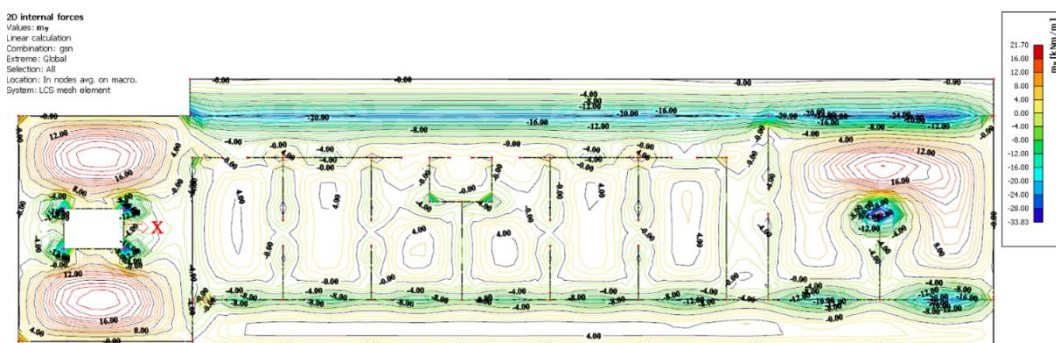


Slika 8.27. Model pozicije 100

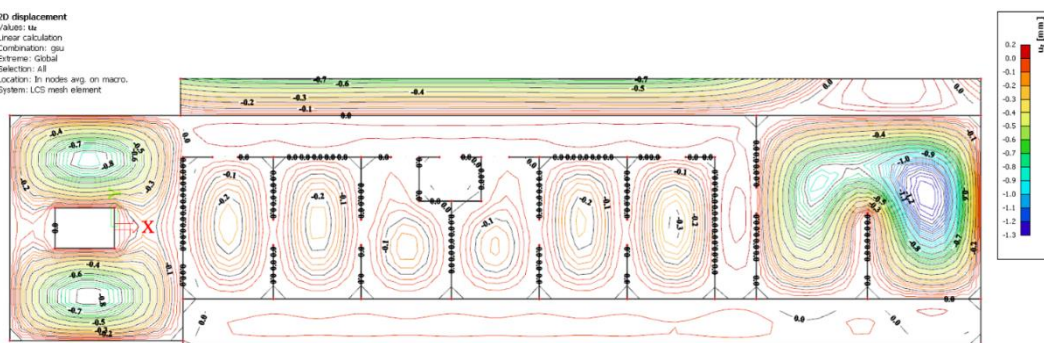
### 3.7.2. Rezultati proračuna za monolitnu ploču



Slika 8.28. Anvelopa momenat u smjeru osi x za granično stanje nosivosti



Slika 8.29. Anvelopa momenata u smjeru osi y za granično stanje nosivosti



Slika 8.30. Maksimalni očitani kratkotrajni progib: 1,2 mm.

Dopušteni kratkotrajni progib na konzoli:  $u_{dop} = L/300 = 4550/300 = 15.16 \text{ mm}$

Progibi ploče zadovoljavaju!

### 3.7.3. Dimenzioniranje ploče

Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment u polju:

<b>Materijali:</b> <table border="0"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>21,46</td> <td></td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$		$f_{cd}$	20,00	B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$		$f_{yd}$	434,78		$M_{Ed}$	21,46																												
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$																																											
	$f_{cd}$	20,00																																												
B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																																											
	$f_{yd}$	434,78																																												
	$M_{Ed}$	21,46																																												
<b>Geometrija:</b> <table border="0"> <tr> <td>b</td> <td>100,00</td> <td>cm</td> <td colspan="2"><b>PRORAČUN</b></td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>20,00</td> <td>cm</td> <td><math>\omega</math></td> <td>0,045</td> </tr> <tr> <td><math>d_1</math></td> <td>3,00</td> <td>cm</td> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,043</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>17,00</td> <td>cm</td> <td><math>\epsilon_{c2}</math></td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> <td><math>\xi</math></td> <td>0,099</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,037</td> <td></td> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,965</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed,LIM}</math></td> <td>0,187</td> <td></td> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>3,01 cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Rd,lim}</math></td> <td>108,09 kNm</td> <td></td> <td><math>A_{s1, izračunato}</math></td> <td>3,35 cm<sup>2</sup> Q 335</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><b>USVOJENO</b></td> <td>cm<sup>2</sup> Q503</td> </tr> </table>		b	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>		h	20,00	cm	$\omega$	0,045	$d_1$	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,043	d	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,10	$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,099	$\mu_{Ed}$	0,037		$\zeta$	0,965	$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	3,01 cm <sup>2</sup>	$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	3,35 cm <sup>2</sup> Q 335				<b>USVOJENO</b>	cm <sup>2</sup> Q503
b	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>																																											
h	20,00	cm	$\omega$	0,045																																										
$d_1$	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,043																																										
d	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,10																																										
$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,099																																										
$\mu_{Ed}$	0,037		$\zeta$	0,965																																										
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	3,01 cm <sup>2</sup>																																										
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	3,35 cm <sup>2</sup> Q 335																																										
			<b>USVOJENO</b>	cm <sup>2</sup> Q503																																										

Dimenzioniranje ploče – maksimalan moment na ležaju:

<b>Materijali:</b> <table border="0"> <tr> <td>C 30/37</td> <td><math>f_{ck}</math></td> <td>30,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{cd}</math></td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>B 500B</td> <td><math>f_{yk}</math></td> <td>500,00</td> <td rowspan="2"> <math display="block">A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}</math> </td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>f_{yd}</math></td> <td>434,78</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>M_{Ed}</math></td> <td>40,00</td> <td></td> </tr> </table>		C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$		$f_{cd}$	20,00	B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$		$f_{yd}$	434,78		$M_{Ed}$	40,00																												
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$																																											
	$f_{cd}$	20,00																																												
B 500B	$f_{yk}$	500,00	$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$																																											
	$f_{yd}$	434,78																																												
	$M_{Ed}$	40,00																																												
<b>Geometrija:</b> <table border="0"> <tr> <td>b</td> <td>100,00</td> <td>cm</td> <td colspan="2"><b>PRORAČUN</b></td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>20,00</td> <td>cm</td> <td><math>\omega</math></td> <td>0,073</td> </tr> <tr> <td><math>d_1</math></td> <td>3,00</td> <td>cm</td> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,07</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>17,00</td> <td>cm</td> <td><math>\epsilon_{c2}</math></td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{s1}</math></td> <td>10,00</td> <td></td> <td><math>\xi</math></td> <td>0,138</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed}</math></td> <td>0,069</td> <td></td> <td><math>\zeta</math></td> <td>0,953</td> </tr> <tr> <td><math>\mu_{Ed,LIM}</math></td> <td>0,187</td> <td></td> <td><math>A_{s1}</math></td> <td>5,68 cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>M_{Rd,lim}</math></td> <td>108,09 kNm</td> <td></td> <td><math>A_{s1, izračunato}</math></td> <td>6,36 cm<sup>2</sup> Q 636</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><b>USVOJENO</b></td> <td>10,27 cm<sup>2</sup> Φ14/15</td> </tr> </table>		b	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>		h	20,00	cm	$\omega$	0,073	$d_1$	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,07	d	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,50	$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,138	$\mu_{Ed}$	0,069		$\zeta$	0,953	$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	5,68 cm <sup>2</sup>	$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	6,36 cm <sup>2</sup> Q 636				<b>USVOJENO</b>	10,27 cm <sup>2</sup> Φ14/15
b	100,00	cm	<b>PRORAČUN</b>																																											
h	20,00	cm	$\omega$	0,073																																										
$d_1$	3,00	cm	$\mu_{Ed}$	0,07																																										
d	17,00	cm	$\epsilon_{c2}$	1,50																																										
$\epsilon_{s1}$	10,00		$\xi$	0,138																																										
$\mu_{Ed}$	0,069		$\zeta$	0,953																																										
$\mu_{Ed,LIM}$	0,187		$A_{s1}$	5,68 cm <sup>2</sup>																																										
$M_{Rd,lim}$	108,09 kNm		$A_{s1, izračunato}$	6,36 cm <sup>2</sup> Q 636																																										
			<b>USVOJENO</b>	10,27 cm <sup>2</sup> Φ14/15																																										

### 3.8. Proračun vertikalnih elemenata – ab monolitni zidovi i stupovi

Stupovi i zidovi su pretpostavljeni kao AB elementi. Poprečni presjek stupova ispod glavnih nosača je 40x60 cm, poprečni presjek zabatnih stupova glavne dvorane je 50x50 cm. Zidovi su predviđeni debljine 20 cm. Svi stupovi i zidovi se izvode kao monolitni elementi na gradilištu. Za sve stupove i zidove predviđen je beton C 30/37, XC1,  $\Phi_{agr} \leq 31.5$  mm, te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3.0 cm.

Rezne sile koje djeluju na stupove prikazane su iz numeričkog modela. Ujedno su izračunate računске sile od nekoliko kombinacija opterećenja.

Duljina izvijanja za proračun vitkosti konzolnih stupova je usvojena 2L, a utjecaj vitkosti stupova obuhvaćen je proračunom. Konstrukcija je analizirana numerički metodom konačnih elemenata (štapni 1D elementi, 6 stupnjeva slobode u svakom čvoru), a prikazani su rezultati za kombinacije djelovanja.

Legenda:

$F_x$  – uzdužna sila – lokalna os štapa x (globalni smjer Z)

$F_y$  – poprečne sila u smjeru lokalne osi štapa y (globalni smjer Y)

$F_z$  – poprečne sila u smjeru lokalne osi štapa z (globalni smjer X)

$M_y$  – moment savijanja oko lokalne osi štapa Y (globalni smjer X)

$M_z$  – moment savijanja oko lokalne osi štapa Z (globalni smjer Y)

Dijagrami momenata u zidovima odnose se na globalni koordinatni sustav (pr.  $M_x$ -moment oko globalne osi X).

Konvencija predznaka sila:

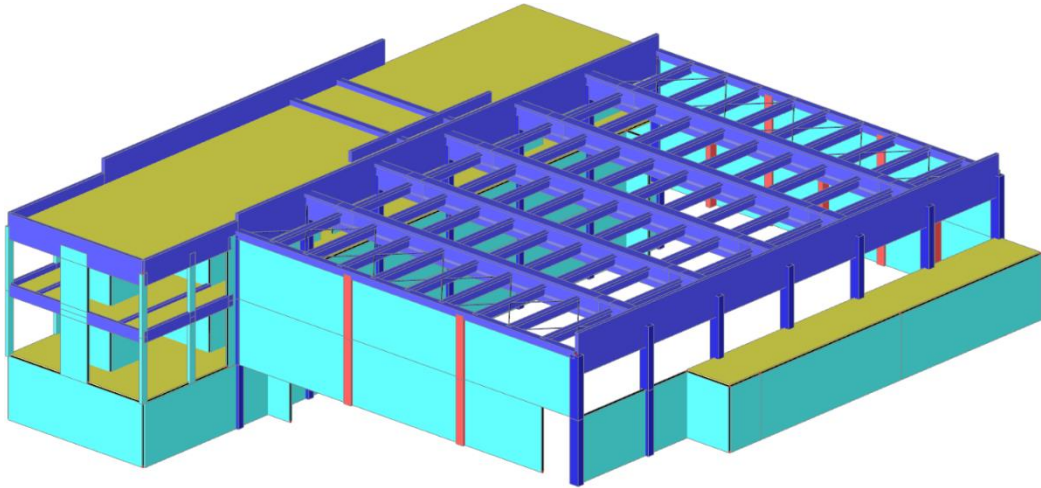
(-) vlačna uzdužna sila

(+) tlačna uzdužna sila

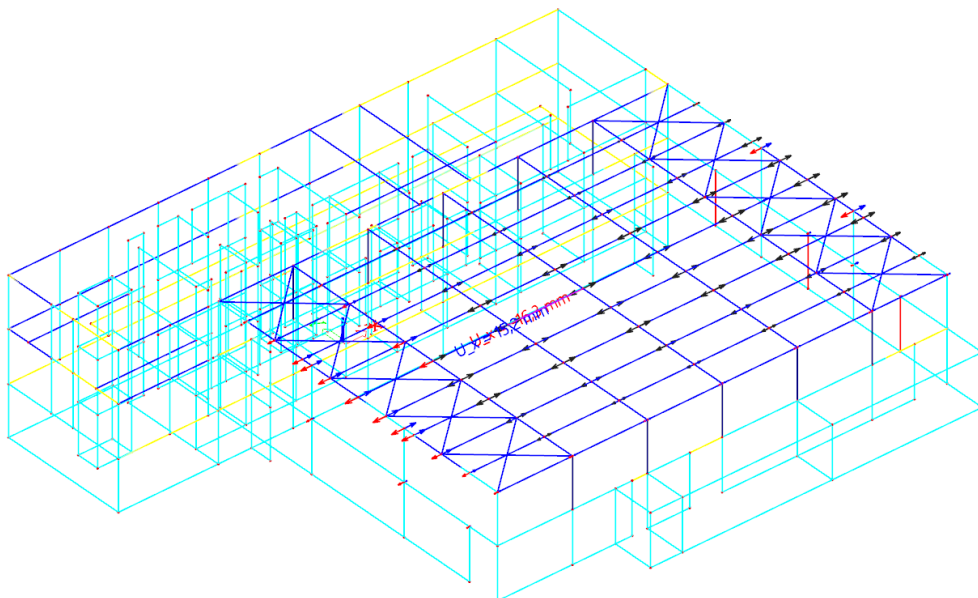
Kontrola horizontalnih međukatnih pomaka AB montažnih stupova (prema 4.4.3.2, HRN EN1998-1:2011)

Maksimalni horizontalni pomaci od potresne kombinacije prikazani su u izlazima iz numeričkog proračuna (vidjeti priloge) te su sortirani u priloženoj tablici. U tablici su prikazani relativni pomaci vrha stupova u odnosu na pomake na nivou etaže za potresnu kombinaciju opterećenja za elastični spektar odziva. Kontrola je izvršena za sljedeće parametre:

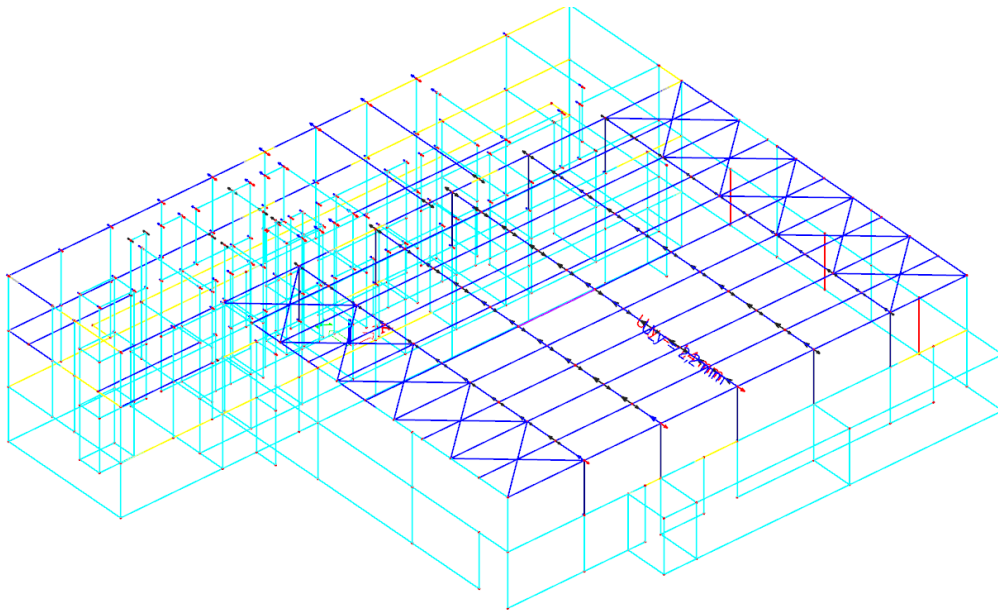
$$v = 0.112 / 0.219 = 0.51 \text{ (PP 95 godina sukladno Eurocode-u 8)}$$



*Slika 8.31. 3D model konstrukcije*



*Slika 8.32. Pomaci smjer x*



*Slika 8.33. Pomaci smjer x*

Dopušteni pomaci  $\rightarrow 0,075 \cdot h = 30,75 \text{ mm}$

Računski pomaci  $\rightarrow 8,1 \text{ mm}$

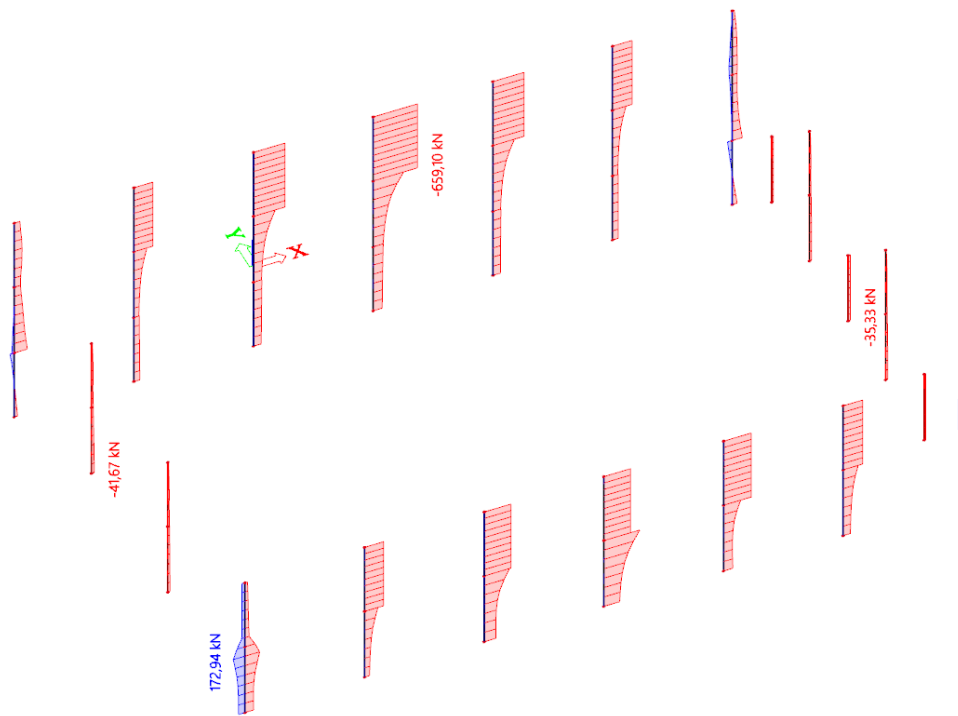
Pomaci zadovoljavaju!

### 3.8.1.Prikaz rezultata u stupovima i kontraforama

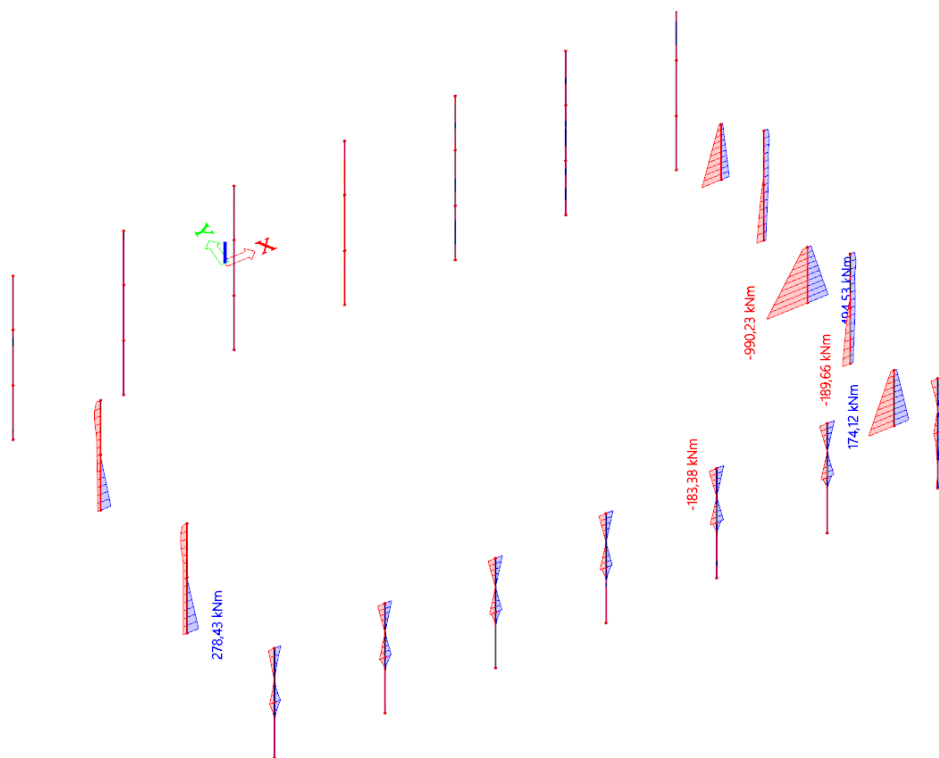
#### OPTEREĆENJA I KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

Lista opterećenja		
Slučaj		
1	G	Vl. Težina
2	dg	Dodatno stalno
3	Q	Promjenjivo
4	vjetar x	Vjetar
5	vjetar y	Vjetar
6	Sx	Potres
7	Sy	Potres

Kombinacije opterećenja			
8	GSN	$1,35(G+dg)+1,5Q$	UOBIČAJNA
9	GSU	$1(G+dg)+1Q$	UOBIČAJNA
10	POTRES X	$1(G+dg)+0,3Q+Sx+0,3Sy$	SEIZMIČKA
11	POTRES Y	$1(G+dg)+0,3Q+Sy+0,3Sx$	SEIZMIČKA

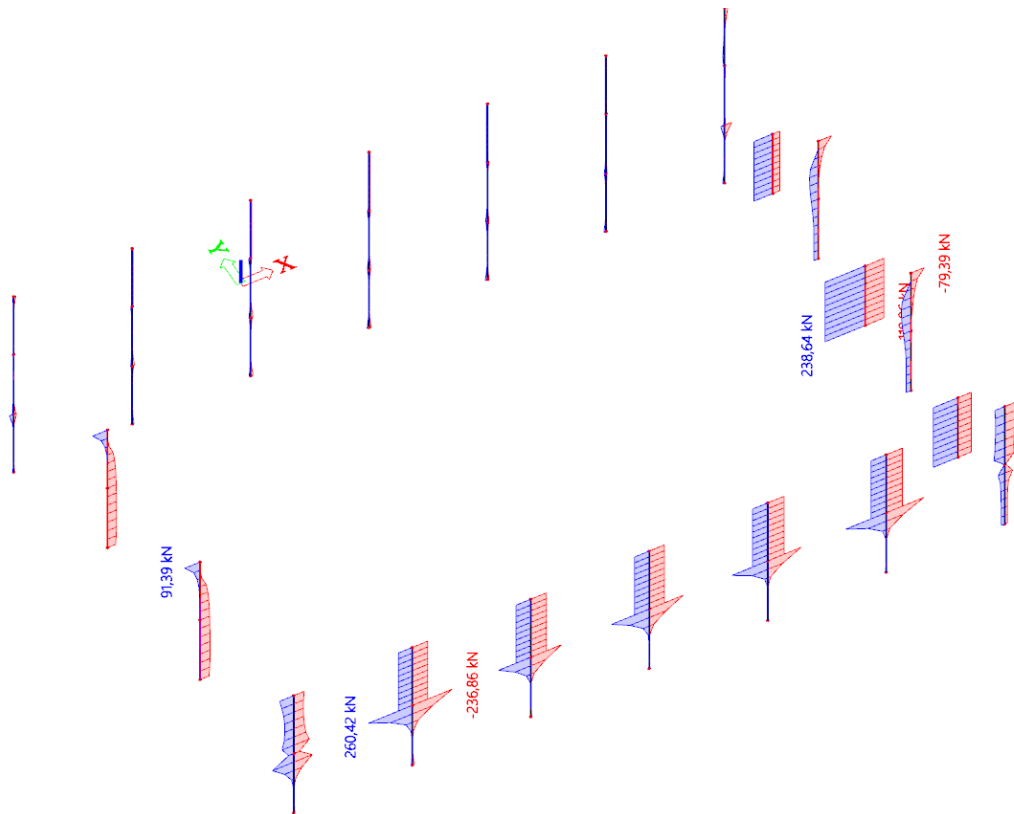


Slika 8.34. Uzdužna sila (Izvanredna kombinacija-smjer x) [kN]

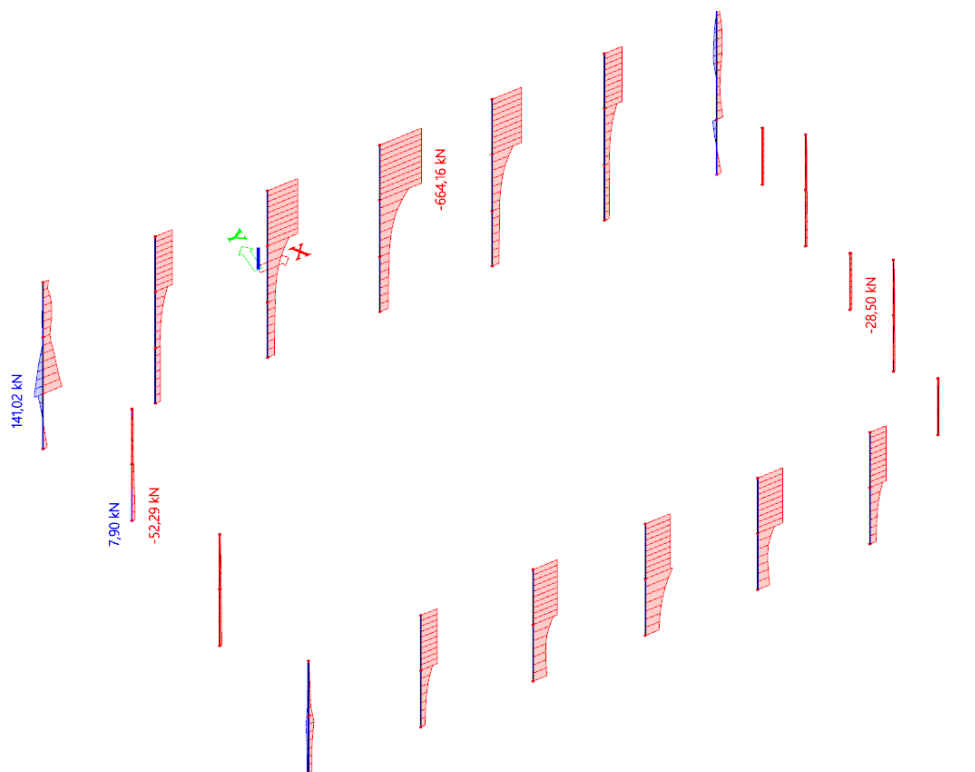


Slika 8.35. Moment savijanja oko y osi (Izvanredna kombinacija smjer x) [kNm]

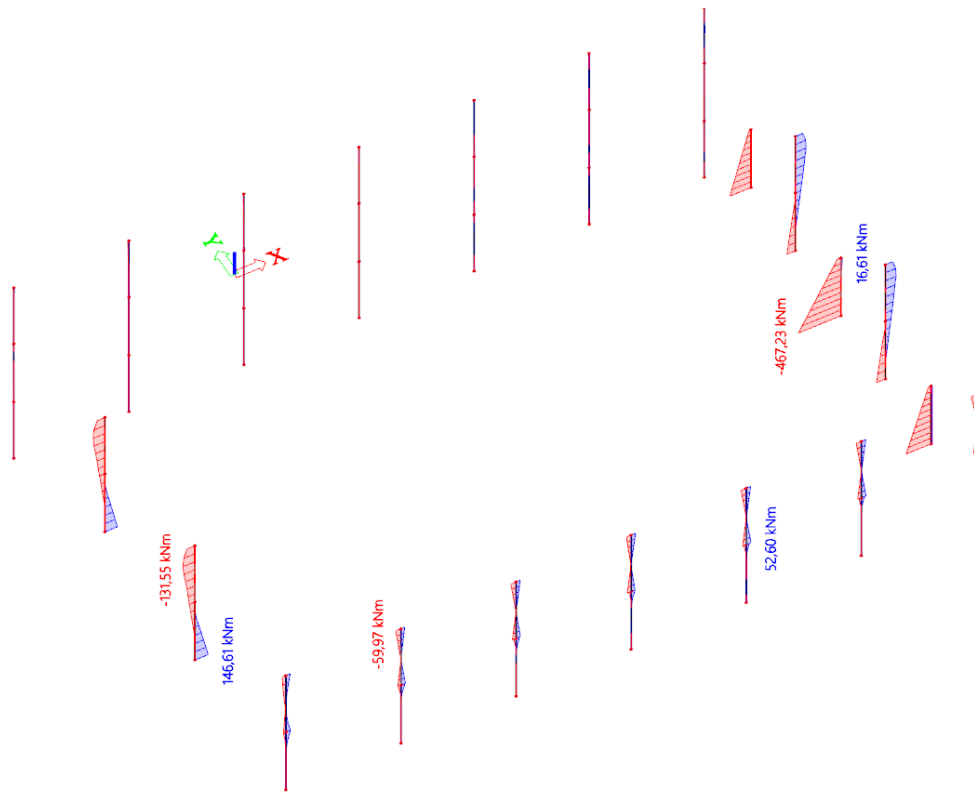




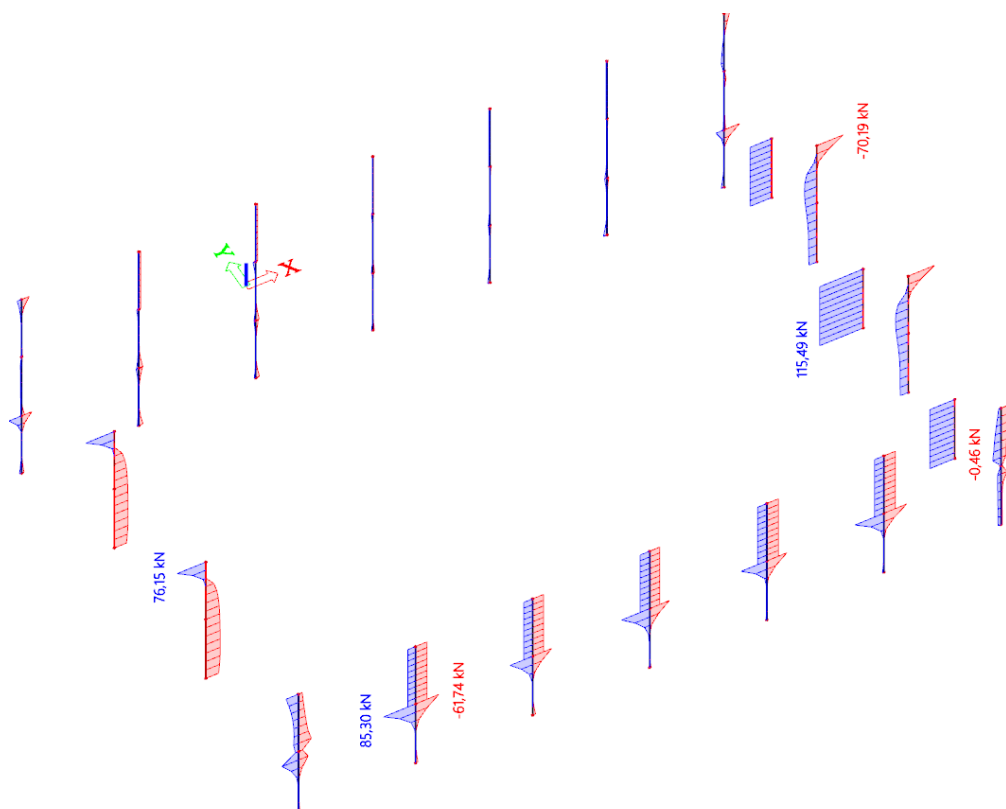
Slika 8.36 Poprečne sile u smjeru y osi (Izvanredna kombinacija smjer x) [kN]



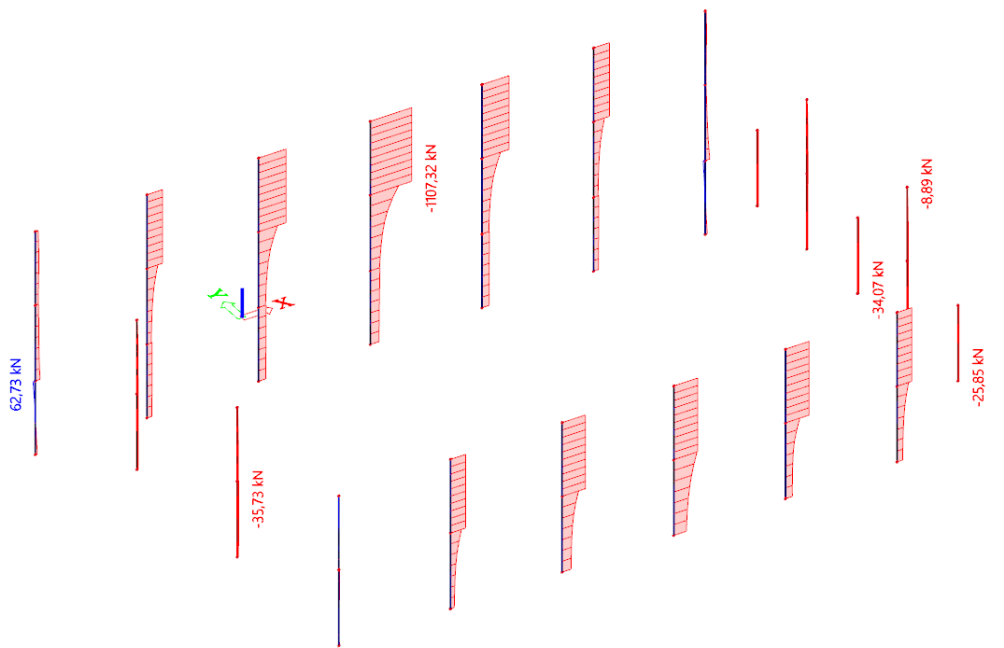
Slika 8.37. Uzdužna sila (Izvanredna kombinacija-smjer y) [kN]



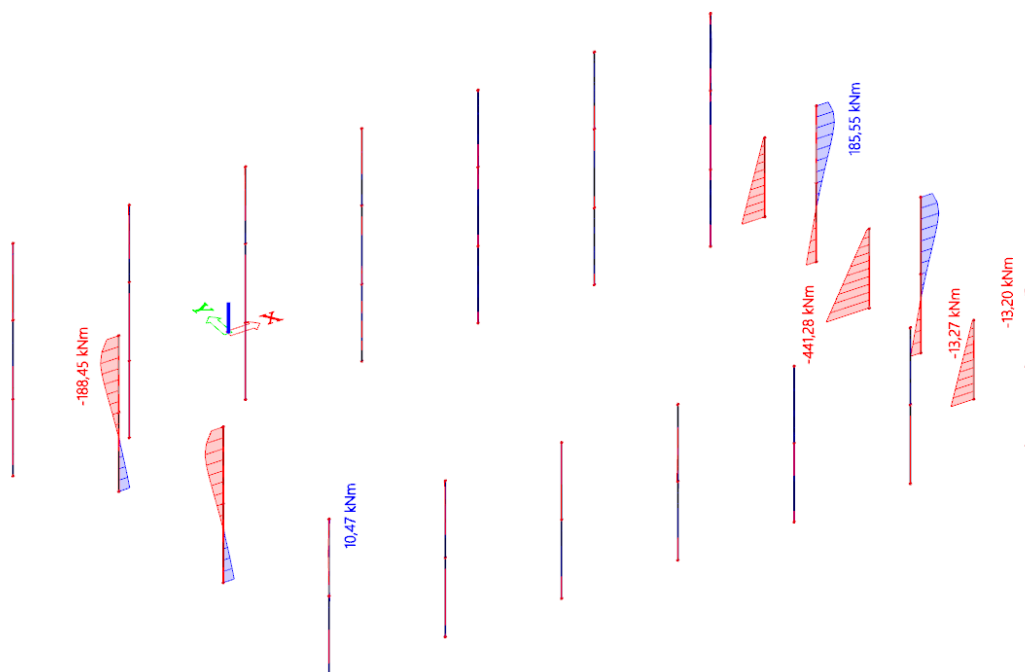
Slika 8.38. Moment savijanja oko y osi (Izvanredna kombinacija smjer y) [kNm]



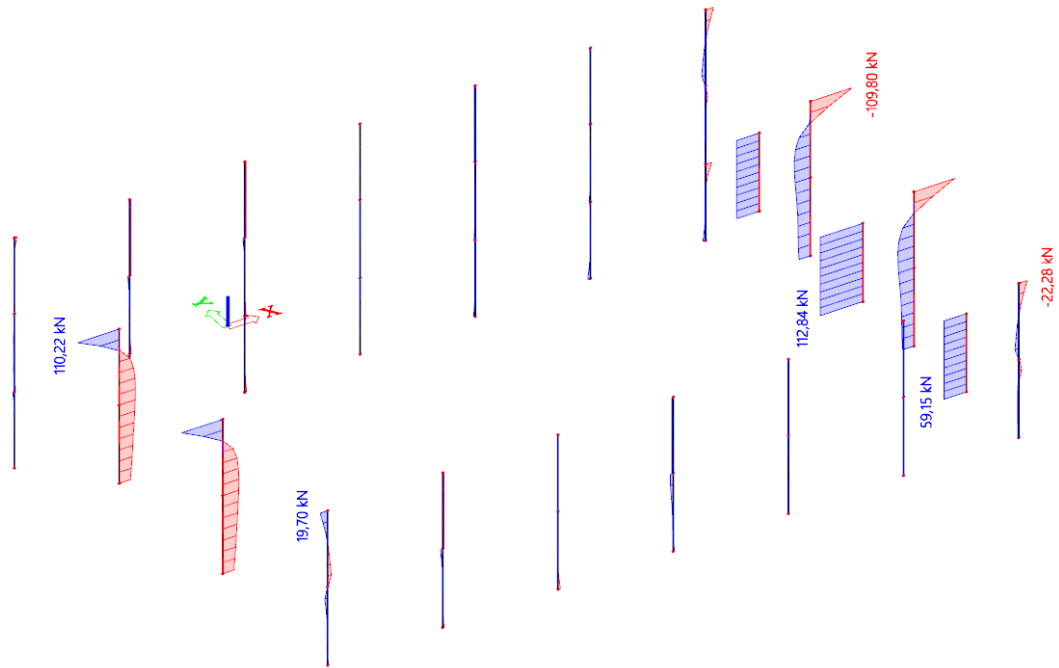
Slika 8.39. Poprečne sile u smjeru y osi (Izvanredna kombinacija smjer y) [kN]



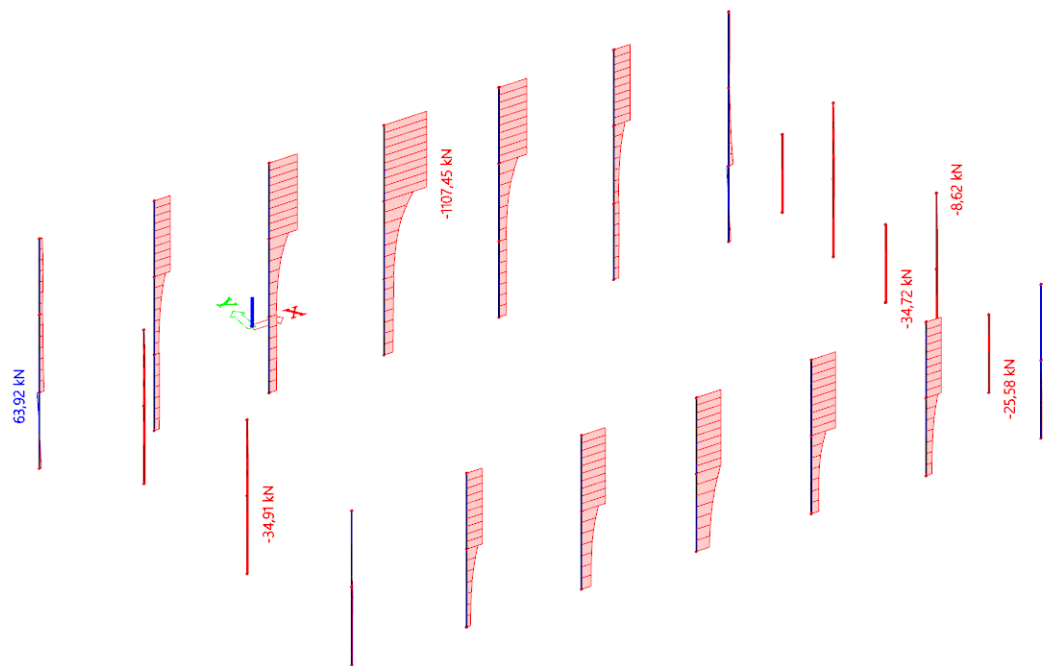
Slika 8.40. Uzdužna sila (Uobičajna kombinacija-smjer x) [kN]



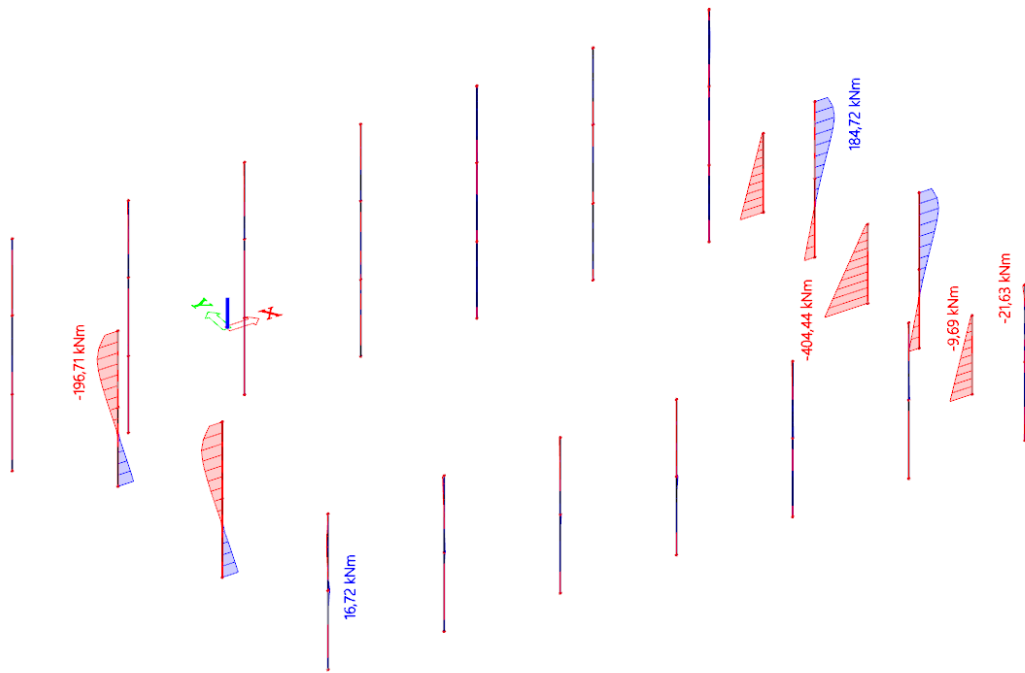
Slika 8.41. Moment savijanja oko y osi (Uobičajna kombinacija smjer x) [kNm]



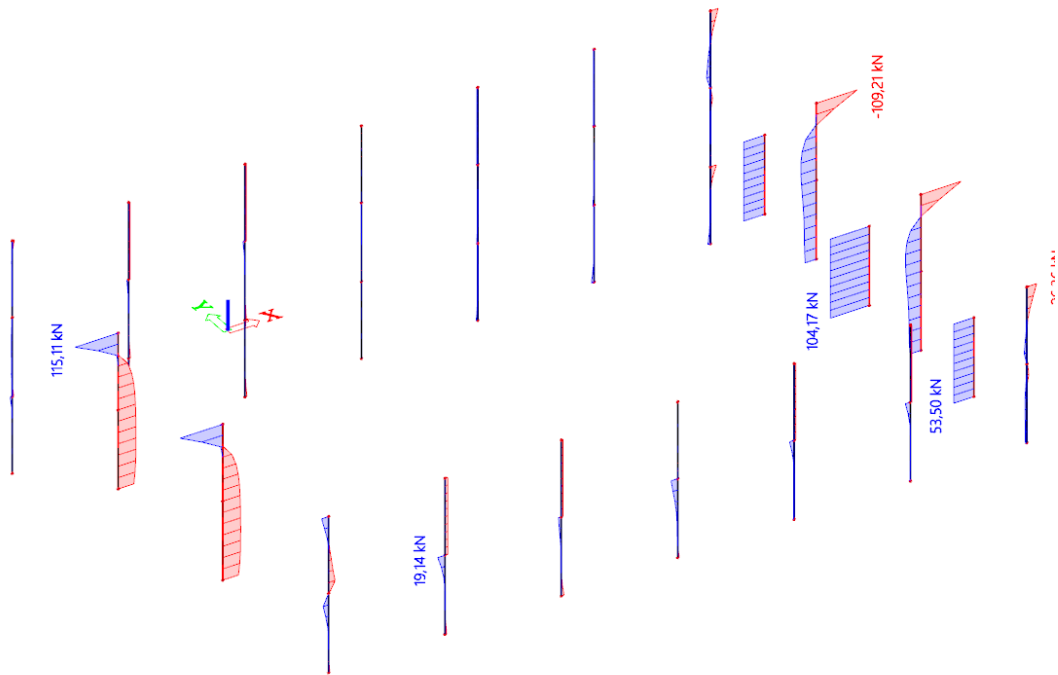
Slika 8.42. Poprečne sile u smjeru y osi (Uobičajna kombinacija smjer x) [kN]



Slika 8.43. Uzdužna sila (Uobičajna kombinacija-smjer y) [kN]



Slika 8.44. Moment savijanja oko y osi (Uobičajna kombinacija smjer y) [kNm]



Slika 8.45. Poprečne sile u smjeru y osi (Uobičajna kombinacija smjer y) [kN]

### 3.8.2. Dimenzioniranje stupa S1 presjeka 40x60

Broj jednakih stupova: 14

#### Svojstva materijala:

Beton : C35/40  $f_{ck} = 35,00$  (MPa)

Uzdužna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

Poprečna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

#### Geometrija:

Pravokutni 40,0 x 60,0 (cm)

Visina:  $L = 8,82$  (m)

#### Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu:

Uzimanje u obzir učinaka drugog reda

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} \quad [MPa];$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{35 + 8} = 33282,28 \text{ Mpa}$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd}$$

$$E_{\phi} = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{33282,28}{1 + 1,5} = 13312,9 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,4 \cdot 0,6^3}{12} = 0,0072 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 8,82 = 12,348 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\phi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{13312,9 \cdot 1000 \cdot 0,0072}{12,348^2} = 6198,3 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} C_m = 1,0$$

$$\gamma = 1,5$$

-Uobičajena kombinacija 1 ( $N_{maks}; M_{pripadno}$ ):

$$N_{sd}^1 = 1107,45 \text{ kN}$$

$$M_{sd}^1 = 266,64 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1107,45}{6198,3}} = 1,36$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,36 \cdot 266,64 = 363,4 \text{ kNm}$$

- Izvanredna kombinacija 2 ( $N_{maks}; M_{pripadno}$ ):

$$N_{sd}^2 = 664,4 \text{ kN}$$

$$M_{sd}^2 = 170,3 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 664,4}{6198,3}} = 1,19$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,2 \cdot 170,3 = 204,6 \text{ kNm}$$

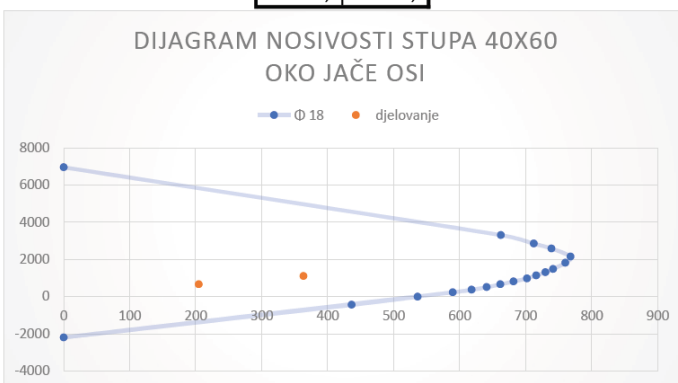
-konačne rezne sile za provjeru u dijagramu interakcije (nosivosti):

	Kombinacija 1	Kombinacija 2
$N_{sd}$	1107,45	664,4
$M_{sd}$	363,4	204,6

UNUTARNJI STUP  
Φ 18

Med	Ned	Med,izr	Ned,izr
0	1	536,2	0
1	1	436,3	-436,3
1	0	0	-2186,52
1	-0,4	589,31	235,73
1	-0,6	617,87	370,72
1	-0,8	640,89	512,71
1	-1	661,3	661,3
1	-1,2	681,5	817,7
1	-1,4	701,8	982,6
1	-1,6	715,7	1145,2
1	-1,8	729,93	1312,07
1	-2	741,26	1482,52
1	-2,4	760	1824
1	-2,8	767,94	2150,22
1	-3,5	739	2586,77
1	-4	712,2	2848,81
1	-5	662,39	3311,3
0	-5	0	6949,6

Med	Ned
363,4	1107,45
204,6	664,4



Slika 8.46. Dijagram interakcije za Φ 18

### 3.8.3. Dimenzioniranje stupa S2 presjeka 50 x 50:

Broj jednakih stupova: 4

#### Svojstva materijala:

Beton : C35/40  $f_{ck} = 35,00$  (MPa)

Uzdužna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

Poprečna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

#### Geometrija:

Pravokutni 50,0 x 50,0 (cm)

Visina: L = 8,82 (m)

#### Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu:

uzimanje u obzir učinaka drugog reda

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} \quad [MPa];$$

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{35 + 8} = 33282,28 \text{ Mpa}$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd}$$

$$E_{\phi} = \frac{E}{1 + \phi} = \frac{33282,28}{1 + 1,5} = 13312,9 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 0,5^3}{12} = 0,0052 \text{ m}^4$$

$$l_i = 1,4 \cdot h_{stupa} = 1,4 \cdot 8,82 = 12,348 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_{\phi} \cdot I}{l_i^2} = \pi^2 \cdot \frac{13312,9 \cdot 1000 \cdot 0,0052}{12,348^2} = 4476,53 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} \quad C_m = 1,0$$



$$\gamma = 1,5$$

-Uobičajena kombinacija 1 ( $N_{maks}; M_{pripadno}$ ):

$$N_{Sd}^1 = 34,8 \text{ kN}$$

$$M_{Sd}^1 = 196,47 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 34,8}{4476,53}} = 1,01$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,01 \cdot 196,47 = 197 \text{ kNm}$$

- Izvanredna kombinacija 2 ( $N_{maks}; M_{pripadno}$ ):

$$N_{Sd}^2 = 41,67 \text{ kN}$$

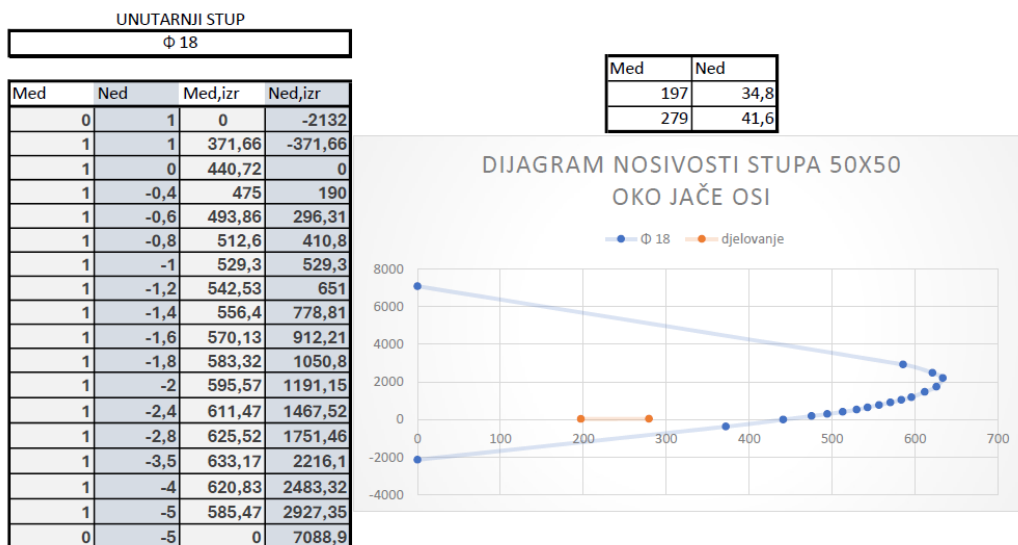
$$M_{Sd}^2 = 278,43 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot N_{sd}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 41,67}{4476,53}} = 1,01$$

$$M_{sd,s} = \psi \cdot M_{sd} = 1,01 \cdot 278,43 = 279 \text{ kNm}$$

-konačne rezne sile za provjeru u dijagramu interakcije (nosivosti):

	Kombinacija 1	Kombinacija 2
$N_{sd}$	34,8	41,67
$M_{sd}$	197	279



Slika 8.47. Dijagram interakcije za Φ 18

### 3.8.4. Dimenzioniranje Kontrafora K1 presjeka 30 x 120:

Broj jednakih kontrafora: 3

#### Svojstva materijala:

Beton : C35/40  $f_{ck} = 35,00$  (MPa)

Uzdužna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

Poprečna armatura: : B500B  $f_{yk} = 500,00$  (MPa)

#### Geometrija:

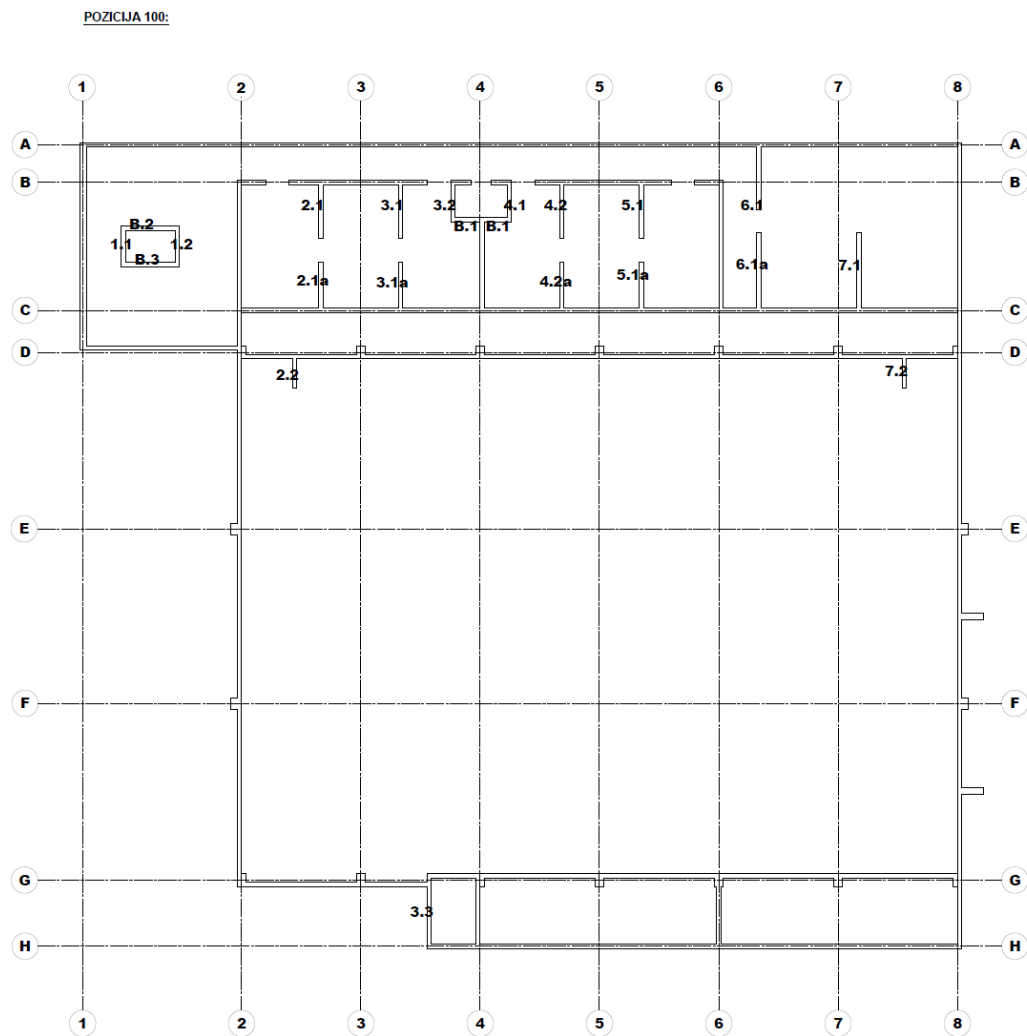
Pravokutni 30,0 x 120,0 (cm)

Visina: L = 5,62 (m)

Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu:

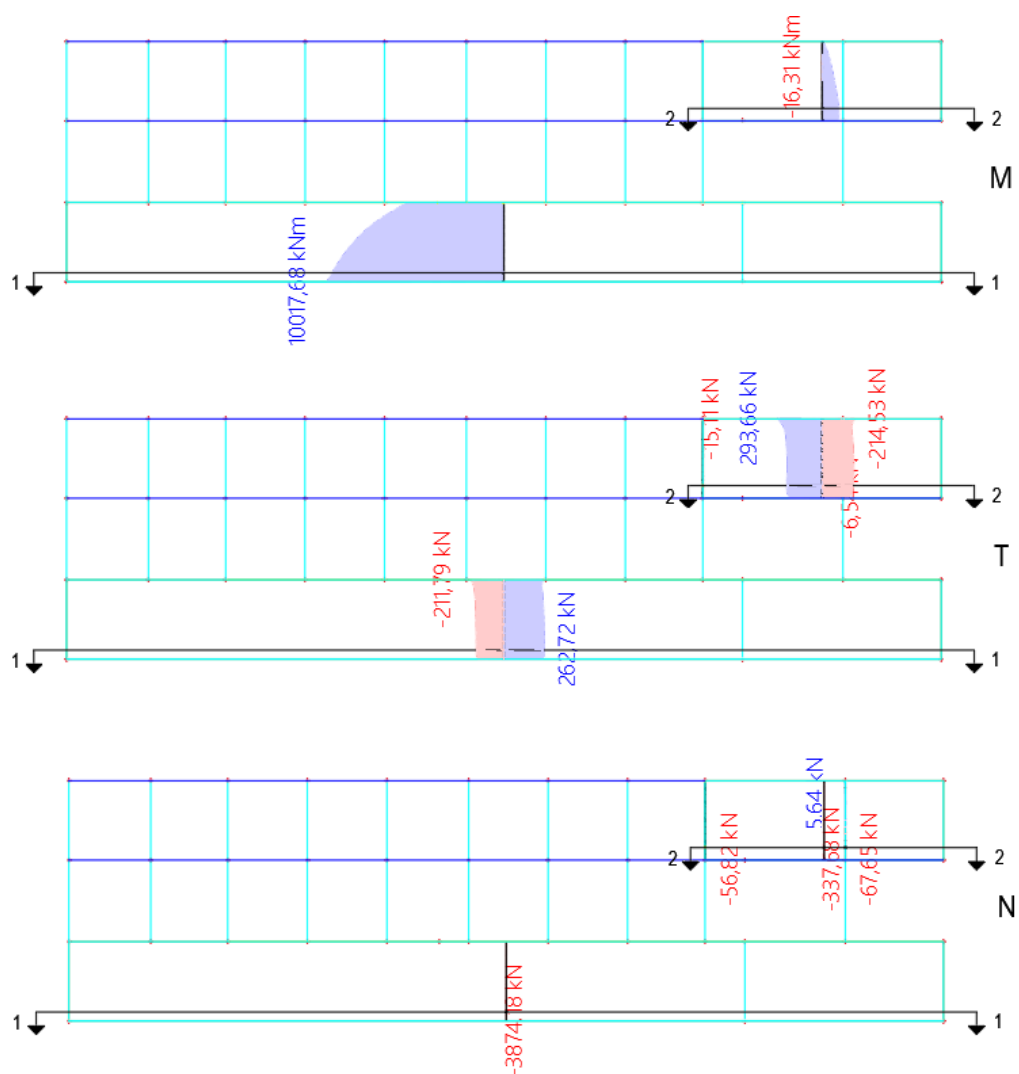
<b>Materijali:</b>			
C 35/40	$f_{ck}$	35,00 Mpa	
	$f_{cd}$	23,33 Mpa	
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa	
	$f_{yd}$	434,78 Mpa	
	$N_{Ed}$	36,00 kN	
	$M_{Ed}$	990,00 kNm	
		$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$	
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>	
$b_w$	30,00 cm	$\omega$	0,126
$h$	120,00 cm	$\mu_{Ed}$	0,117
$d_1 (d_2)$	10,00 cm	$\epsilon_{s2}$	2,2
$d$	110,00 cm	$\xi$	0,180
$x$	19,80 cm	$\zeta$	0,931
$\epsilon_{s1}$	10,00	$A_{s1}$	21,83 cm <sup>2</sup>
$\mu_{Ed}$	0,117	<b>USVOJENO</b>	<b>25,13 cm<sup>2</sup> 8Φ20</b>
$\mu_{Ed,lim}$	0,187 kNm		
$M_{Ed,lim}$	1583,89 kNm		
$M_{Ed,s}$	<b>972 kNm</b>		

### 3.9. Geometrija i proračunski model zidova

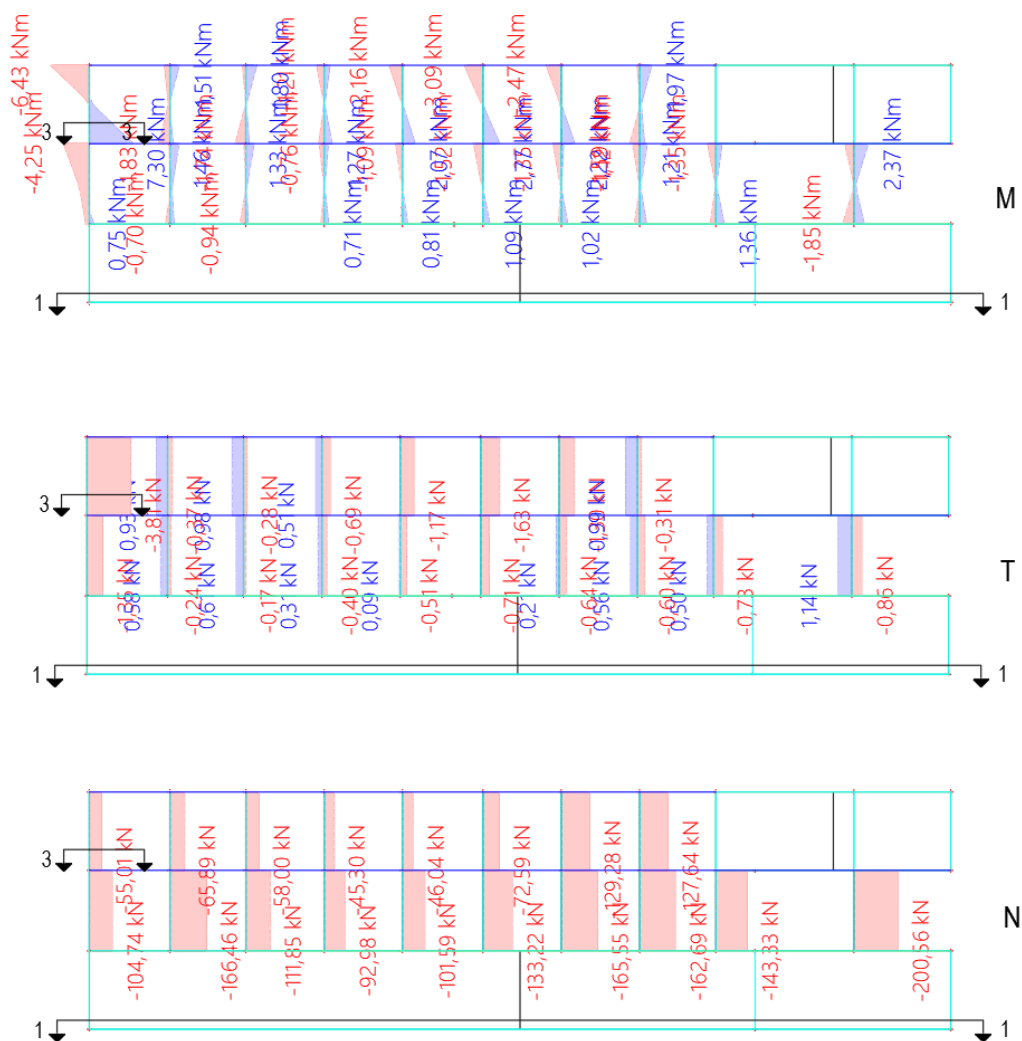


Slika 8.48. Proračunska shema zidova

### 3.9.1. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi A

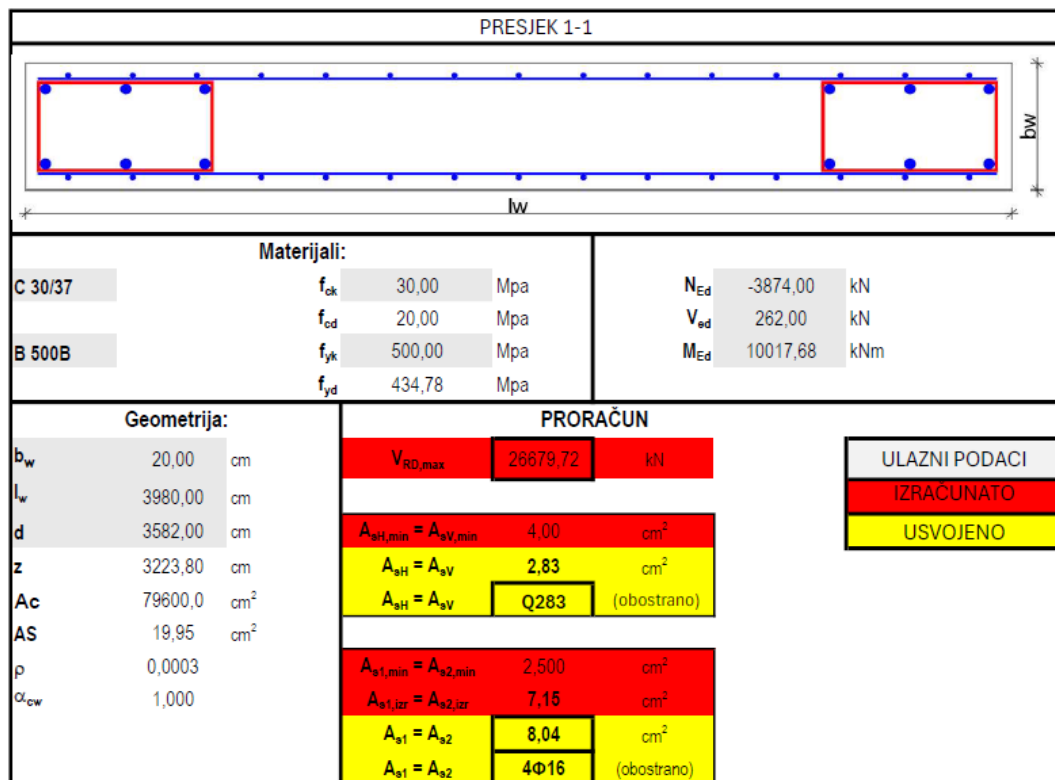


Slika 8.49. Prikaz rezultata u zidu u osi A-prvi dio

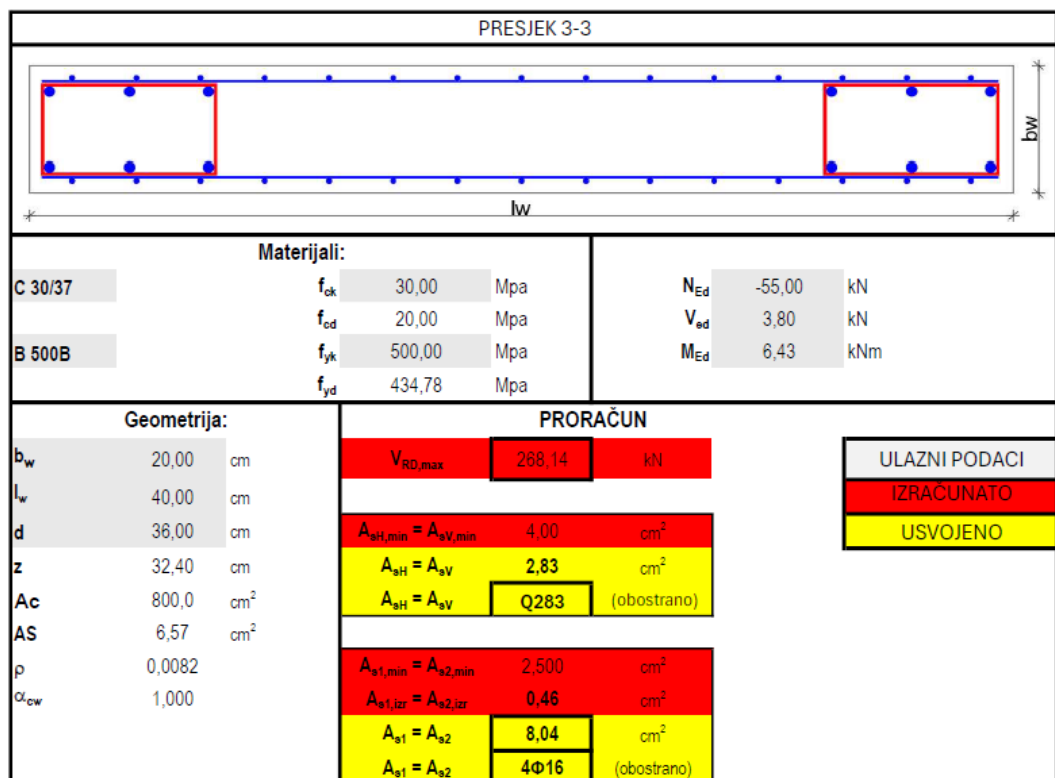


Slika 8.50. Prikaz rezultata u zidu u osi A-drugi dio

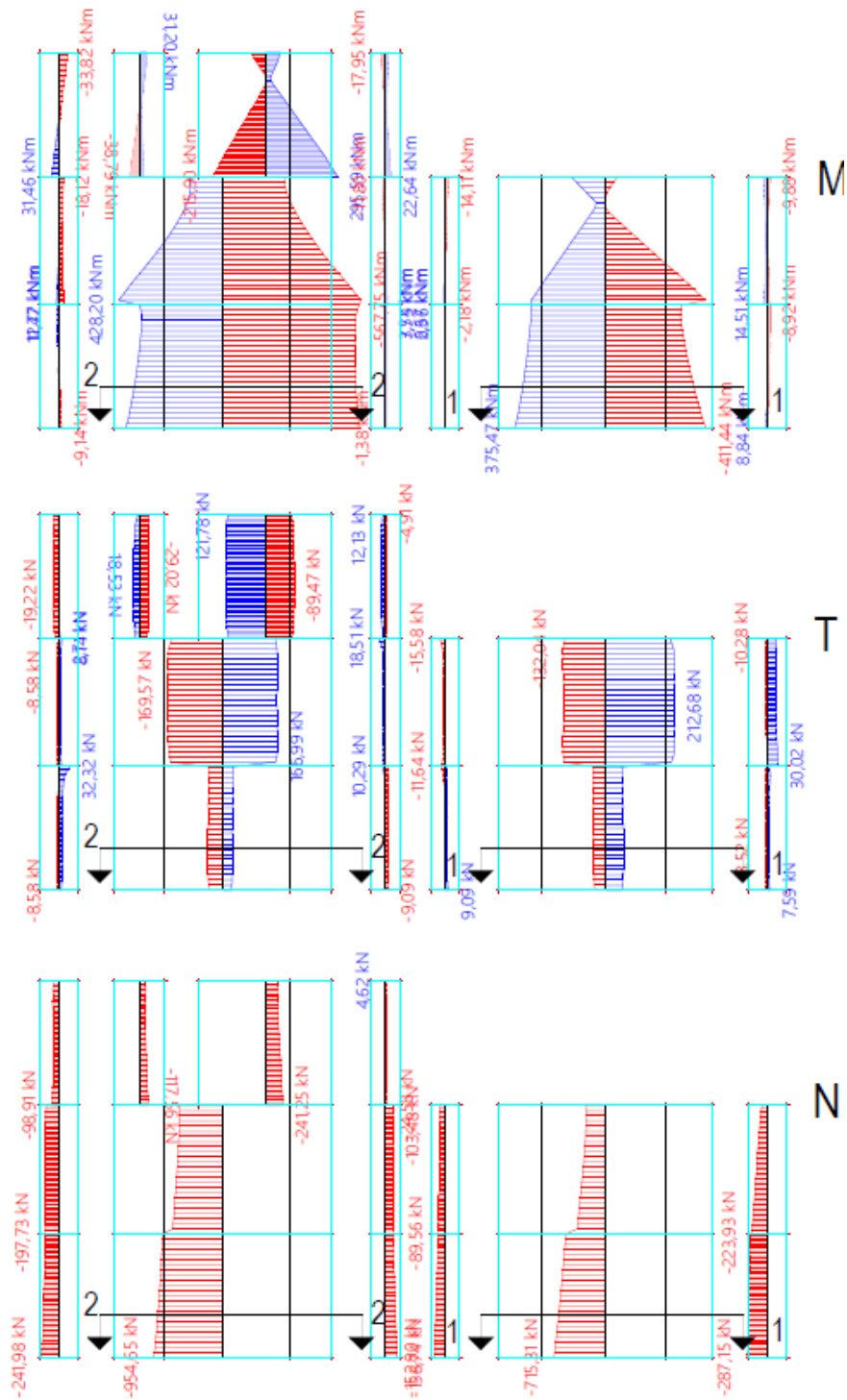
Dimenzioniranje zida u osi A u presjeku 1-1:



Dimenzioniranje zida u osi A u presjeku 3-3:

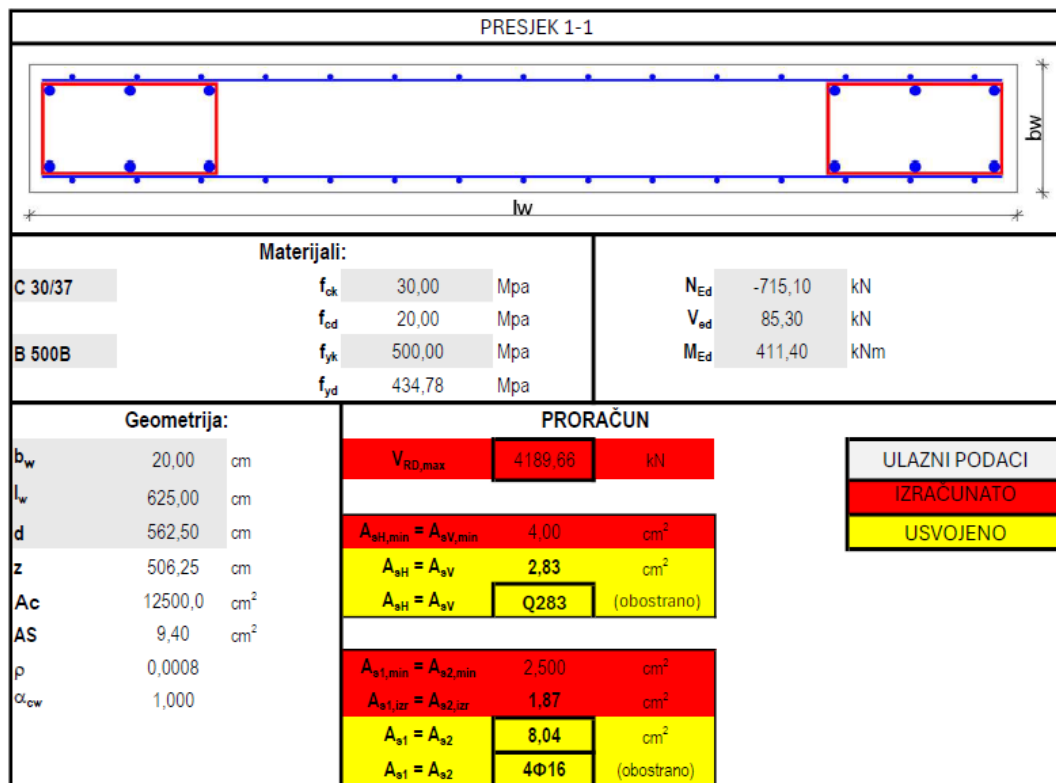


### 3.9.2. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B

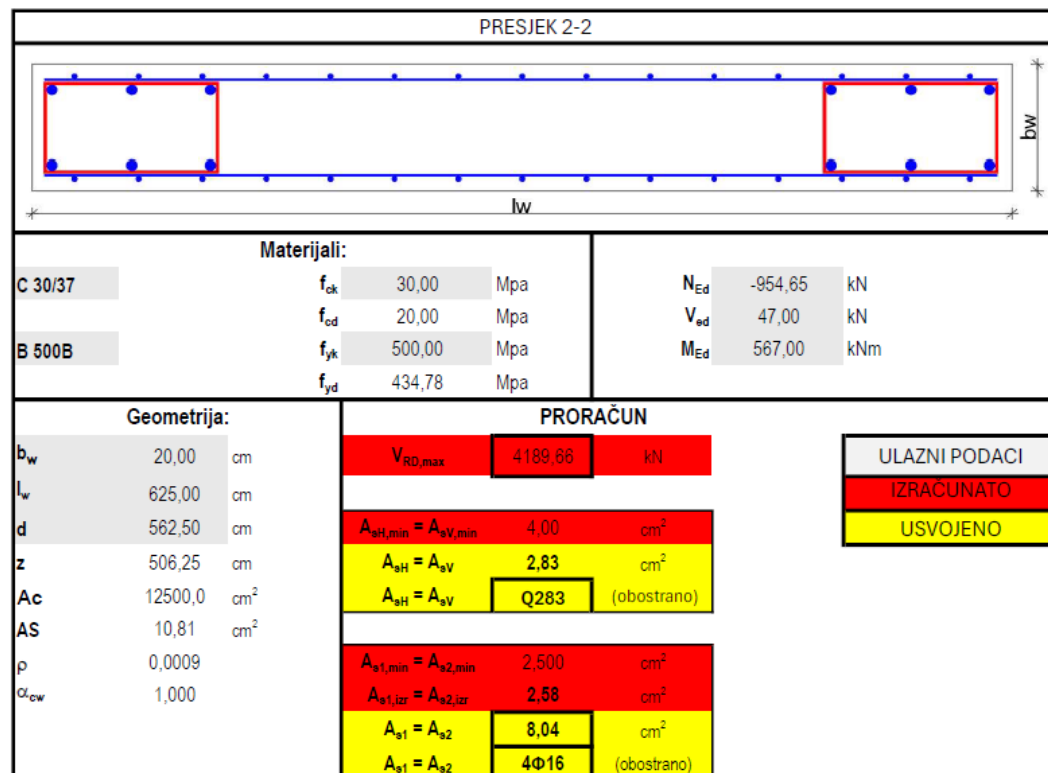


Slika 8.51. Prikaz rezultata u zidu u osi B

Dimenzioniranje zida u osi B u presjeku 1-1:

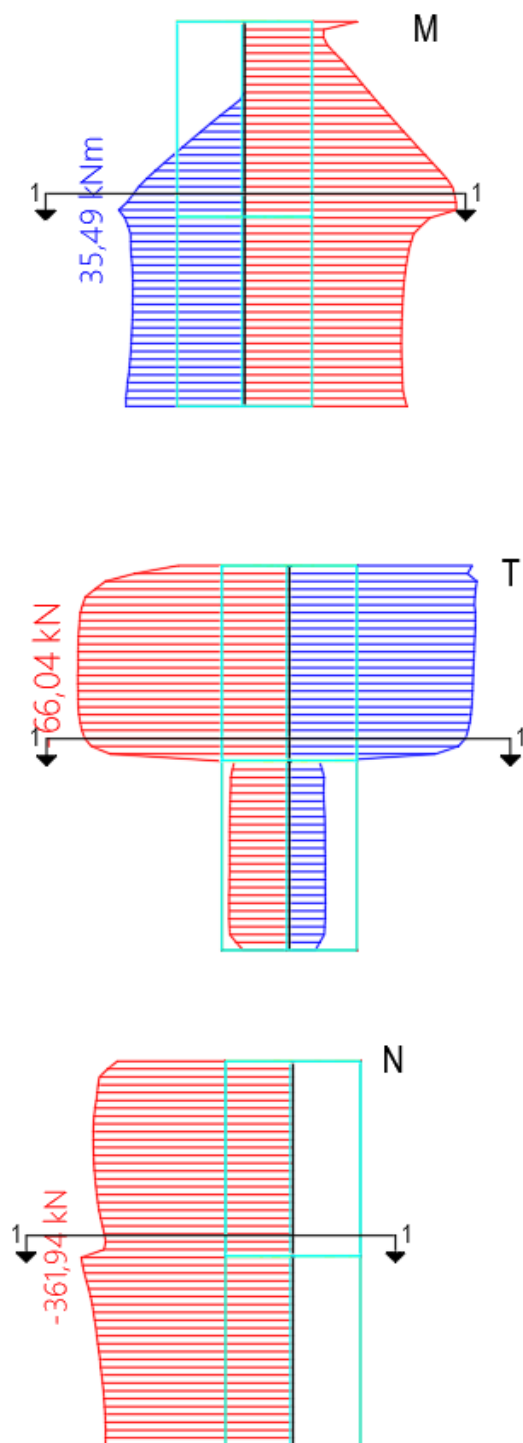


Dimenzioniranje zida u osi B u presjeku 2-2:





### 3.9.3. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B1

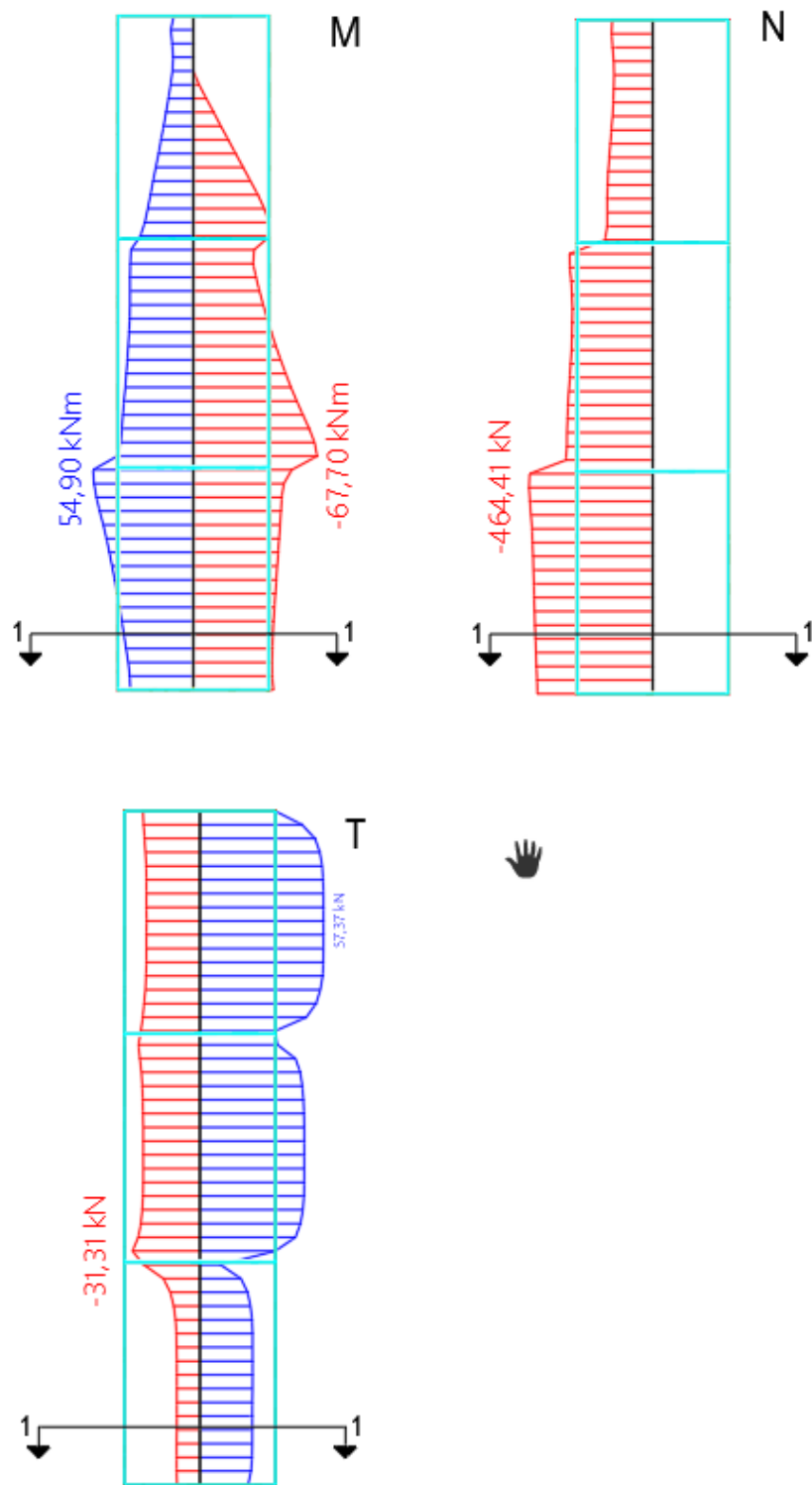


Slika 8.52. Prikaz rezultata u zidu B1

Dimenzioniranje zida B1 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-361,94	kN			
	$V_{Ed}$	66,00	kN			
	$M_{Ed}$	35,50	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						
$l_w$	255,00	cm				
$d$	229,50	cm				
$z$	206,55	cm				
$A_c$	5100,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	6,45	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0013					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	1709,38	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	0,40	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			

### 3.9.4. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B2

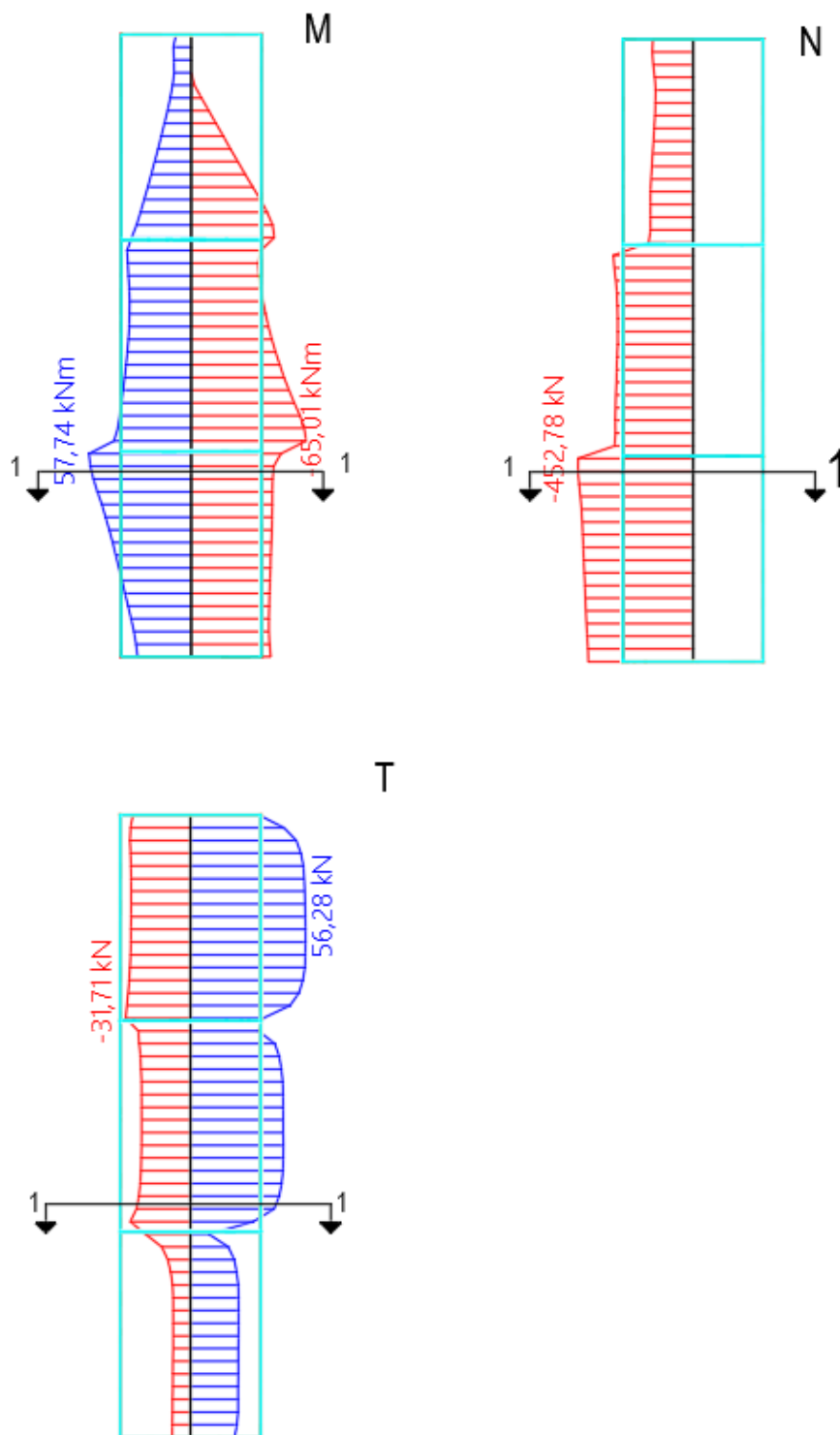


Slika 8.53. Prikaz rezultata u zidu B2

Dimenzioniranje zida B2 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -464,00 kN			
	$f_{ed}$	20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 31,00 kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 67,70 kNm			
	$f_{yd}$	434,78 Mpa				
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	1709,38 kN			
$l_w$	255,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	229,50 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	206,55 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	5100,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$A_s$	7,17 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	0,75 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0014	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRAČUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.5. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi B3

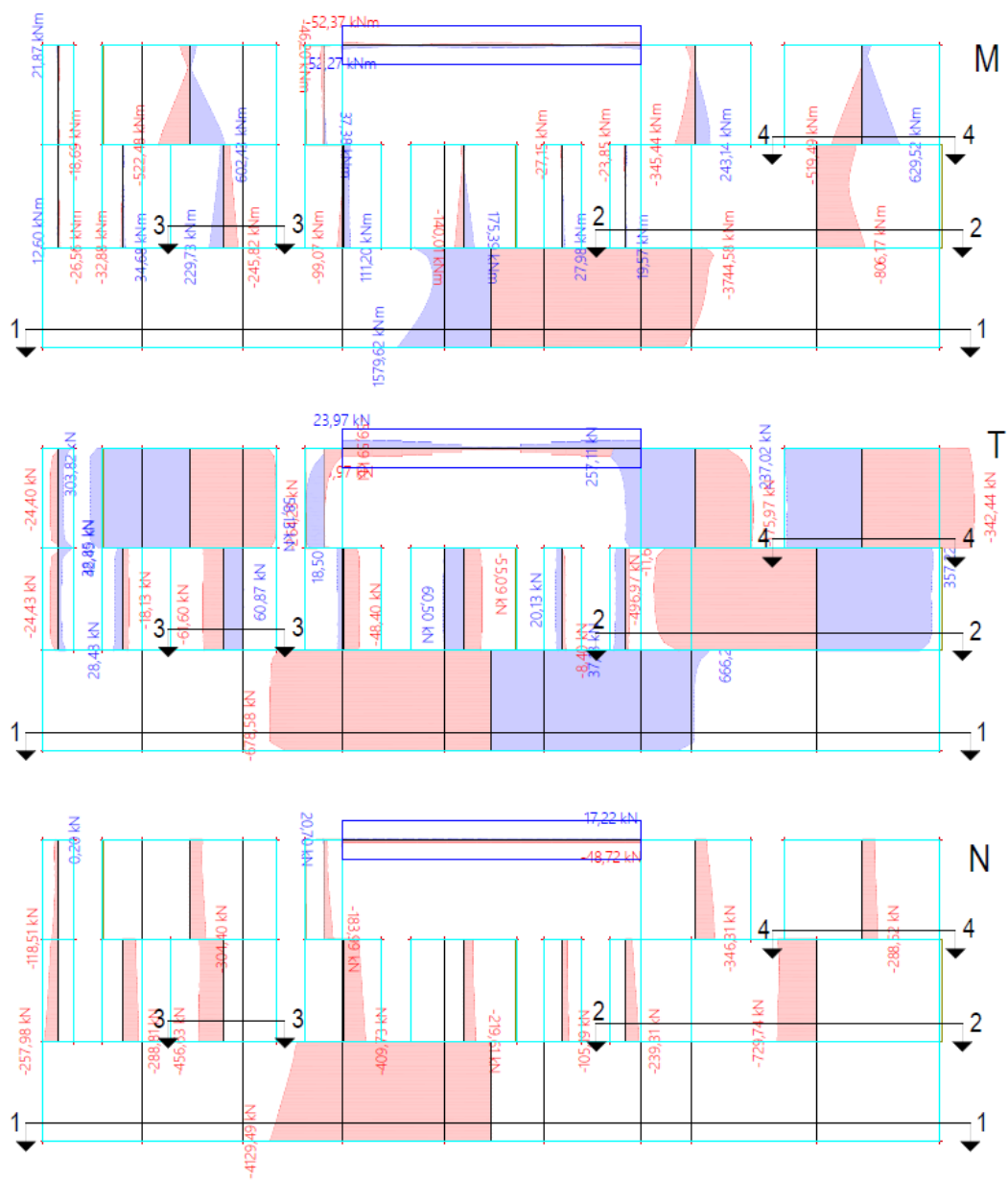


Slika 8.54. Prikaz rezultata u zidu B3

Dimenzioniranje zida B3 u presjeku 1-1:

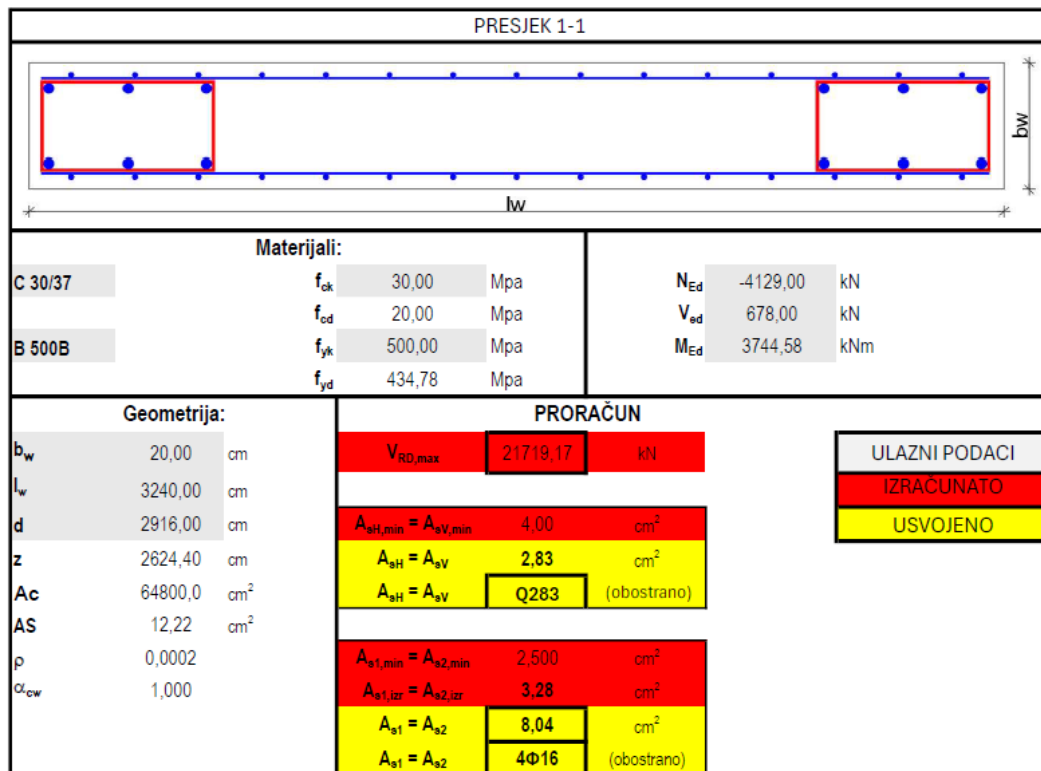
PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -452,70 kN			
	$f_{od}$	20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 46,00 kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 65,00 kNm			
	$f_{yd}$	434,78 Mpa				
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	1709,38 kN			
$l_w$	255,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	229,50 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	206,55 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	5100,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$A_s$	7,11 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	0,72 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0014	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRAČUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.6. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi C

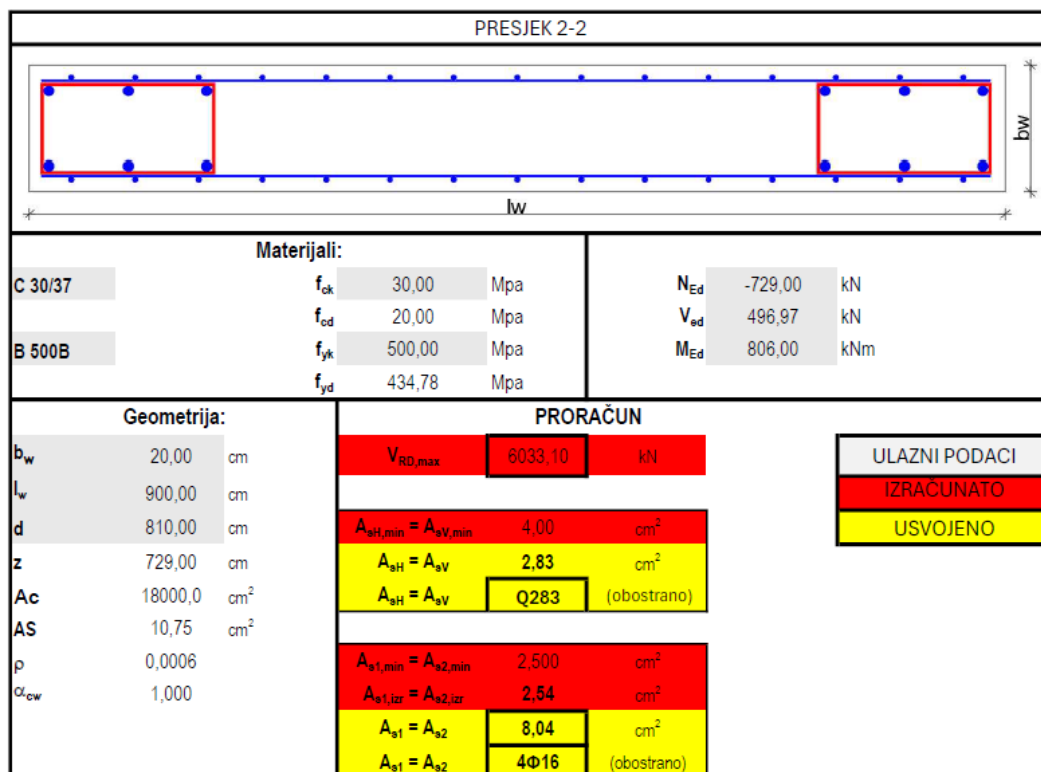


Slika 8.55. Prikaz rezultata u zidu u osi C

Dimenzioniranje zida u osi C u presjeku 1-1:



Dimenzioniranje zida u osi C u presjeku 2-2:

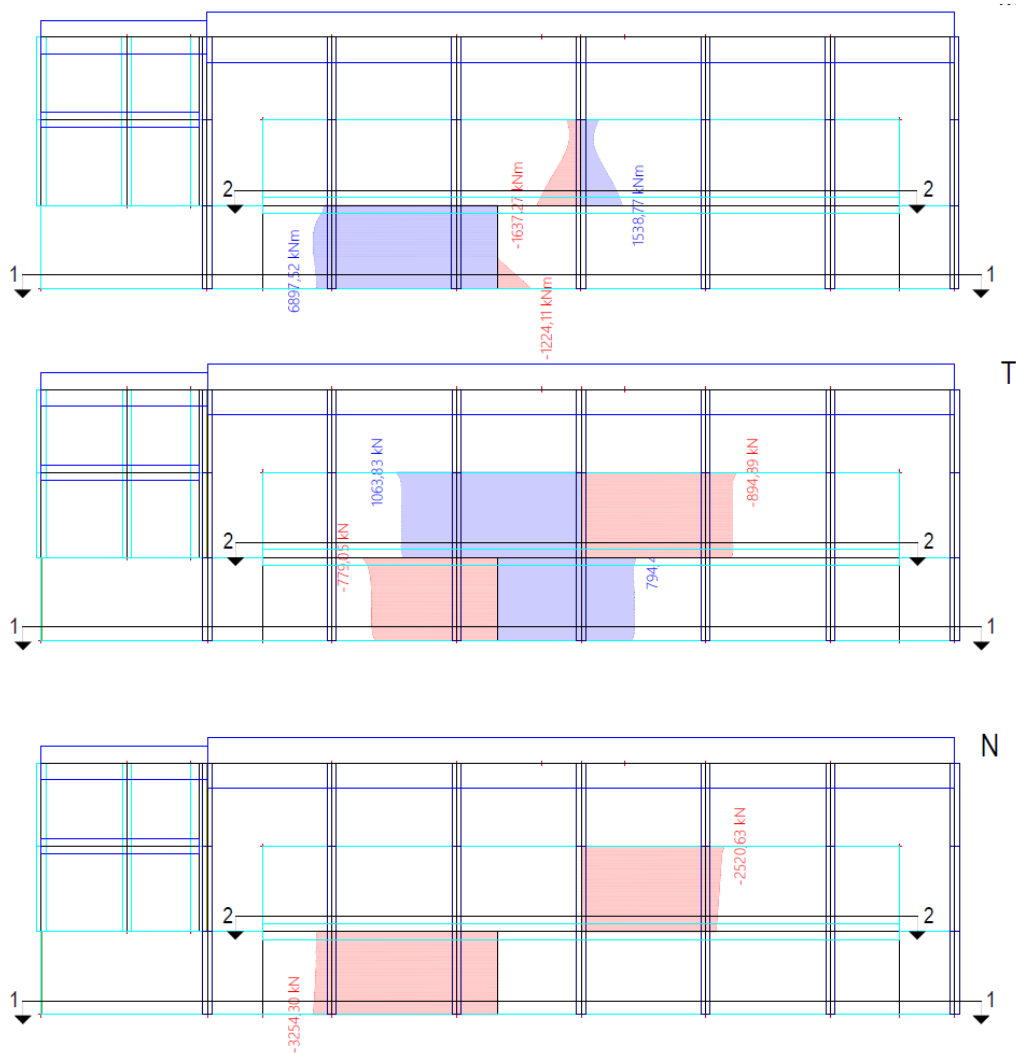




Dimenzioniranje zida u osi C u presjeku 3-3:

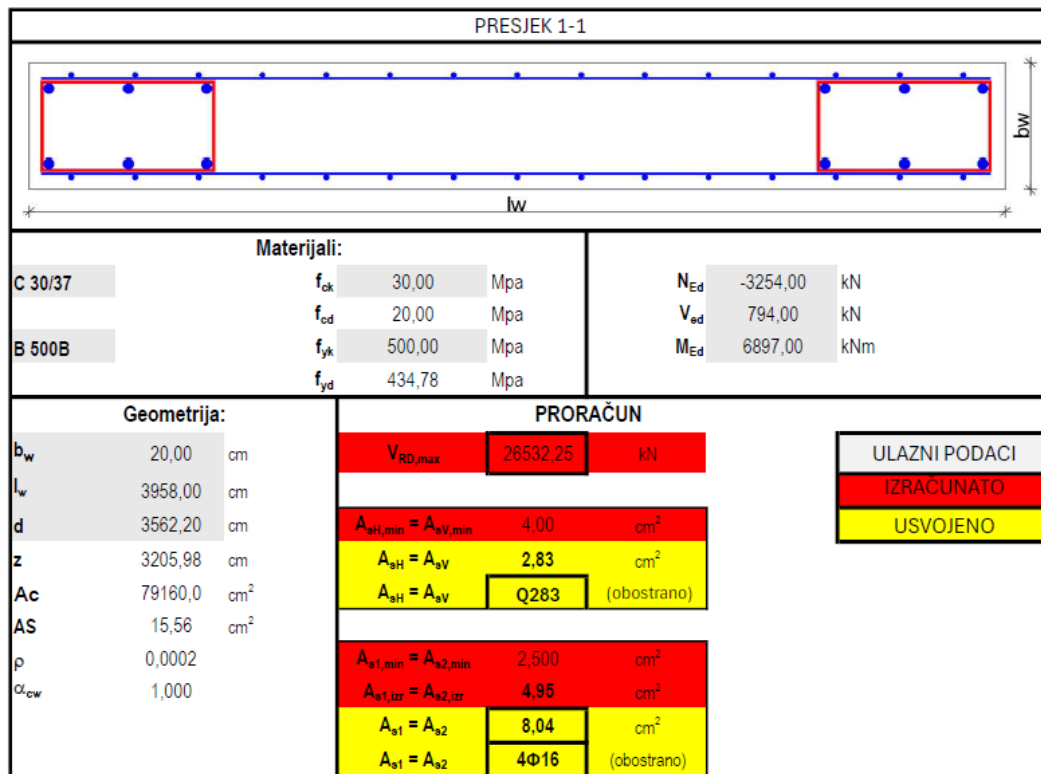
PRESJEK 3-3						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ok}$	30,00	Mpa			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-456,30	kN			
	$V_{Ed}$	61,80	kN			
	$M_{Ed}$	245,00	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRACUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						
$l_w$	385,00	cm				
$d$	346,50	cm				
$z$	311,85	cm				
$A_c$	7700,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	9,27	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0012					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	2580,83	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,81	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			

### 3.9.7. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi D

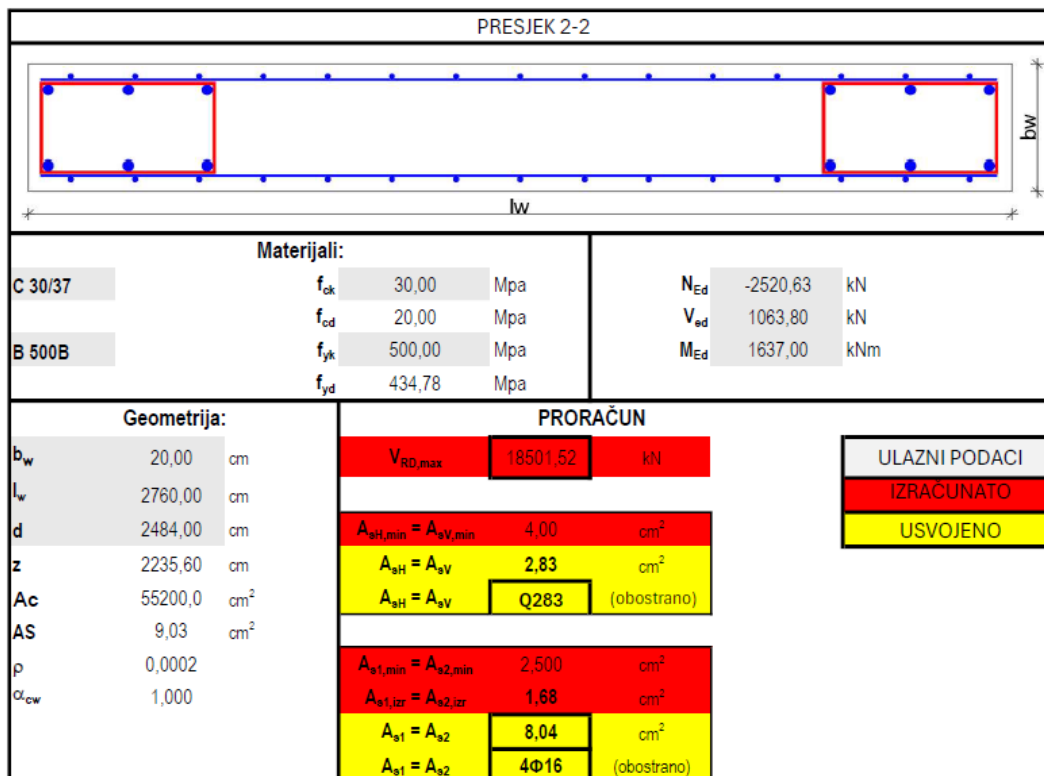


Slika 8.56. Prikaz rezultata u zidu u osi D

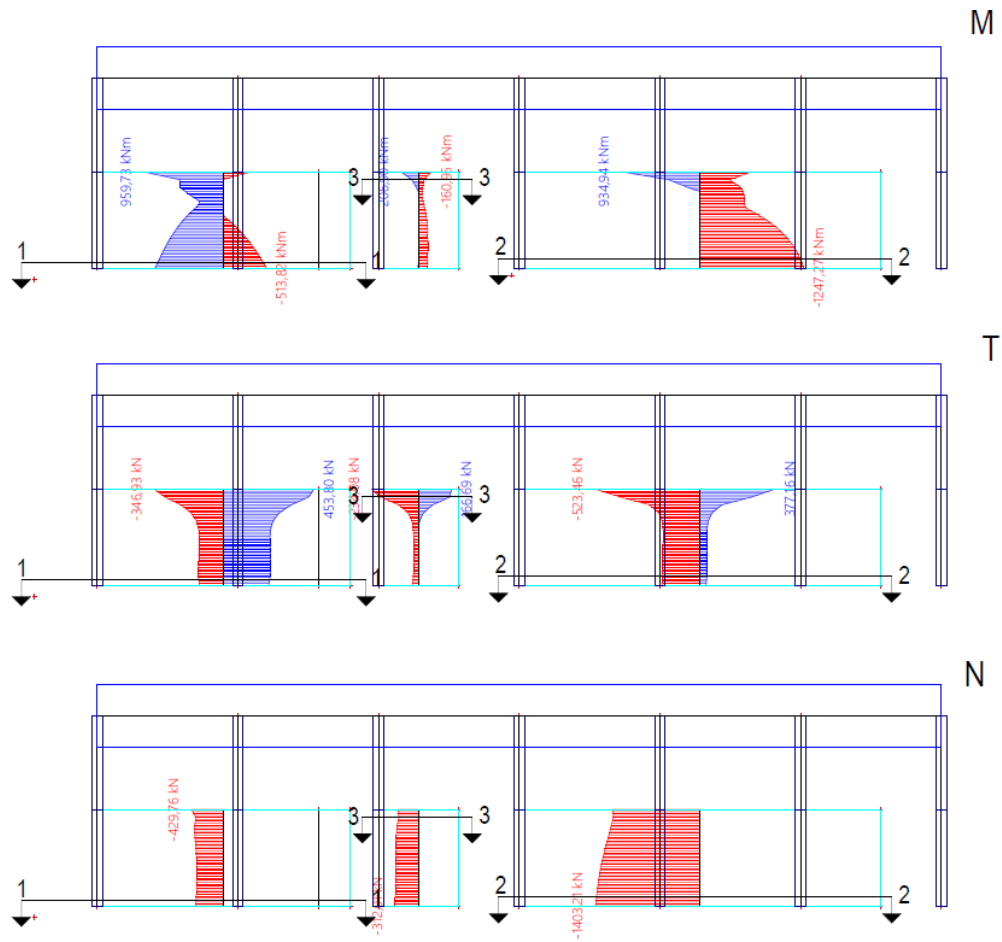
Dimenzioniranje zida u osi D u presjeku 1-1:



Dimenzioniranje zida u osi D u presjeku 2-2:



### 3.9.9. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi G



Slika 8.57. Prikaz rezultata u zidu u osi G

Dimenzioniranje zida u osi G u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1								
<b>Materijali:</b>								
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa	$N_{Ed}$	-429,76 kN			
	$f_{od}$	20,00	Mpa	$V_{Ed}$	453,00 kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa	$M_{Ed}$	959,73 kNm			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>						
$b_w$	20,00	cm	$V_{RD,max}$	6502,34	kN			
$l_w$	970,00	cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
$d$	873,00	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
$z$	785,70	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
$A_c$	19400,0	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
$AS$	11,28	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	2,81	cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0006		$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000		$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			
			<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>			ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI								
IZRAČUNATO								
USVOJENO								

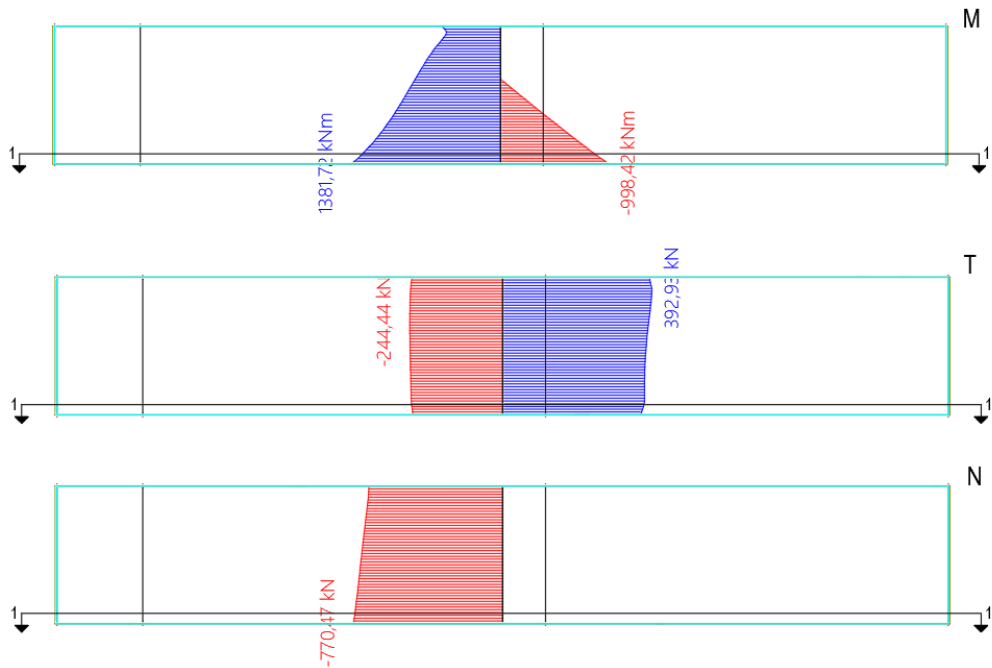
Dimenzioniranje zida u osi G u presjeku 2-2:

PRESJEK 2-2								
<b>Materijali:</b>								
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa	$N_{Ed}$	-1403,21 kN			
	$f_{od}$	20,00	Mpa	$V_{Ed}$	523,46 kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa	$M_{Ed}$	1247,27 kNm			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>						
$b_w$	20,00	cm	$V_{RD,max}$	9284,28	kN			
$l_w$	1385,00	cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
$d$	1246,50	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
$z$	1121,85	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
$A_c$	27700,0	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
$AS$	10,77	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	2,56	cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0004		$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000		$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			
			<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>			ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI								
IZRAČUNATO								
USVOJENO								

Dimenzioniranje zida u osi G u presjeku 3-3:

PRESJEK 3-3						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa			
	$f_{od}$	20,00	Mpa			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-312,00	kN			
	$V_{Ed}$	234,00	kN			
	$M_{Ed}$	206,90	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRACUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						
$l_w$	305,00	cm				
$d$	274,50	cm				
$z$	247,05	cm				
$A_c$	6100,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	9,51	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0016					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	2044,55	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,93	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			

### 3.9.10. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi H

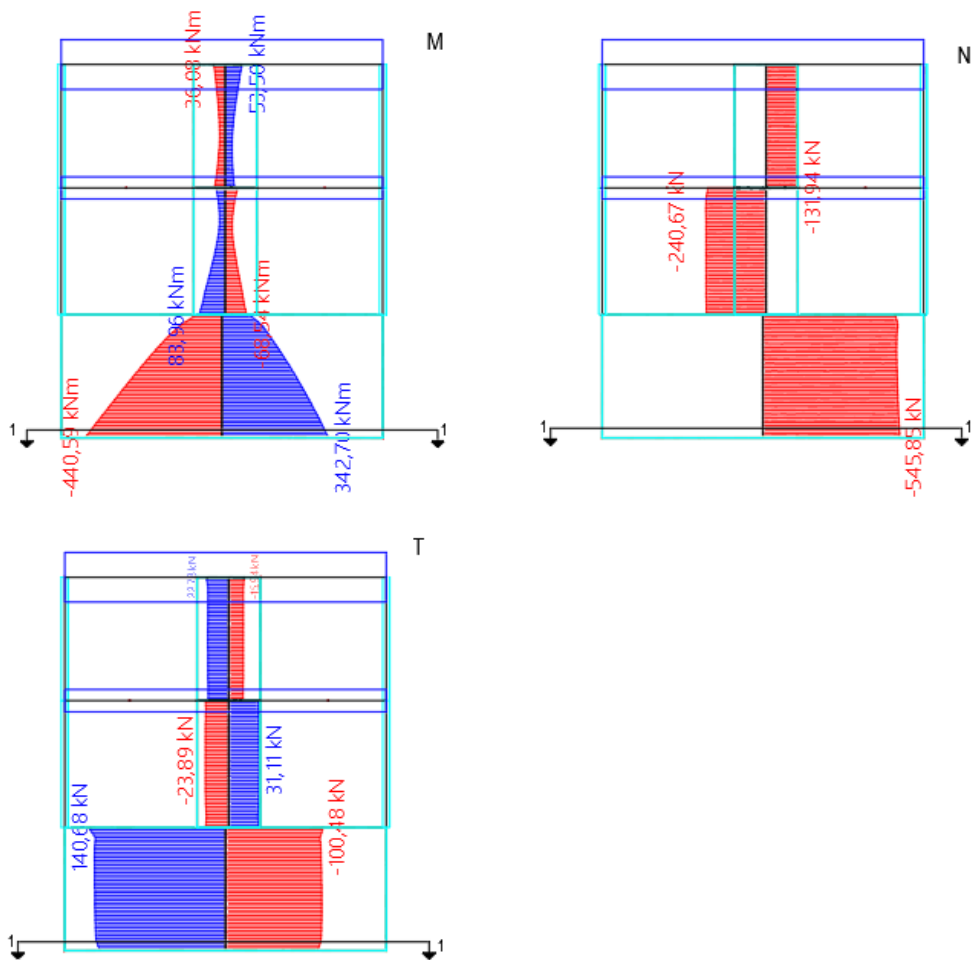


Slika 8.58. Prikaz rezultata u zidu u osi H

Dimenzioniranje zida u osi H u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -770,00 kN				
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 392,00 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 1381,72 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	16088,28 kN			
$l_w$	2400,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	2160,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	1944,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$Ac$	48000,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$AS$	8,93 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,63 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0002	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.11. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1



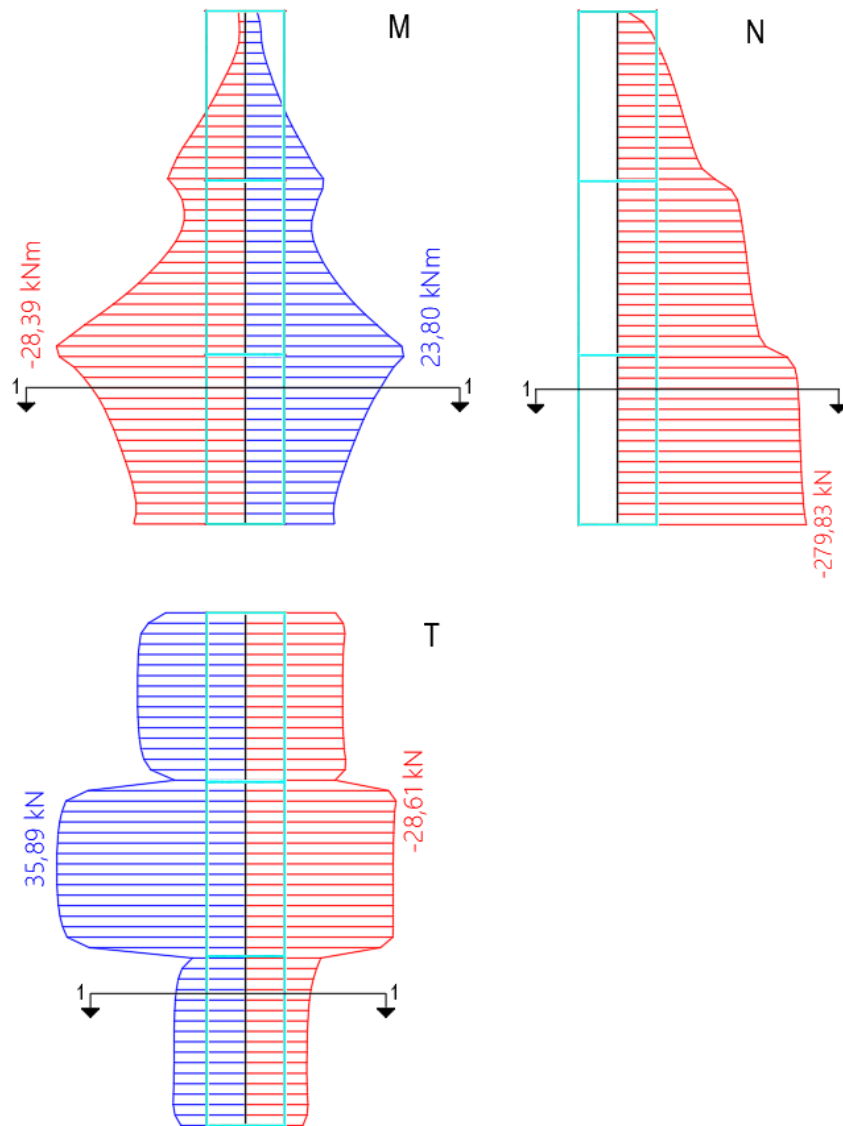
Slika 8.59. Prikaz rezultata u zidu u osi 1



Dimenzioniranje zida u osi 1 u presjeku 1-1:

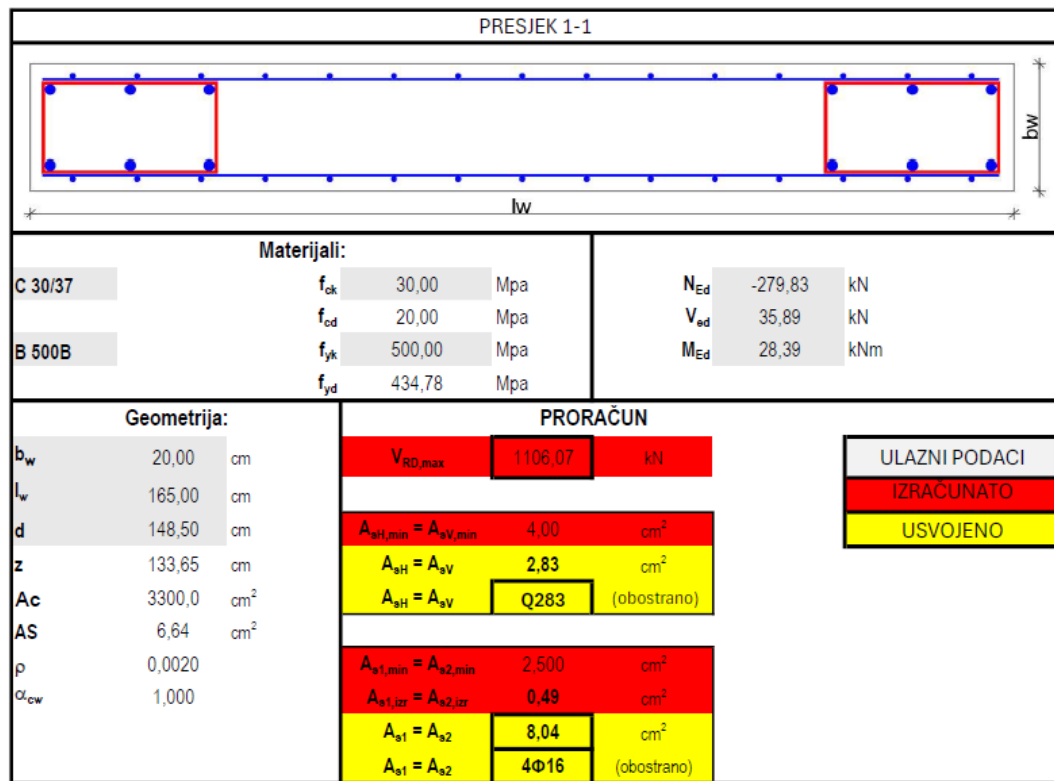
PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -545,86 kN				
	$f_{ed}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 140,68 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 440,59 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	6301,24 kN			
$l_w$	940,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	846,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	761,40 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	18800,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$A_s$	8,32 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,33 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0004	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRACUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.12. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1.1

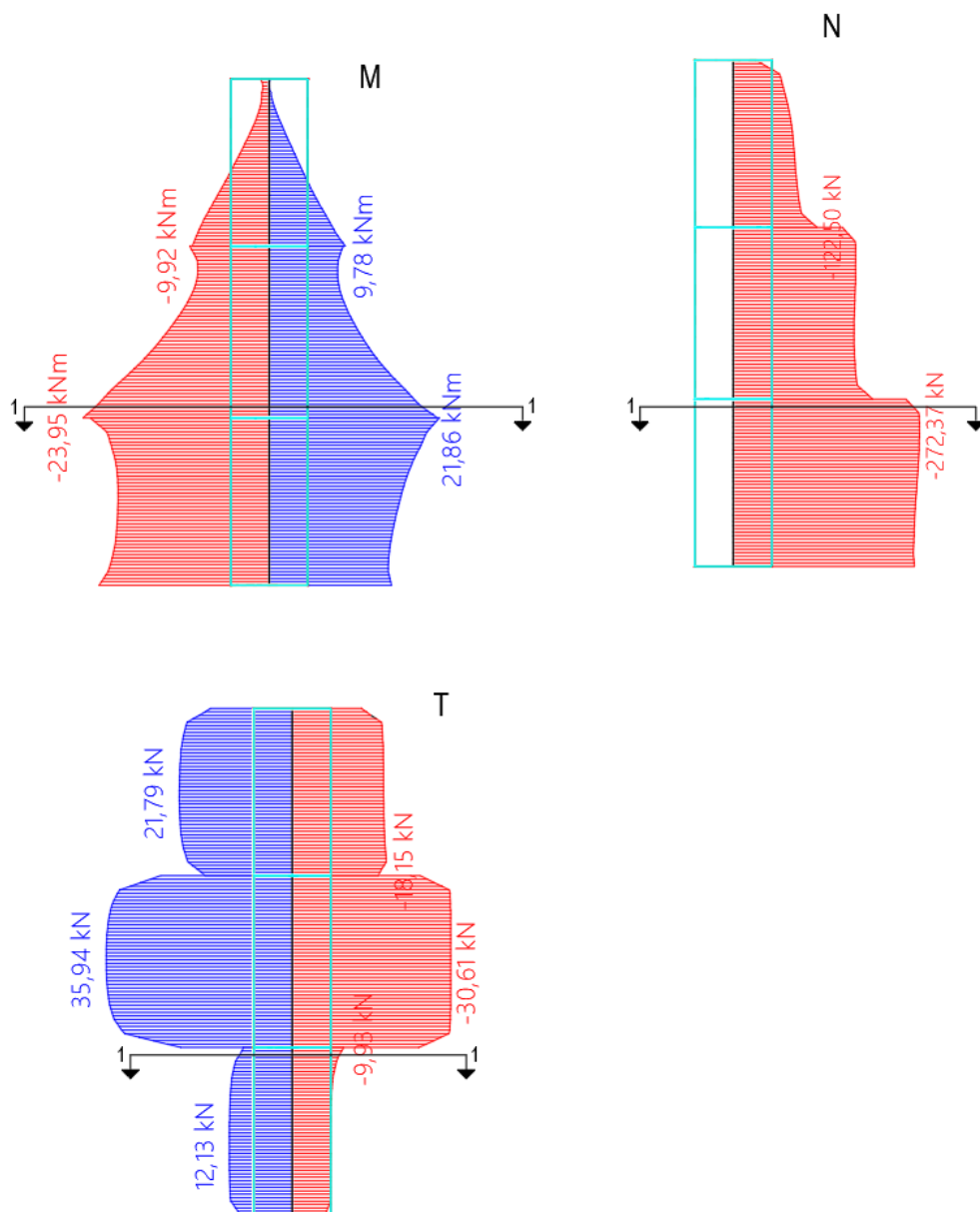


Slika 8.60. Prikaz rezultata u zidu u osi 1.1

Dimenzioniranje zida u osi 1.1 u presjeku 1-1:



### 3.9.13. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 1.2

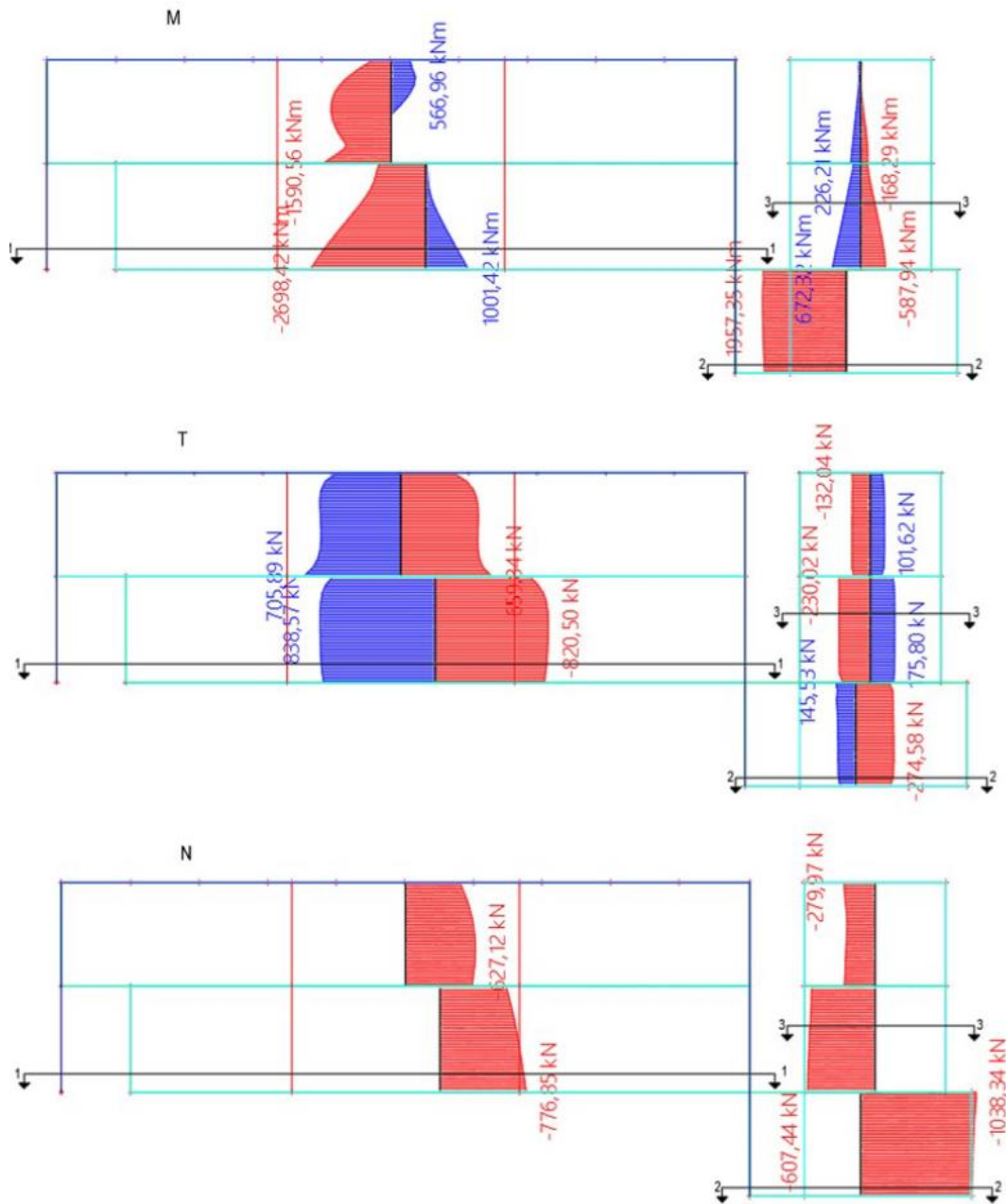


Slika 8.61. Prikaz rezultata u zidu u osi 1.2

Dimenzioniranje zida u osi 1.2 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-279,83	kN			
	$V_{Ed}$	12,10	kN			
	$M_{Ed}$	23,95	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm				
$l_w$	165,00	cm				
$d$	148,50	cm				
$z$	133,65	cm				
$A_c$	3300,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	6,48	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0020					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	1106,07	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	0,41	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			
	<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRACUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>			ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.14. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 2



Slika 8.62. Prikaz rezultata u zidu u osi 2

Dimenzioniranje zida u osi 2 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1															
<b>Materijali:</b>															
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -776,00 kN													
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 838,00 kN													
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 2698,00 kNm													
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa														
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>													
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	14412,41 kN												
$l_w$	2150,00 cm														
$d$	1935,00 cm														
$z$	1741,50 cm														
$A_c$	43000,0 cm <sup>2</sup>														
$A_s$	12,79 cm <sup>2</sup>														
$\rho$	0,0003														
$\alpha_{cw}$	1,000														
		<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO									
ULAZNI PODACI															
IZRAČUNATO															
USVOJENO															
		<table border="1"> <tr><td><math>A_{sH,min} = A_{sV,min}</math></td><td>4,00</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{sH} = A_{sV}</math></td><td>2,83</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{sH} = A_{sV}</math></td><td>Q283</td><td>(obostrano)</td></tr> </table>		$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>													
$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>													
$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)													
		<table border="1"> <tr><td><math>A_{s1,min} = A_{s2,min}</math></td><td>2,500</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1,izr} = A_{s2,izr}</math></td><td>3,56</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1} = A_{s2}</math></td><td>8,04</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1} = A_{s2}</math></td><td>4Φ16</td><td>(obostrano)</td></tr> </table>		$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	3,56	cm <sup>2</sup>	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)
$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	3,56	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)													

Dimenzioniranje zida u osi 2 u presjeku 2-2:

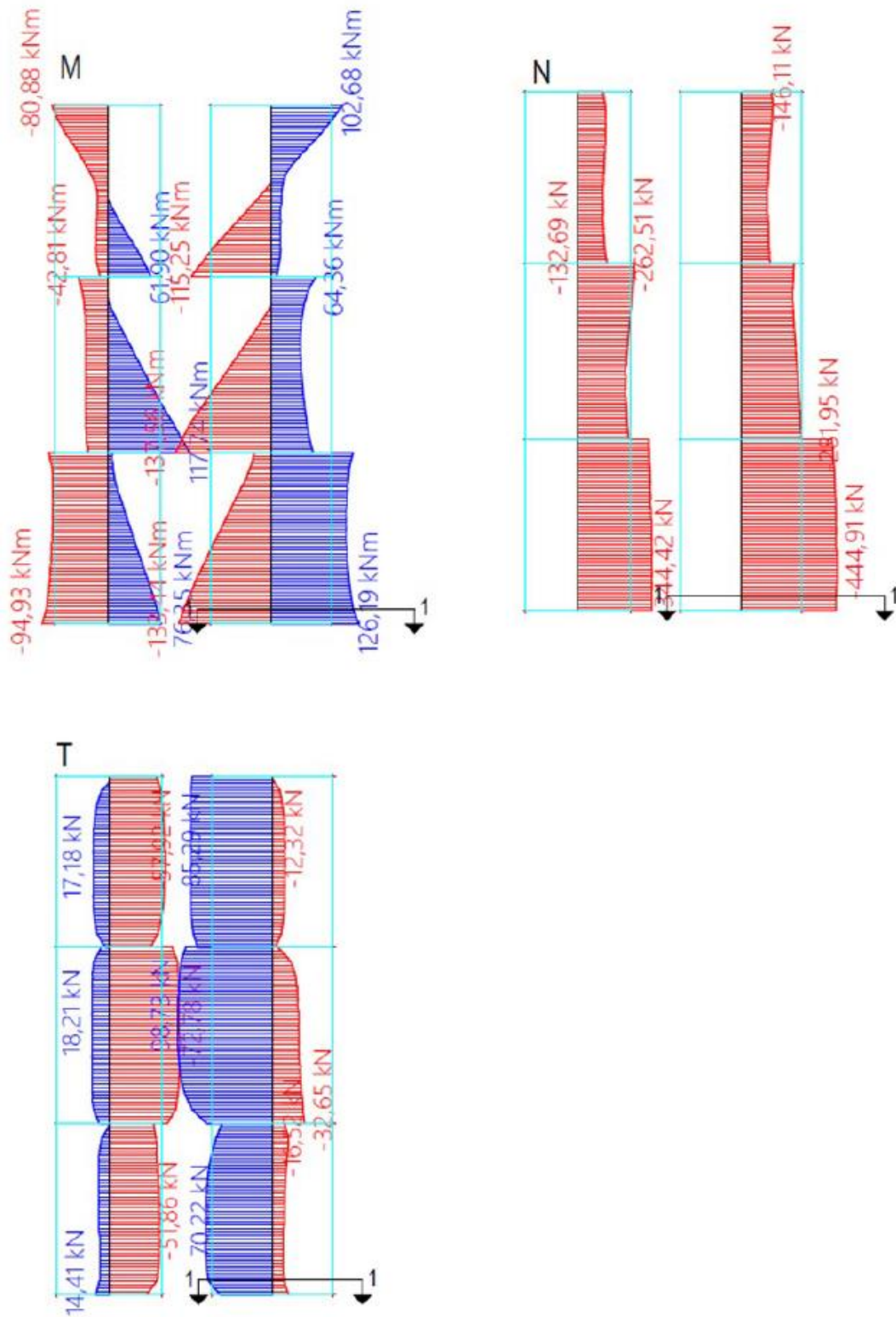
PRESJEK 2-2															
<b>Materijali:</b>															
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -1038,00 kN													
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 275,00 kN													
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 1957,00 kNm													
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa														
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>													
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	5161,66 kN												
$l_w$	770,00 cm														
$d$	693,00 cm														
$z$	623,70 cm														
$A_c$	15400,0 cm <sup>2</sup>														
$A_s$	20,09 cm <sup>2</sup>														
$\rho$	0,0013														
$\alpha_{cw}$	1,000														
		<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO									
ULAZNI PODACI															
IZRAČUNATO															
USVOJENO															
		<table border="1"> <tr><td><math>A_{sH,min} = A_{sV,min}</math></td><td>4,00</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{sH} = A_{sV}</math></td><td>2,83</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{sH} = A_{sV}</math></td><td>Q283</td><td>(obostrano)</td></tr> </table>		$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>													
$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>													
$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)													
		<table border="1"> <tr><td><math>A_{s1,min} = A_{s2,min}</math></td><td>2,500</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1,izr} = A_{s2,izr}</math></td><td>7,22</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1} = A_{s2}</math></td><td>8,04</td><td>cm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td><math>A_{s1} = A_{s2}</math></td><td>4Φ16</td><td>(obostrano)</td></tr> </table>		$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	7,22	cm <sup>2</sup>	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)
$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	7,22	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>													
$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)													

Dimenzioniranje zida u osi 2 u presjeku 3-3:

PRESJEK 3-3			
<b>Materijali:</b>			
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa
	$f_{cd}$	20,00	Mpa
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa
	$f_{yd}$	434,78	Mpa
	$N_{Ed}$	-607,00	kN
	$V_{Ed}$	230,00	kN
	$M_{Ed}$	587,00	kNm
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>	
$b_w$	20,00	cm	
$l_w$	490,00	cm	
$d$	441,00	cm	
$z$	396,90	cm	
$A_c$	9800,0	cm <sup>2</sup>	
$A_s$	12,46	cm <sup>2</sup>	
$\rho$	0,0013		
$\alpha_{cw}$	1,000		
	$V_{RD,max}$	3284,69	kN
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	3,40	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)
<b>ULAZNI PODACI</b>			
<b>IZRAČUNATO</b>			
<b>USVOJENO</b>			



### 3.9.15. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 3

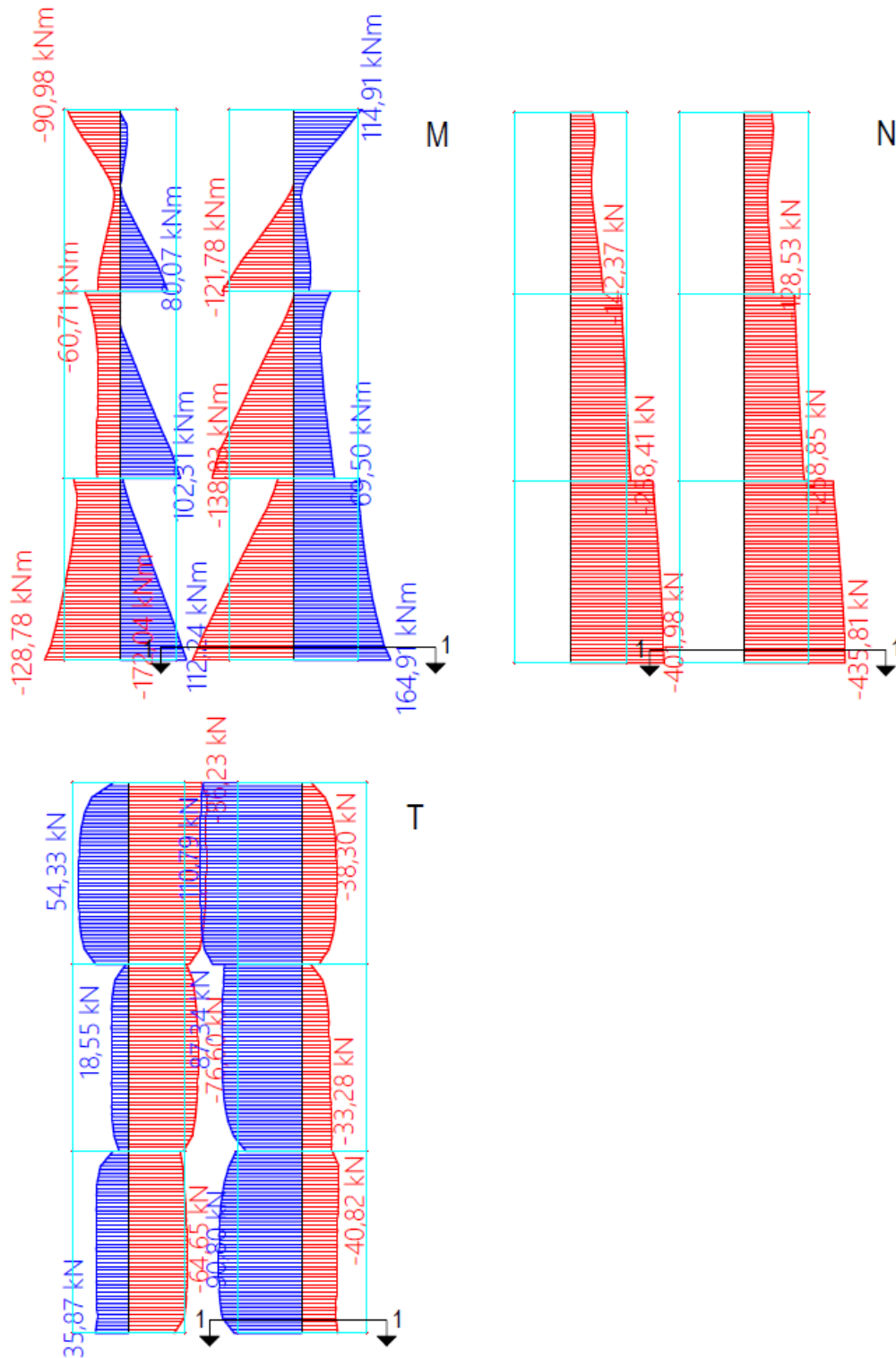


Slika 8.63. Prikaz rezultata u zidu u osi 3

Dimenzioniranje zida u osi 3 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -444,91 kN				
	$f_{od}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 70,00 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 126,19 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	1742,90 kN			
$l_w$	260,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	234,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	210,60 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	5200,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$A_s$	8,42 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,38 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0016	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRAČUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.16. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 3.1

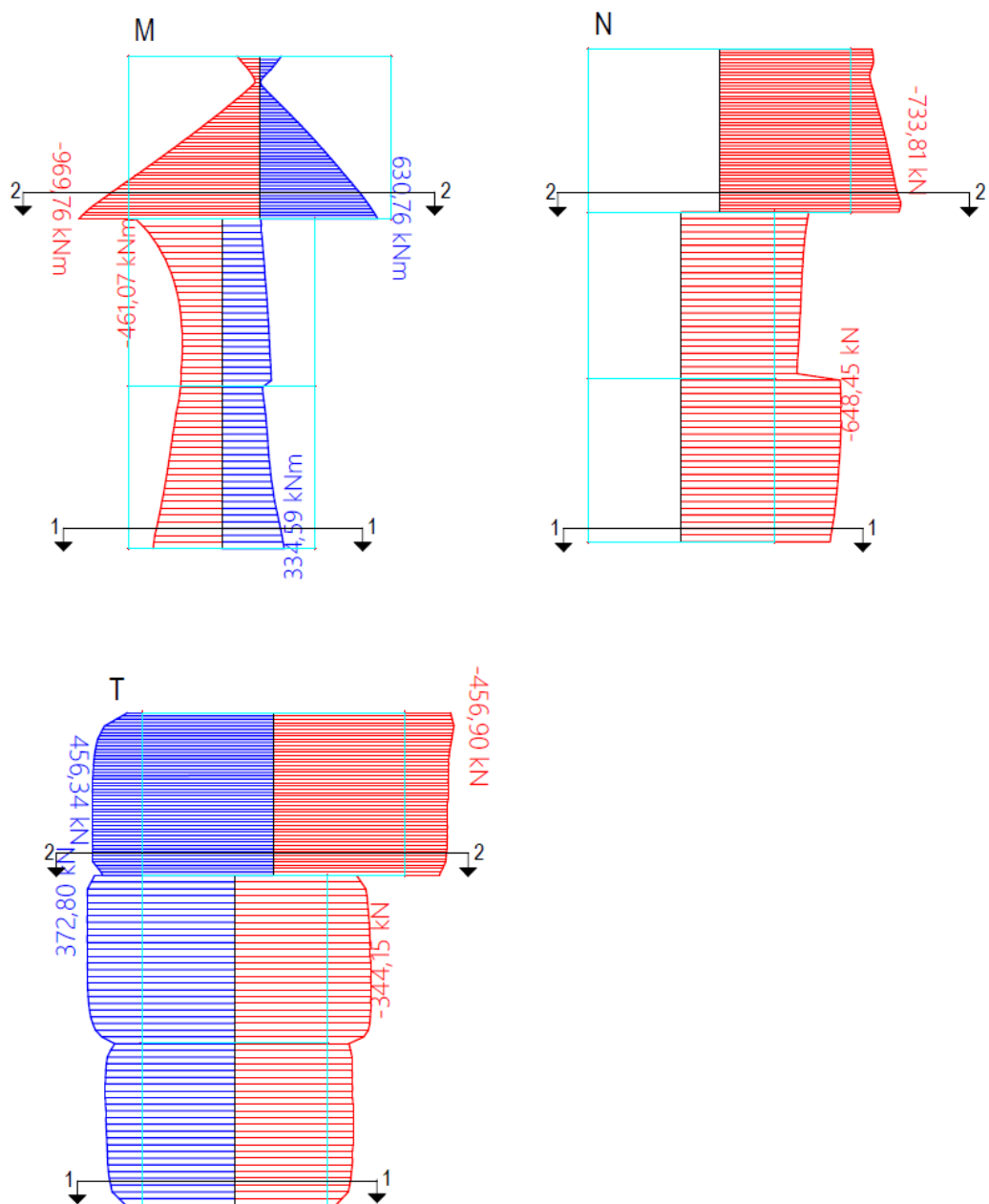


Slika 8.64. Prikaz rezultata u zidu u osi 3.1

Dimenzioniranje zida u osi 3.1 u presjeku 1-1:

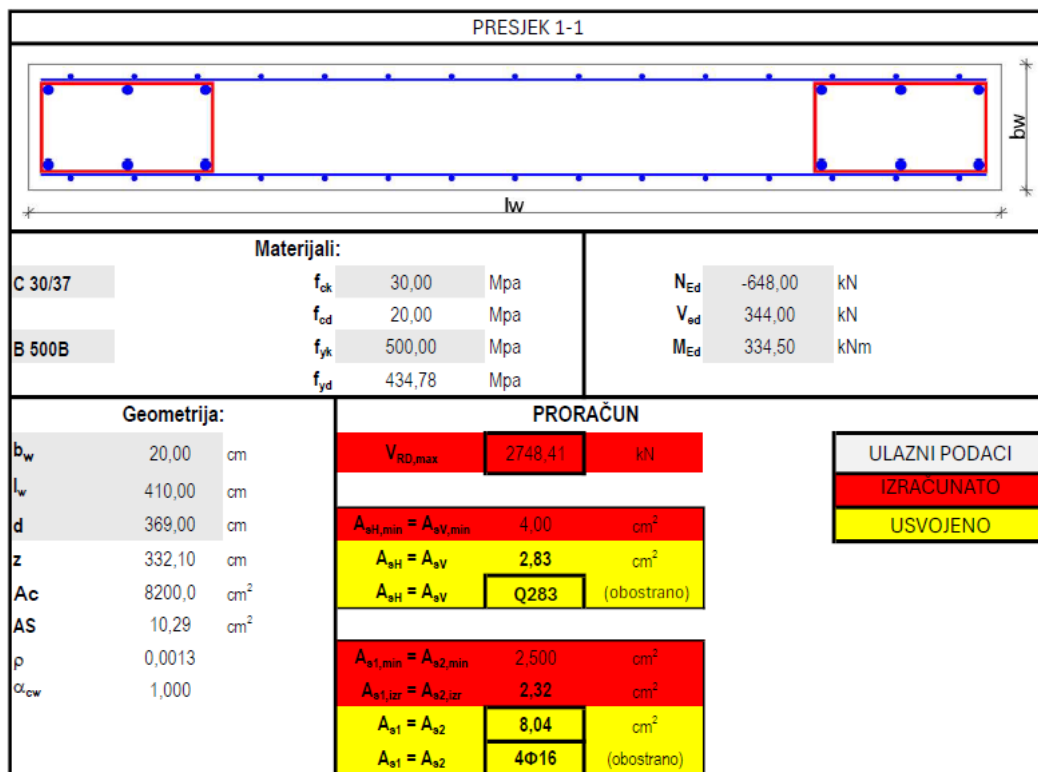
PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -435,00 kN				
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 90,80 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 164,91 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	1742,90 kN			
$l_w$	260,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	234,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	210,60 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	5200,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$AS$	9,26 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	1,80 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0018	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRAČUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.17. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 4

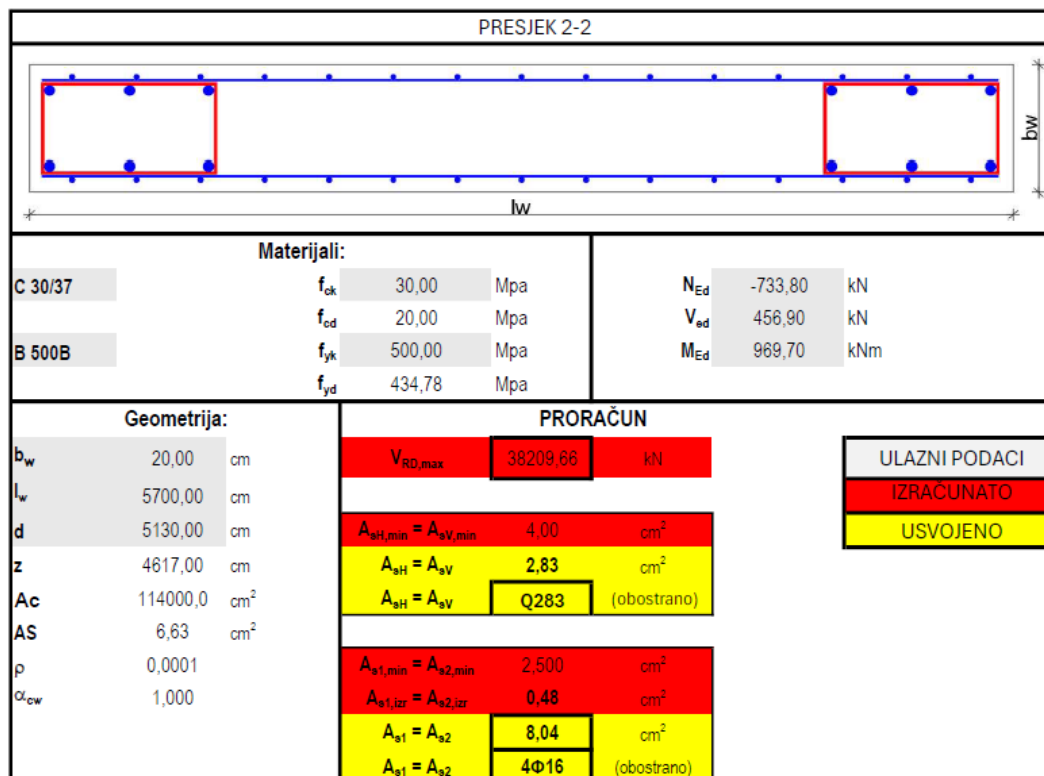


Slika 8.65. Prikaz rezultata u zidu u osi 4

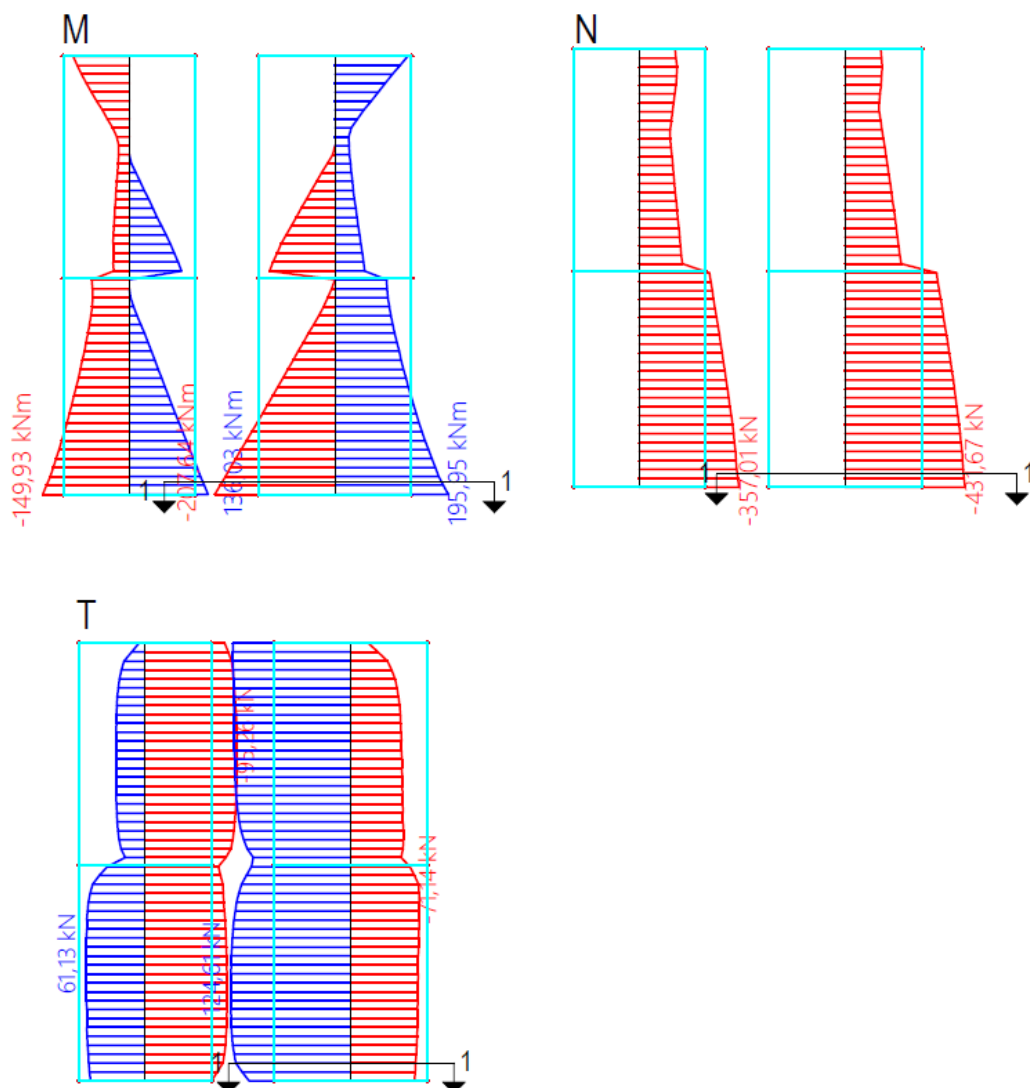
Dimenzioniranje zida u osi 4 u presjeku 1-1:



Dimenzioniranje zida u osi 4 u presjeku 2-2:



### 3.9.18. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 4.1



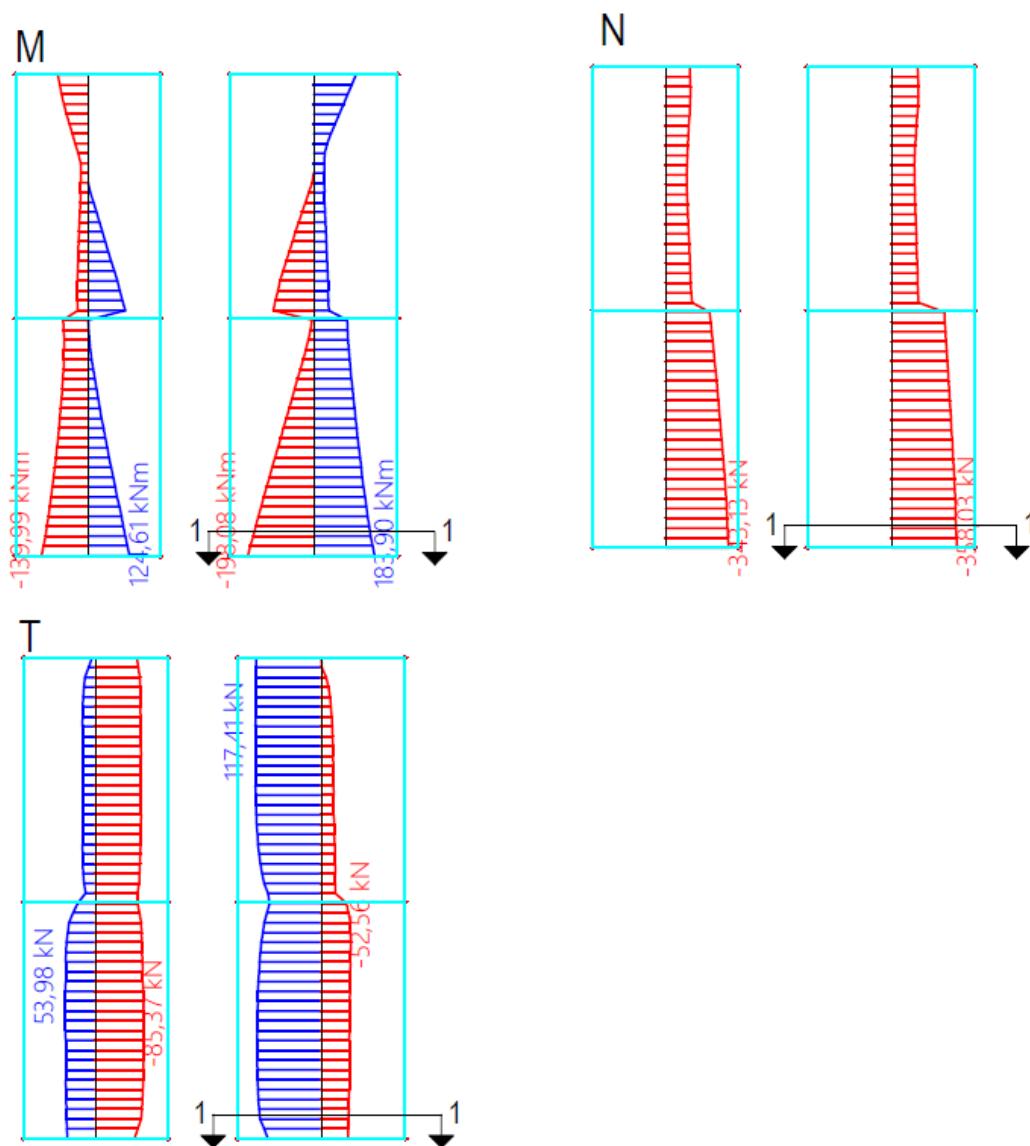
Slika 8.66. Prikaz rezultata u zidu u osi 4.1

Dimenzioniranje zida u osi 4.1 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa			
	$f_{od}$	20,00	Mpa			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-431,67	kN			
	$V_{Ed}$	124,00	kN			
	$M_{Ed}$	207,00	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						
$l_w$	255,00	cm				
$d$	229,50	cm				
$z$	206,55	cm				
$A_c$	5100,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	10,27	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0020					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	1709,38	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	2,31	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			



### 3.9.19. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 5.1

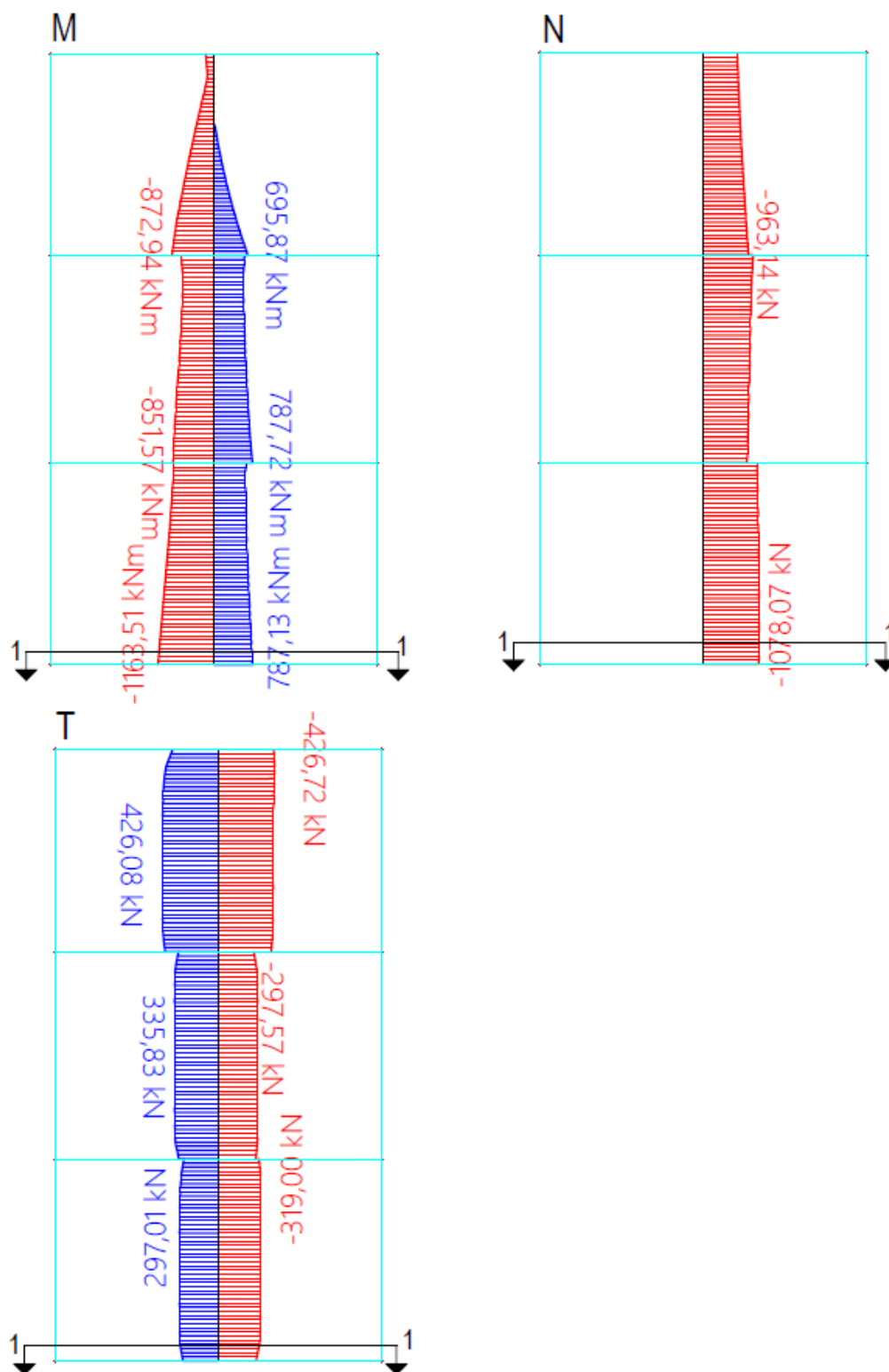


Slika 8.67. Prikaz rezultata u zidu u osi 5.1

Dimenzioniranje zida u osi 5.1 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1			
<b>Materijali:</b>			
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa
	$f_{cd}$	20,00	Mpa
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa
	$f_{yd}$	434,78	Mpa
	$N_{Ed}$	-358,00	kN
	$V_{Ed}$	117,00	kN
	$M_{Ed}$	183,90	kNm
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>	
$b_w$	20,00	cm	
$l_w$	260,00	cm	
$d$	234,00	cm	
$z$	210,60	cm	
$A_c$	5200,0	cm <sup>2</sup>	
$A_s$	9,68	cm <sup>2</sup>	
$\rho$	0,0019		
$\alpha_{cw}$	1,000		
	$V_{RD,max}$	1742,90	kN
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	2,01	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)
	ULAZNI PODACI		
	IZRACUNATO		
	USVOJENO		

### 3.9.20. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 6

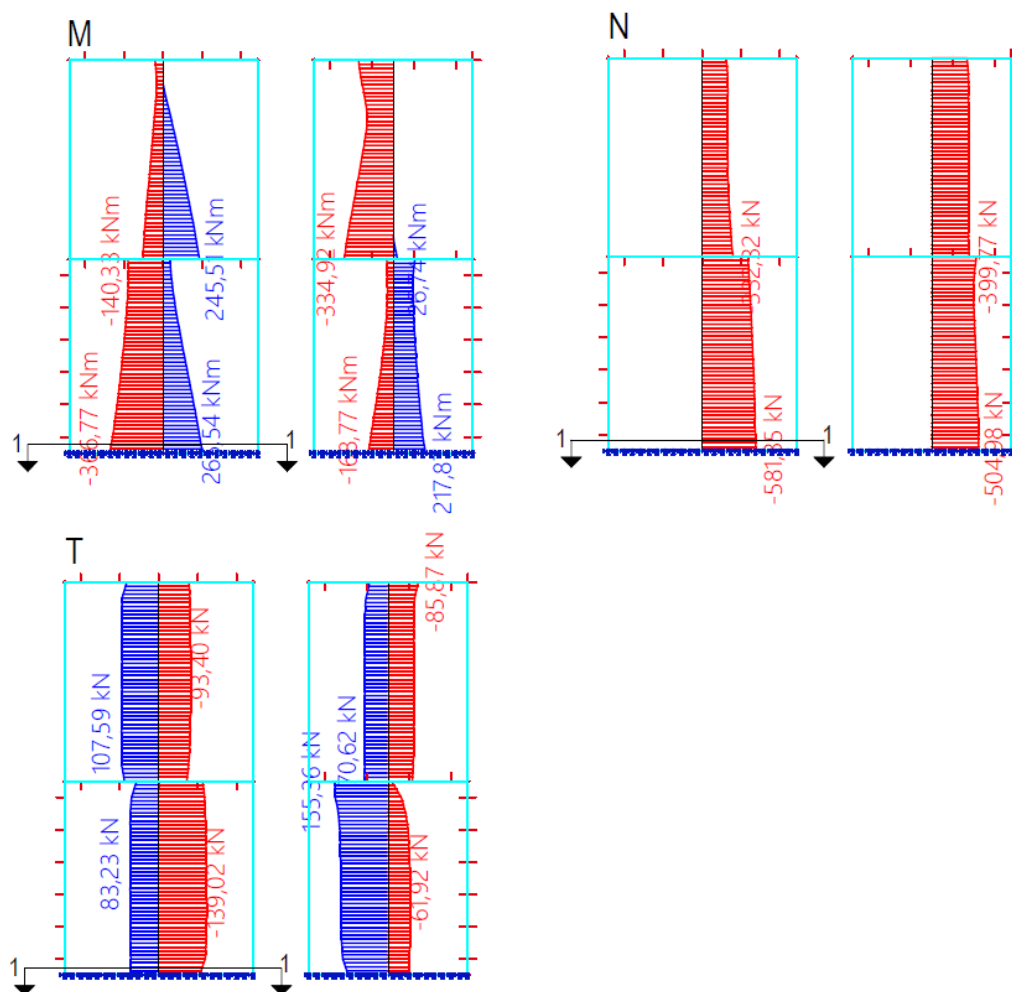


Slika 8.68. Prikaz rezultata u zidu u osi 6

Dimenzioniranje zida u osi 6 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$	30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -1078,00 kN			
	$f_{cd}$	20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 319,00 kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 1163,51 kNm			
	$f_{yd}$	434,78 Mpa				
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	3854,48 kN			
$l_w$	575,00 cm	$A_{aH,min} = A_{aV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	517,50 cm	$A_{aH} = A_{aV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	465,75 cm	$A_{aH} = A_{aV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	11500,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$AS$	17,15 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	5,75 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0015	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr> <td>ULAZNI PODACI</td> </tr> <tr> <td>IZRAČUNATO</td> </tr> <tr> <td>USVOJENO</td> </tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRAČUNATO						
USVOJENO						

### 3.9.21. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 6.1

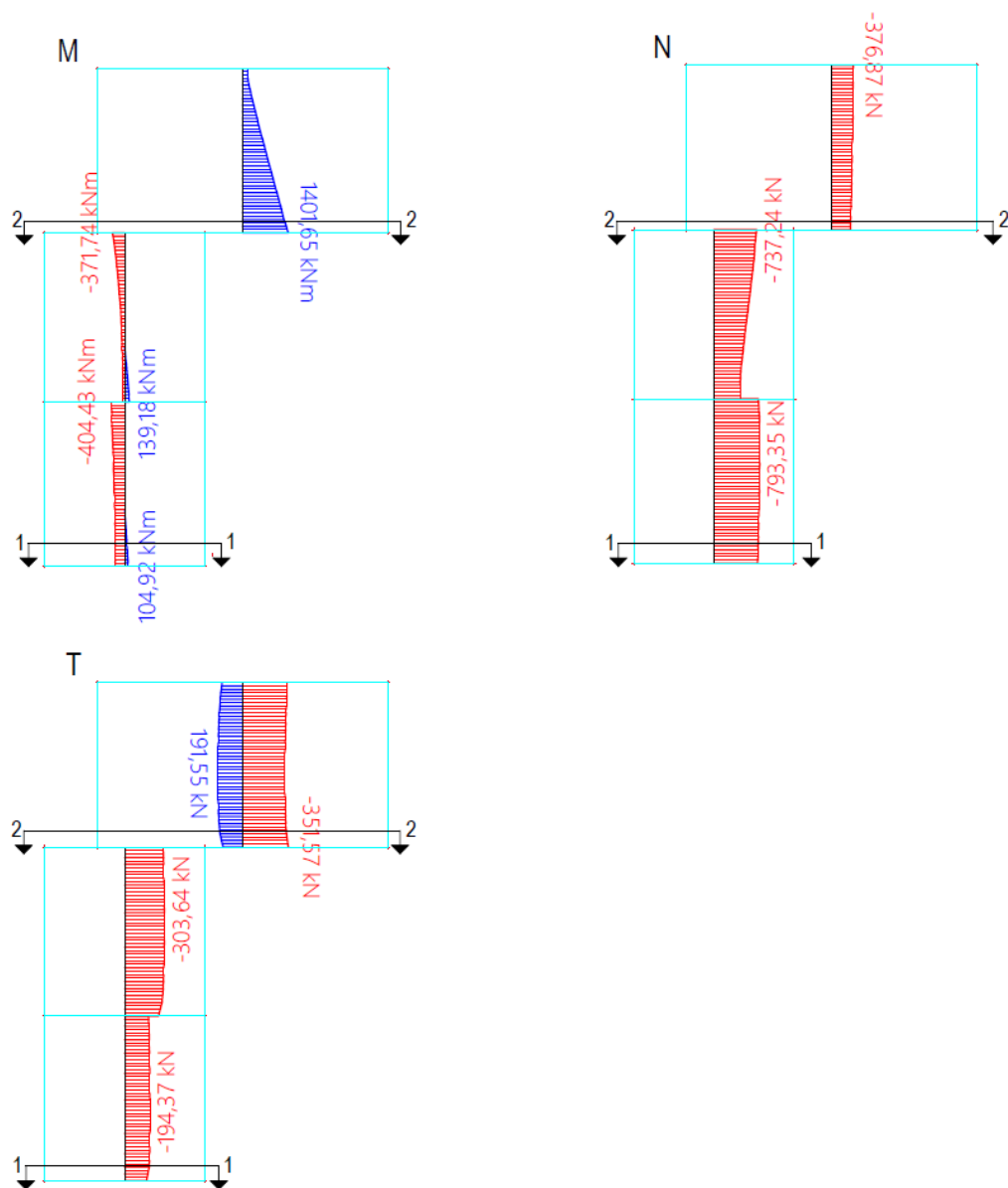


Slika 8.69. Prikaz rezultata u zidu u osi 6.1

Dimenzioniranje zida u osi 6.1 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
<b>Materijali:</b>						
<b>C 30/37</b>	$f_{ck}$	30,00	Mpa			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa			
<b>B 500B</b>	$f_{yk}$	500,00	Mpa			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa			
	$N_{Ed}$	-581,00	kN			
	$V_{Ed}$	139,00	kN			
	$M_{Ed}$	366,70	kNm			
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00	cm	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRACUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						
$l_w$	350,00	cm				
$d$	315,00	cm				
$z$	283,50	cm				
$A_c$	7000,0	cm <sup>2</sup>				
$A_s$	11,61	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0017					
$\alpha_{cw}$	1,000					
	$V_{RD,max}$	2346,21	kN			
	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>			
	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)			
	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	2,97	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)			

### 3.9.22. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 7



Slika 8.70. Prikaz rezultata u zidu u osi 7

Dimenzioniranje zida u osi 7 u presjeku 1-1:

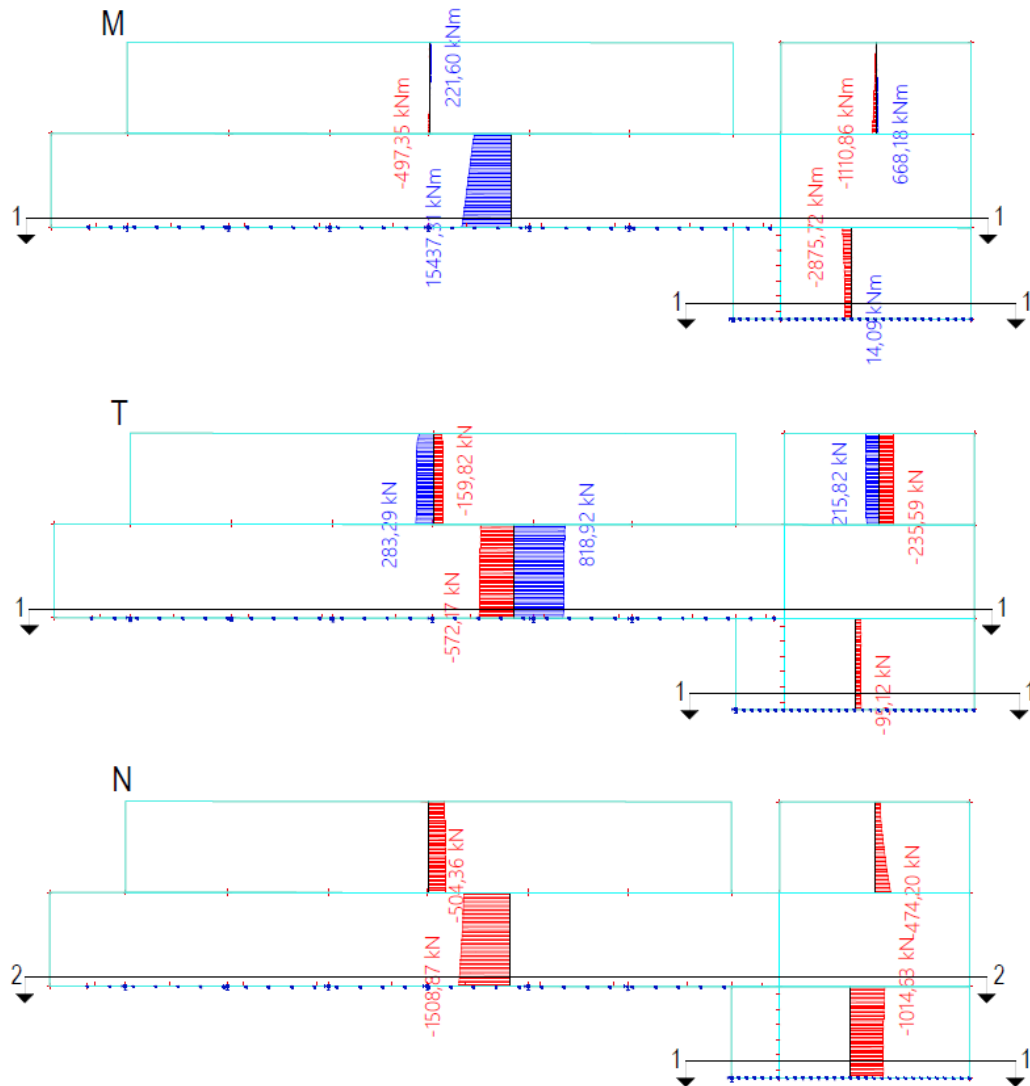
PRESJEK 1-1									
<b>Materijali:</b>									
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa	$N_{Ed}$	-793,00	kN			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa	$V_{Ed}$	194,37	kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa	$M_{Ed}$	104,92	kNm			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa						
<b>Geometrija:</b>			<b>PRORAČUN</b>						
$b_w$	20,00	cm	$V_{RD,max}$	2348,21	kN	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI									
IZRAČUNATO									
USVOJENO									
$l_w$	350,00	cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>				
$d$	315,00	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>				
$z$	283,50	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)				
$Ac$	7000,0	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>				
$AS$	7,36	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	0,85	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0011		$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>				
$\alpha_{cw}$	1,000		$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)				

Dimenzioniranje zida u osi 7 u presjeku 2-2:

PRESJEK 2-2									
<b>Materijali:</b>									
C 30/37	$f_{ck}$	30,00	Mpa	$N_{Ed}$	-376,87	kN			
	$f_{cd}$	20,00	Mpa	$V_{Ed}$	351,57	kN			
B 500B	$f_{yk}$	500,00	Mpa	$M_{Ed}$	1401,65	kNm			
	$f_{yd}$	434,78	Mpa						
<b>Geometrija:</b>			<b>PRORAČUN</b>						
$b_w$	20,00	cm	$V_{RD,max}$	4256,69	kN	<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRAČUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>	ULAZNI PODACI	IZRAČUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI									
IZRAČUNATO									
USVOJENO									
$l_w$	635,00	cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00	cm <sup>2</sup>				
$d$	571,50	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83	cm <sup>2</sup>				
$z$	514,35	cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283	(obostrano)				
$Ac$	12700,0	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500	cm <sup>2</sup>				
$AS$	18,20	cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	6,27	cm <sup>2</sup>				
$\rho$	0,0014		$A_{s1} = A_{s2}$	8,04	cm <sup>2</sup>				
$\alpha_{cw}$	1,000		$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16	(obostrano)				

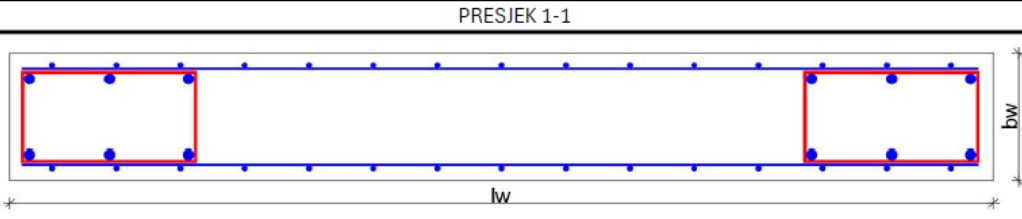


### 3.9.23. Prikaz rezultata i dimenzioniranje za zid u osi 8

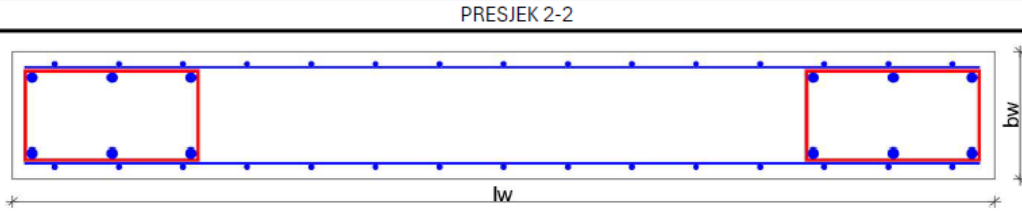


Slika 8.71. Prikaz rezultata u zidu u osi 8

Dimenzioniranje zida u osi 8 u presjeku 1-1:

PRESJEK 1-1						
						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -1014,63 kN				
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 95,00 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 2875,00 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	6301,24 kN			
$l_w$	940,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	846,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	761,40 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	18800,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$AS$	23,03 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	8,68 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0012	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRACUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						

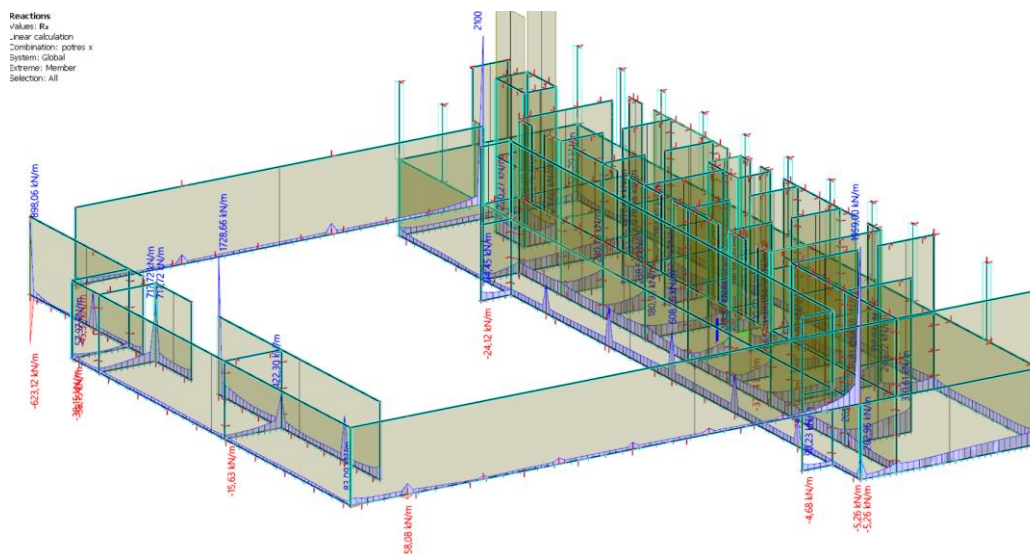
Dimenzioniranje zida u osi 8 u presjeku 2-2:

PRESJEK 2-2						
						
<b>Materijali:</b>						
C 30/37	$f_{ck}$ 30,00 Mpa	$N_{Ed}$ -1508,87 kN				
	$f_{cd}$ 20,00 Mpa	$V_{Ed}$ 818,92 kN				
B 500B	$f_{yk}$ 500,00 Mpa	$M_{Ed}$ 15437,00 kNm				
	$f_{yd}$ 434,78 Mpa					
<b>Geometrija:</b>		<b>PRORAČUN</b>				
$b_w$	20,00 cm	$V_{RD,max}$	24400,55 kN			
$l_w$	3640,00 cm	$A_{sH,min} = A_{sV,min}$	4,00 cm <sup>2</sup>			
$d$	3276,00 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	2,83 cm <sup>2</sup>			
$z$	2948,40 cm	$A_{sH} = A_{sV}$	Q283 (obostrano)			
$A_c$	72800,0 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,min} = A_{s2,min}$	2,500 cm <sup>2</sup>			
$AS$	29,74 cm <sup>2</sup>	$A_{s1,izr} = A_{s2,izr}$	12,04 cm <sup>2</sup>			
$\rho$	0,0004	$A_{s1} = A_{s2}$	8,04 cm <sup>2</sup>			
$\alpha_{cw}$	1,000	$A_{s1} = A_{s2}$	4Φ16 (obostrano)			
		<table border="1"> <tr><td>ULAZNI PODACI</td></tr> <tr><td>IZRACUNATO</td></tr> <tr><td>USVOJENO</td></tr> </table>		ULAZNI PODACI	IZRACUNATO	USVOJENO
ULAZNI PODACI						
IZRACUNATO						
USVOJENO						

## 3.10. Proračun temelja

### 3.10.1. Temeljne trake ispod zidova

Temeljne trake zidova služe za prenošenje opterećenja sa zidova na tlo te za povezivanje temelja samaca. Temeljne trake se izvode monolitno na licu mjesta na gradilištu, zajedno sa temeljnim stopama ispod stupova. Za sve zidove i njihove temelje predviđen je beton C 30/37, XC2,  $\Phi$ agr 31.5 mm, te armatura B500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3.0 cm. Dimenzije poprečnog dane su na donjoj skici. Armaturu je potrebno adekvatno sidriti u temeljne stope, a armaturu zida u stupove. Na skici ispod je dana karakteristična temeljnih traka.

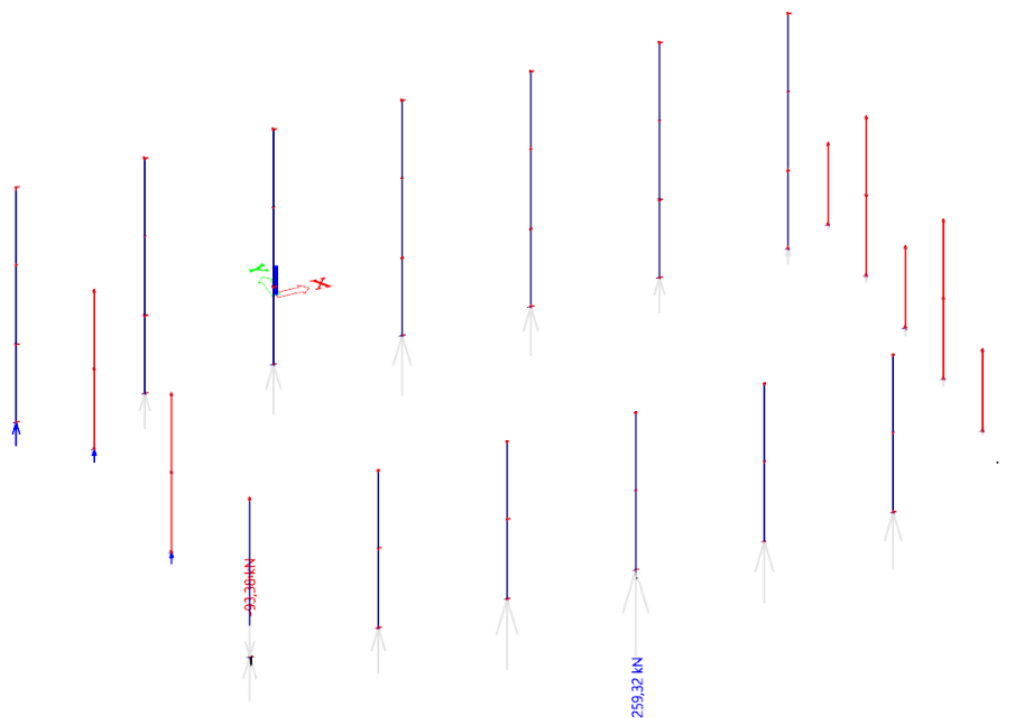


Slika 8.72. Naprezanja ispod temeljnih traka

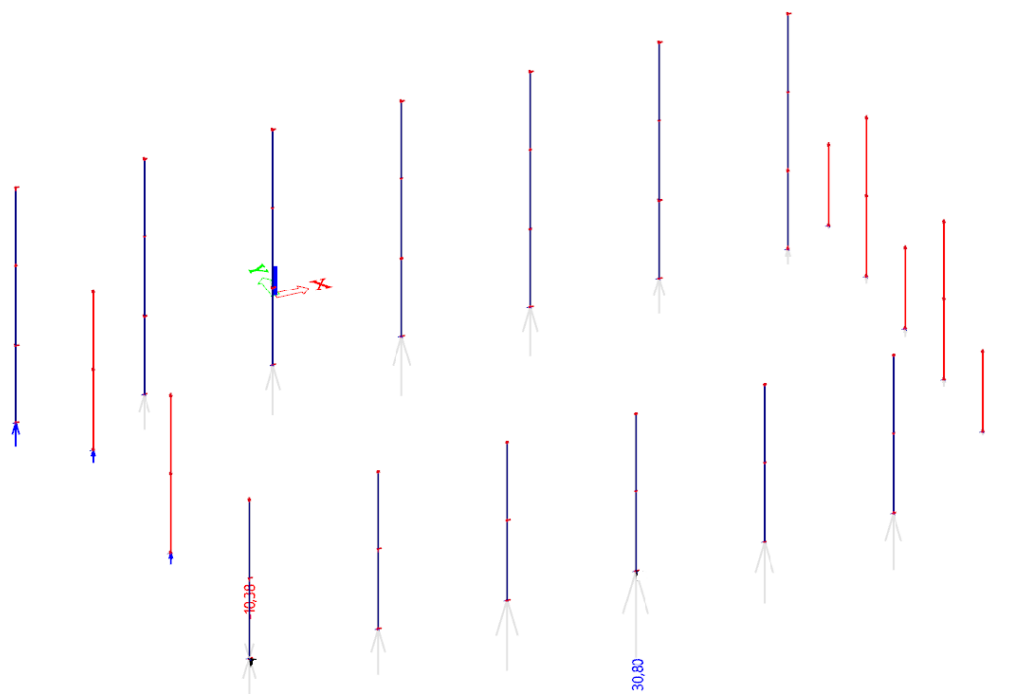
$$\sigma_{\max} = 317 \text{ kN/m}'; \sigma_{\min} = -58,08 \text{ kN/m}'$$



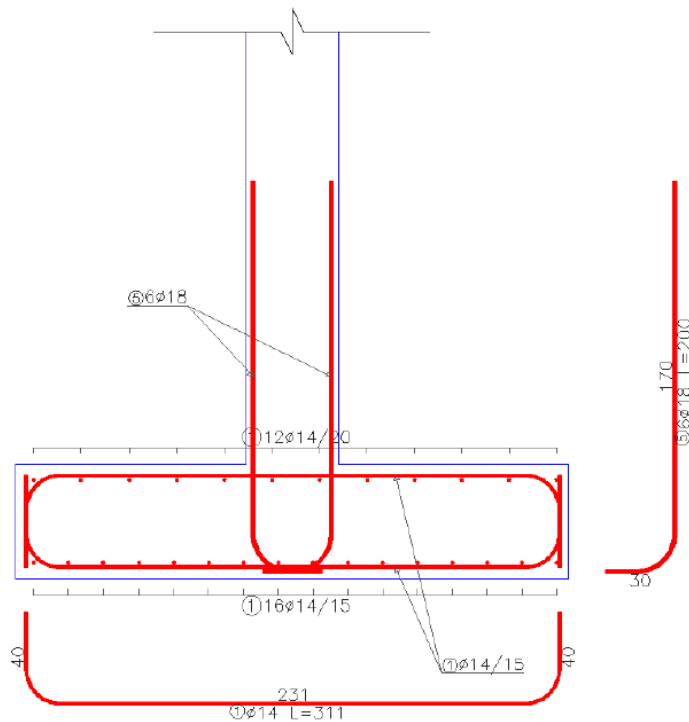
### 3.10.2. Temelji samci ispod stupova



Slika 8.74. Reakcija ležajeva



Slika 8.75. Naprezanja u temeljnim stopama ispod stupova



Slika 8.76. Skica armature karakterističnog temelja samca

### 3.10.3. Podna AB ploča (d=20 cm):

Predviđeno je da se podna ploča izvodi kao monolitna na prethodno dobro zbijenom tamponu. Debljina ploče je 20 cm (zbog relativno velikog opterećenja), beton podne ploče je C30/37, XC2. Predviđeni modul zbijenosti tla ispod podne ploče treba iznositi minimalno  $M=60$  MPa. Ploča je analizirana za opterećenje od  $500 \text{ kg/m}^2$ . Predviđena je armatura Q-283 obostarno. Zaštitni slojevi betona do meke armature iznose 3.5cm.

Usvojena armatura: Q-283 obostarno. Ploču treba dilatirati na maksimalnom rasteru od  $6 \times 6 \text{ m}$  ili prema preporuci nadzornog inženjera i ovisno o trenutnim uvjetima izvedbe (ljetu, zima). Prije izvedbe konzultirati se sa projektantom oko načina izvedbe i njegovanja. Ukoliko izvođač promijeni način armiranja ploče potrebno je isto usuglasiti sa projektantom.

Općenite tehnološke smjernice za izvedbu podne AB ploče:

- Podloga - modul stišljivosti min. 60 MPa
- Debljina AB ploče d=20 cm, beton C30/37, XC2, maksimalno zrno agregata 16 mm.
- Meka armatura Q-283 obostrano.
- Njega – kjurung ili svakodnevno polijevanje bar 14 dana.
- Namočena ploča 14 dana ili sredstvo za njegovanje betona (od proizvođača aditiva tipa kao Sika ili slično).
- Bitno je da se površina betona ne suši prebrzo.
- Raspilit između 24 h do 48 h
- Dilatacije prilagođene rasteru stupova da budu pravilnih dimenzija.
- Gumena brtva ili plastična umetnuti u ispiljenu rešku ( reška od 3 mm).
- Gdje su instalacijski kanali dodaje se armatura na ono što nije dobro zbijeno iznad cijevi, oko tog mjesta armaturna mreža Q-283 u donju zonu ploče i šipke 4 fi 12 sa svake strane otvora.
- Po rubovima (bokovi ploče) ako postoji spoj sa trakastim temeljom ili veznom gredom ugraditi bočno stiropor d=1 cm ili PVC foliju da se ne bi spriječio uzdužni rad podne ploče od skupljanja te da se dobije plivajuća AB ploča.

## 4. LITERATURA

1. Radnić, J.; Smilović, M.; Grgić, N.; Buzov, A.: „*The effect of vertical load on seismic response of masonry walls*“ , Design and Computation of Modern Engineering Materials, Springer International Publishing Switzerland : Springer International Publishing, p.p. 17-33., 2014
2. Smilovic Zulim, Marija; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Baloević, Goran. Effect of anisotropy of masonry on the behaviour of unreinforced and confined masonry walls under ground motion // Engineering Design Applications / Öchsner, Andreas ; Altenbach, Holm (ur.). Heidelberg : Springer, Cham, 2018. Str. 173-183.
3. Radnić, J.; Matešan, D.; Harapin, A.; Smilović, M.; Grgić, N.: „*Numerical Model for Static and Dynamic Analysis of Masonry Structures*“, Mechanics and Properties of Composed Materials and Structures, Advanced Structured Materials, p.p. 1-33., Berlin, 2012.
4. Baloevic, Goran; Radnić, Jure; Grgic, Nikola. Numerical model for dynamic analysis of masonry- infilled steel and concrete frames. // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 50 (2019) , 5; 519-532
5. Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola. Geotechnical Seismic Isolation System Based on Sliding Mechanism Using Stone Pebble Layer: Shake- Table Experiments. // Shock and Vibration. 2019 (2019) ; 1-26
6. Buzov, A.; Radnić, J.; Grgić, N. Effects of several bolt parameters on the bearing capacity of a composite multi-drum stone column under an earthquake. // Composites Part B: Engineering. 162 (2019)
7. Radnić, Jure; Markić, Radoslav; Grgić, Nikola; Čubela, Dragan. New approach for Ductility analysis of partially prestressed concrete girders. // Structural engineering and mechanics. 70 (2019) , 3; 257-267
8. Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola. Shake Table Study on the Efficiency of Seismic Base Isolation Using Natural Stone Pebbles. // Advances in Materials Science and Engineering. 2018 (2018)
9. Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Matešan, Domagoj. The Use of Limestone Sand for the Seismic Base Isolation of Structures. // Advances in Civil Engineering. 2018 (2018)
10. Buzov, A.; Radnić, J.; Grgić, N.; Baloević, G.: „*Effect of the joint type on the bearing capacity of a multi-drum column under static load*“, International Journal of Architectural Heritage, p.p. 127-152, (12) 2018.
11. Baloević, G; Radnić, J; Grgić, N; Matešan, D. „*Shake-table study of plaster effects on the behavior of masonry-infilled steel frames*“, Steel and composite structures, p.p 195-204, 2017. (Kategorizacija: znanstveni rad).
12. Baloević, G.; Radnić, J.; Grgić, N.; Matešan, D.: „*Behavior of fiber reinforced mortar composites under impact load*“, Latin American Journal of Solids and Structures, p.p. 1-13, (15) 2018. (Kategorizacija: znanstveni rad).



13. Grgić, N.; Radnić, J.; Matešan, D.; Banović, I.: “*Stirrups effect on the behavior of concrete columns during an earthquake*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 406-419, 2017. (Kategorizacija: znanstveni rad).
14. Baloević, G.; Radnić, J.; Grgić, N.; Matešan, D.: „*The application of a reinforced plaster mortar for seismic strengthening of masonry structures*“, *Composites. Part B, Engineering*; p.p. 190-202, 2016. (Kategorizacija: znanstveni rad).
15. Grgić, N.; Radnić, J.; Matešan, D.; Buzov, A.: „*Effect of mass on the behavior of concrete columns under seismic load*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 483-494, 2016. (Kategorizacija: znanstveni rad).
16. Radnić, J.; Markić, R.; Glibić, M.; Čubela, D.; Grgić, N.: „*Experimental testing of concrete beams with different levels of prestressing*“, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part L: journal of materials: design and applications*, p.p. 760-779, 2016. (Kategorizacija: znanstveni rad).
17. Radnić, J.; Markić, R.; Grgić, N.; Glibić, M.; Banović, I.: „*Comparison of numerical models for nonlinear static analysis of planar concrete frames based on 1D and 2D finite elements*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 369-581, 2016. (Kategorizacija: znanstveni rad).
18. Baloević, G.; Radnić, J.; Matešan, D.; Grgić, N.; Banović, I.: „*Comparison of developed numerical macro and micro masonry models for static and dynamic analysis of masonry-infilled steel frames*“, *Latin American Journal of Solids and Structures*, p.p. 2251-2265, (13) 2016. (Kategorizacija: znanstveni rad).
19. Radnić, J.; Grgić, N.; Matešan, D.; Baloević, G.: „*Shake table testing of reinforced concrete columns with different layout size of foundation*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 348-367, 2015. (Kategorizacija: znanstveni rad).
20. Radnić, J.; Matešan, D.; Grgić, N.; Baloević, G.: „*Impact testing of RC slabs strengthened with CFRP strips*“, *Composite structures*, p.p.90-103, 2015. (Kategorizacija: znanstveni rad)
21. Radnić, J.; Baloević, G.; Grgić, N.; Harapin, A.; Buzov, A.: „*The effect of flexibility in ground storey of concrete walls and infilled frames on their seismic response*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 244-257, 2014. (Kategorizacija: znanstveni rad).
22. Matešan, D.; Radnić, J.; Grgić, N.; Baloević, G.: „*Strength capacity of simply supported circular concrete slab*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 416-422, 2013. (Kategorizacija: znanstveni rad).
23. Matešan, D.; Radnić, J.; Grgić, N.: „*Strength capacity of square reinforced concrete slabs*“, *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, p.p. 393-397, 2012. (Kategorizacija: znanstveni rad).
24. Radnić, J.; Harapin, A.; Matešan, D.; Trogrlić, B.; Smilović, M.; Grgić, N.; Baloević, G.: „[Numerički model za statički i dinamički proračun zidanih konstrukcija](#)“, *Građevinar*, Vol. 63, p.p. 529-546, 2011. (Kategorizacija: izvorni znanstveni rad)

25. Matešan, D.; Radnić, J.; Grgić, N.: „*Effect of reinforcement arrangement on the limit strength capacity of concrete slabs*“, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, p.p. 393-397, 2011. (Kategorizacija: znanstveni rad).
26. Radnić, J.; Matešan, D., Grgić, N.: "*Analiza prednapetih betonskih ljosaka pod dugotrajnim opterećenjem*", Građevinar 59, p.p. 183-196, 2010. (Kategorizacija: znanstveni rad)

## **5. GRAFIČKI PRILOZI**

**5.1. Plan pozicija temelja**

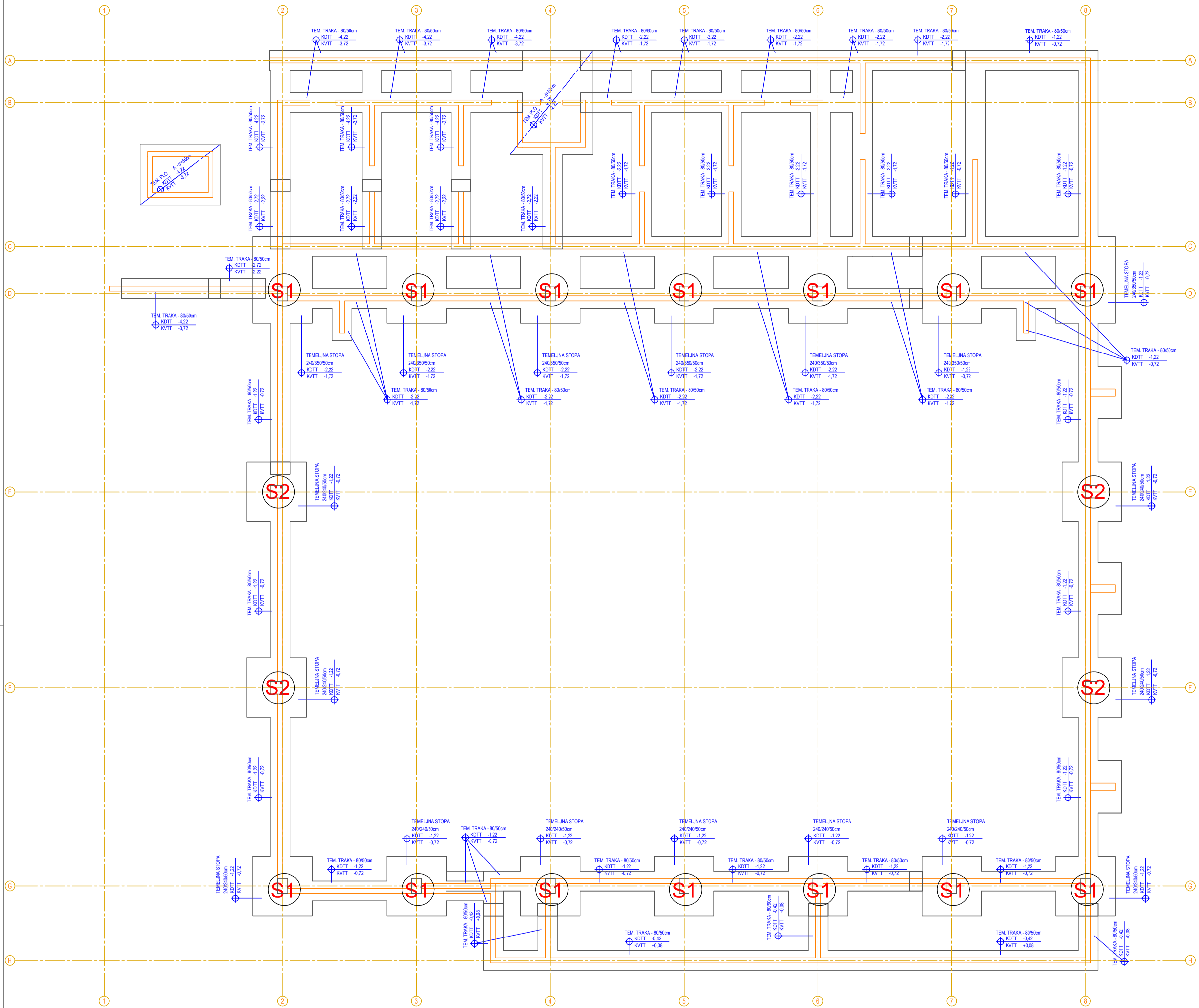
**5.2. Plan pozicija 100**

**5.3. Plan pozicija 200**

**5.4. Plan pozicija 300**

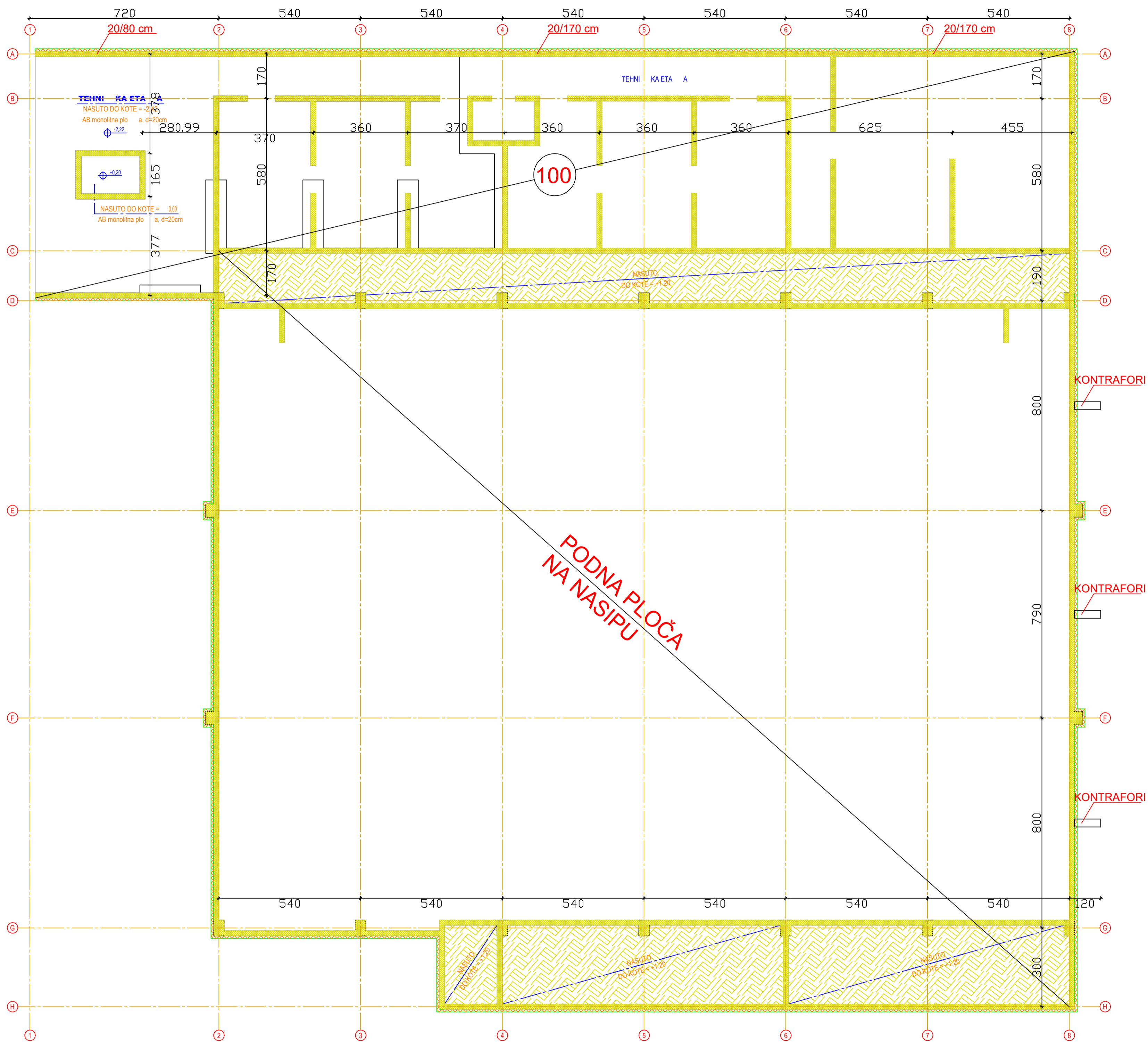
**5.5. Presjek 1-1**

**5.6. Generalni plan pozicija**



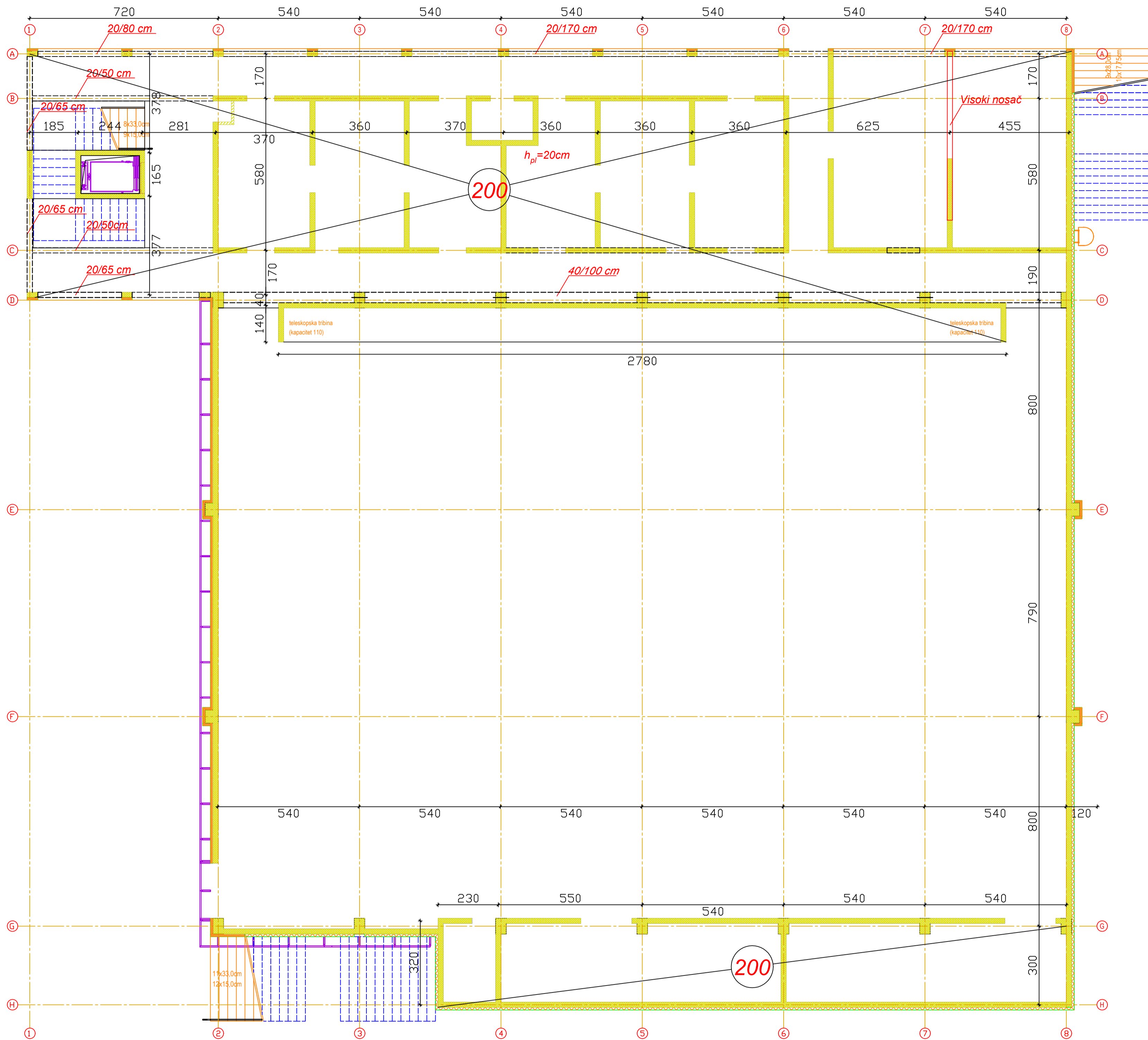
TLOCRTNA DISPOZICIJA TEMELJA I STUPOVA M 1:100

DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ		
SADRŽAJ:	TLOCRTNA DISPOZICIJA TEMELJA I STUPOVA	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	1.



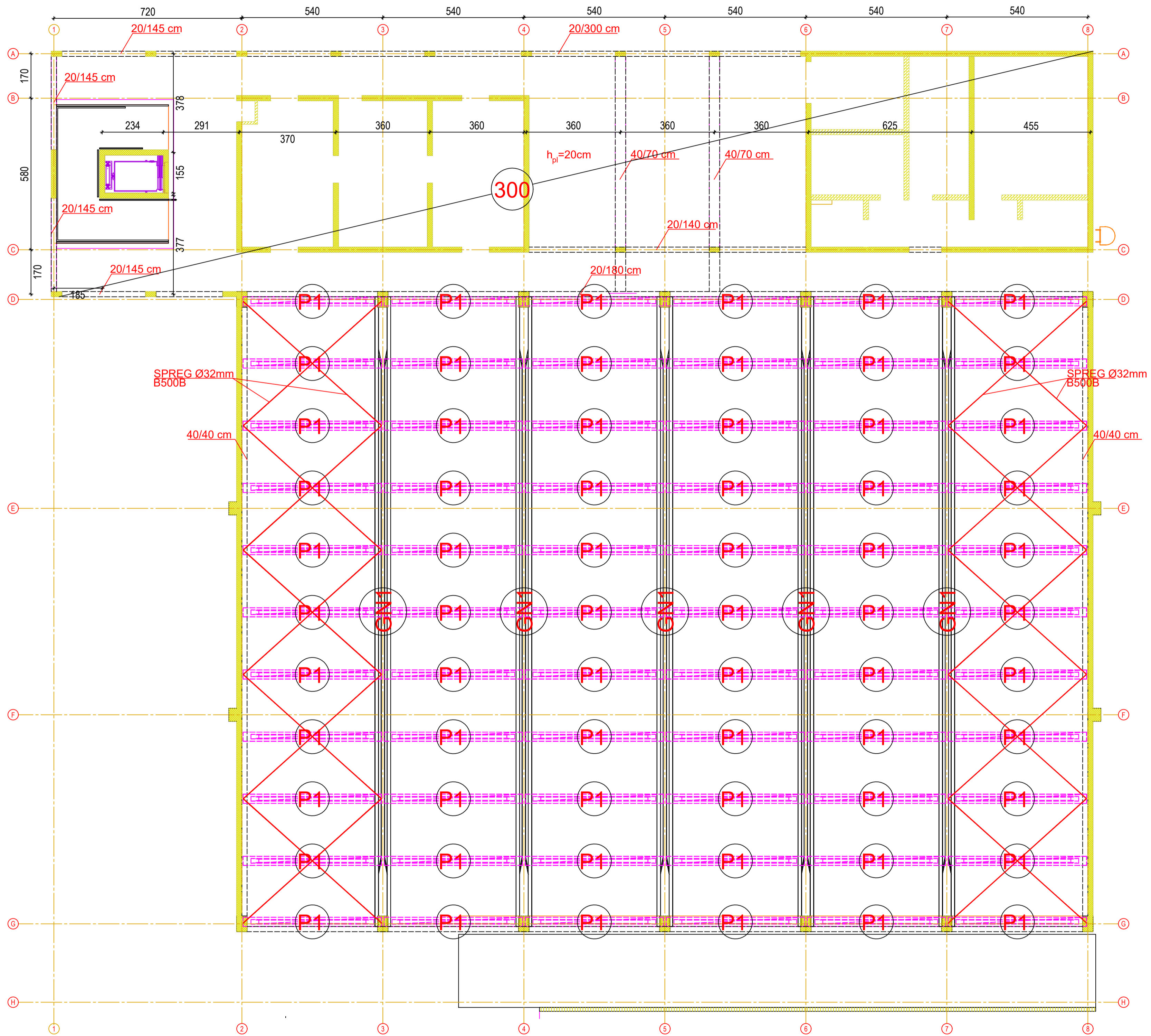
PLAN POZICIJA 100  
M 1:100

DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ.		
SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 100	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	2.



PLAN POZICIJA 200  
M 1:100

DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ.		
SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 200	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	3.



PLAN POZICIJA 300 (KROV)  
M 1:100

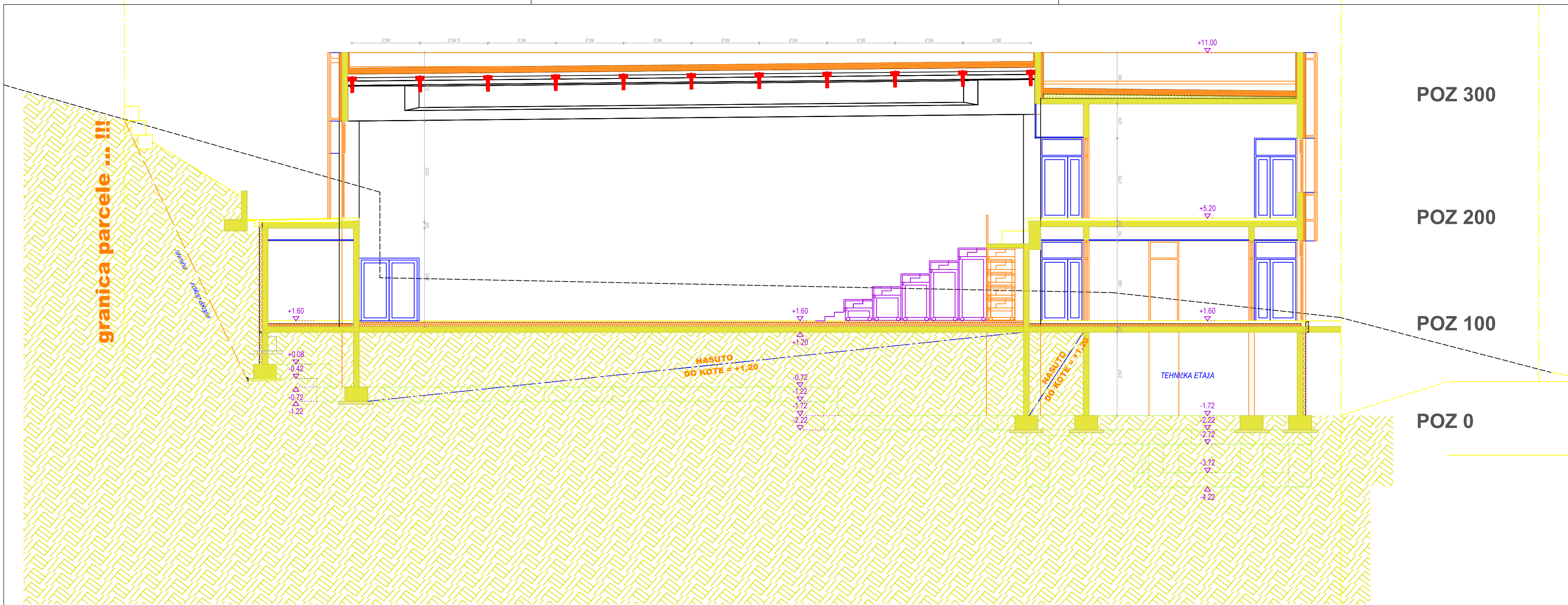
DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ.		
SADRŽAJ:	PLAN POZICIJA 300 (KROV)	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	4.



PRESJEK 1-1  
M 1:100

DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ		
SADRŽAJ:	PRESJEK 1-1	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	5.





GENERALNI PLAN POZICIJA  
M 1:100

DIPLOMSKI RAD			
NASLOV:	PROJEKT MEHANIČKE STABILNOSTI I OTPORNOSTI KONSTRUKCIJE - ŠKOLSKA SPORTSKA DVORANA		
STUDENT:	Frane Brković		
MENTOR:	Izv. Prof. Dr. Sc. Nikola Grgić, dipl. ing. građ		
SADRŽAJ:	GENERALNI PLAN POZICIJA	MJERILO:	1:100
DATUM:	SRPANJ, 2024.	BR. PRILOGA:	6.