

Hitna obnova nosive konstrukcije crkve Sv. Roka u Draškovcu

Dodlek, Jurica

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:329706>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**

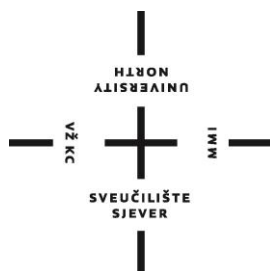


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 54/GRD/2022

**HITNA OBNOVA NOSIVE KONSTRUKCIJE
CRKVE SV. ROKA U DRAŠKOVCU**

Jurica Dodlek, 0818/336D

Varaždin, lipanj 2022.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij Graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 54/GRD/2022

HITNA OBNOVA NOSIVE KONSTRUKCIJE
CRKVE SV. ROKA U DRAŠKOVCU

Student:
Jurica Dodlek, 0818/336D

Mentor:
doc.dr.sc. Matija Orešković

Varaždin, lipanj 2022.

ZAHVALA

Veliku zahvalnost dajem svom mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškoviću, dipl.ing.građ., koji je svojim iznimnim pristupom, trdom i uložnim vremenom uveliko pomogao pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se svim nastavnicima i djelatnicima Sveučilišta Sjever koji su prenijeli svoje znanje i pomogli stručnim savjetima.

Veliko hvala mojoj obitelji, prijateljima i kolegama, posebice djevojci Aniti, majci Boženi, ocu Josipu, sestri Martini i bratu Luki, koji su uvijek bili oslonac u najtežim trenucima.

Jurica Dodlek

Sažetak

U ovom diplomskom radu izrađen je projekt hitne obnove nosive konstrukcije crkve sv. Roka u Draškovcu koja je znatno oštećena potresom koji se dogodio u Petrinji krajem 2020. godine. Pregledom građevine dan je opis oštećenja, te je utvrđeno stvarno stanje konstrukcije i potrebna intervencija. Napravljen je projekt obnove, izrađen je statički proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti koji će omogućiti popravak same konstrukcije, te su dani prijedlozi provedbe hitnih mjera konstruktivne sanacije. Proračun je napravljen u skladu sa važećim zakonima, tehničkim propisima i mjerodavnim normama.

Ključne riječi: potres, oštećenje, obnova, sanacija, konstrukcija, statički proračun

Summary

The topic of this master work is a project of urgent renovation of the load-bearing structure of the church of St. Rok in Draškovec, which was significantly damaged by the earthquake that occurred in Petrinja at the end of 2020. An inspection of the building gave a description of the damage, and determined the actual condition of the structure and the necessary intervention. For this purpose, a reconstruction project was made, which contains a static calculation of mechanical resistance and stability that will enable the repair of the structure itself, and suggestions were given for the implementation of urgent measures of structural rehabilitation. The calculation is made in accordance with applicable laws, technical regulations and relevant standards.

Keywords: earthquake, damage, renovation, remediation, construction, static calculation

Popis korištenih kratica

k.č.br.	Katastarska čestica broj
k.o.	katastarska općina
FRP	Polimeri ojačani vlaknima, odnosno kompozitni materijali koji se sastoje od polimerne matrice i armaturnih vlakana
GFRP	Plastika ojačana staklenim vlaknima (GFRP) koja povezuje sidro za sendvič zidove i dvostruke zidove izolirane jezgrom
OPT	Opterećenje
kN	Kilonewton mjerna jedinica za silu
kNm	Kilonewton metar mjerna jedinica za moment
kN/m²	Kilonewton po metru kvadratnom mjerna jedinica za naprezanje
α	Kut alfa
g	Gravitacijska opterećenja
p	Pokretna opterećenja
s	Opterećenje snijegom
w	Opterećenje vjetrom
C_e	Koeficijent izloženosti
C_t	Termalni koeficijent
v_b	Brzina vjetra
C_{r(z)}	Faktor hrapavosti
k_r	Faktor terena ovisan o duljini hrapavosti z ₀
k_t	Faktor turbulencije
C_{e(z)}	Faktor izloženosti
q_(z)	Tlak pri vršnoj brzini
C_{pe}	Koeficijent tlaka za vanjski tlak
a_{gR}	Vrijednost maksimalnog ubrzanja
DCM	Klasa duktilnosti
γ	Obujamska težina
f_{ck}	Tlačna čvrstoća valjka
f_{ctm}	Vlačna čvrstoća
E_{cm}	Modul elastičnosti
G	Modul posmika
f_{yk}	Vlačna čvrstoća
f_b	Karakteristična čvrstoća opeke
f_k	Karakteristična čvrstoća zida na tlak
f_{vk}	Karakteristična čvrstoća na posmik
f_{vk0}	Karakteristična čvrstoća zida na posmik bez tlaka
f_{vk,gr}	Granična karakteristična čvrstoća na posmik
γ_M	Koef. sigurnosti materijala
N_{ed}	Normalna sila u zidu
M_{ed}	Moment savijanja
V_{ed}	Posmična sila
σ_{RD}	Maksimalni napon tlaka
V_{rd}	Granična računaska posmična sila
f_d	Dopušteni napon

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Opis postojećeg stanja građevine.....	3
2.1.	Lokacija.....	3
2.2.	Opis postojeće nosive konstrukcije.....	5
2.3.	Snimak postojećeg stanja.....	8
3.	Utvrđeno stvarno stanje konstrukcije i potrebna intervencija.....	20
3.1.	Zatečeno stanje oštećenja nosive konstrukcije.....	20
3.2.	Snimak zatečenih oštećenja konstrukcije.....	22
3.3.	Analiza stanja i potresna otpornost postojeće konstrukcije, te potrebna razina njezine obnove.....	24
3.3.1.	Analiza stanja i uzroka postojećih oštećenja konstrukcije crkve.....	24
3.3.2.	Elaborirana ocjena postojećeg stanja konstrukcije crkve.....	24
3.3.3.	Zaključak ocjene postojećeg stanja.....	25
3.4.	Rješenja i opis zahvata sanacije oštećene konstrukcije.....	26
4.	Proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti postojeće i sanirane konstrukcije (statički proračun).....	28
4.1.	Osnovna djelovanja i utjecaji na konstrukciju.....	29
4.1.1.	Vertikalna djelovanja.....	29
4.1.2.	Opterećenje snijegom.....	30
4.1.3.	Opterećenje vjetrom.....	31
4.1.4.	Potresno opterećenje.....	36
4.2.	Proračunski modeli postojeće konstrukcije, podaci, proračun i rezultati.....	39
4.2.1.	3D proračunski model konstrukcije crkve u Draškovcu.....	39
4.2.2.	Proračunski model krovnih konstrukcija.....	77
4.2.3.	Proračun grupe pilota za sanaciju temelja bočnih kapela.....	78
5.	Rekapitulacija i prijedlog provedbe hitnih mjera konstruktivne sanacije.....	89
5.1.1.	Ojačanje temeljnog tla ispod temelja bočnih kapela crkve.....	89
5.1.2.	Sanacija pukotina na konstrukciji crkve.....	91
6.	Zaključak.....	93
7.	Literatura.....	95

1. Uvod

Potres je iznenadna i kratkotrajna vibracija tla uzrokovana urušavanjem stijena (urušni potres), magmatskom aktivnošću (vulkanski potres) ili tektonskim poremećajima (tektonski potres) u litosferi i dijelom u Zemljinu plaštu. [1]

Prije dvije godine Hrvatsku su pogodili potresi velikih magnituda koji su izazvali značajna oštećenja na građevinama širom Hrvatske. Dana 22. ožujka 2020. godine u Zagrebu su se dogodila tri jaka potresa. Kod prvog potresa zabilježeno je podrhtavanje tla jačine 5,4 po Richteru sa epicentrom 7 kilometara sjeverno od središta Zagreba na dubini od 10 kilometara. Kod drugog potresa zabilježeno je podrhtavanje tla jačine 5,0 po Richteru, dok je treći potres bio jačine 3,7 po Richteru. Nakon njih uslijedila je serija slabijih potresa. Dana 28. prosinca 2020. godine kod Petrinje dogodio se potres magnitude 5.0 po Richteru, te je uslijedila serija slabijih potresa. Sljedeći dan, 29. prosinca 2020. godine na istom području dogodio se potres magnitude 6.2 po Richteru, koji je bio razoran, te je uz velike materijalne štete potres uzeo i ljudske žrtve. Nakon tih potresa, na istom području tijekom cijele 2021. godine, a i do dan danas, zabilježene su naknadne serije slabijih potresa. Potres u Petrinji magnitude 6.2 po Richteru jedan je od dva najjača potresa koji su dogodili na teritorije Hrvatske, a koji su instrumentalno zabilježeni otkako se u Hrvatskoj instrumentalno bilježe potresi. [6]

Potresom u Petrinji, većina starijih, a i novijih građevina, znatno je oštećeno, ne samo na užem epicentralnom području Petrinje, Siska, Gline i okolice, već i u drugim udaljenim dijelovima na području Republike Hrvatske, pa je tako došlo do oštećenja nosive konstrukcije župne crkve Sv. Roka u Draškovcu koja je predmet ovog diplomskog rada.

Crkva Sv. Roka prvi put se spominje u kanonskoj vizitaciji 1774. godine kao nova kapela župe u Prelogu, a njezina izgradnja bila je dovršena 1779. godine. Crkva se nalazi središtu naselja Drašovec. Ispočetka je imala samo jedan toranj, da bi se u vizitaciji iz 1882. godine spominjalo da je sagrađen i drugi toranj. Crkva je jednobrodna građevina, s dvije bočne kapele i s dva zvonika u liniji glavnoga zabatnog pročelja, tako da je tlocrtno u obliku križa. [7]

Cilj ovog diplomskog rada je izrada projekta hitne obnove župne crkve Sv. Roka u Draškovcu. Proveden je detaljni vizualni pregled zgrade kojim su utvrđena oštećenja, ali zbog starosti građevine i činjenice da su zadnji veliki radovi na njenoj rekonstrukciji bili u prošlim stoljećima i nisu dokumentirani, nije poznato stanje pukotina prije gore spomenutih potresa, te su tokom

potresa u Zagrebu i na Banovini oscilacije konstrukcije vjerojatno te osnovne pukotine i oštećenja, još povećali i umnožili.

Prema "PROGRAMU MJERA OBNOVE ZGRADA OŠTEĆENIH POTRESOM" ova građevina spada pretežno u kategoriju oštećenja U2 – Uporabljivo s preporukom (zeleno), a manjim dijelom u kategoriju PN 1 - Privremeno neuporabivo (žuta naljepnica).

U tu svrhu izrađen je statički proračun prije i poslije strukturalne obnove zgrade na bazi 3D modeliranja i simulacija na potres, te je izrađena analiza rezultata uz prijedlog sanacije.

2. Opis postojećeg stanja građevine

Župna crkva sv. Roka nalazi se u središtu današnjeg naselja Draškovec. Ovo je jednobrodna građevina, s dvije bočne kapele i s dva zvonika u liniji glavnoga zabatnog pročelja, tako da je tlocrtno u obliku križa. Izgradnja crkve vezana je uz grofa M. I. Althana, i traje do 1779.g. No, tek prigradnjom bočnih kapela 1912. crkva dobiva današnji izgled. Iako po godinama gradnje pripada kasnobaroknom vremenu, detaljima na pročelju, te uređenjem prostora u cjelini odiše duhom klasicizma.

Crkva se gradila od 1774.-1779.godine. Vizitator Kološvari 04.12.1793. godine spominje da je crkva sv. Roka zidana, nadsvođena, pokrivena crijepom, popločena kamenom iznutra i izvana pobijeljena, ima toranj s četiri zvona. Nabavljene su orgulje sa 6 registara. 1793. godine spominje se sakristija i propovjedaonica kao novoizgrađene, a 1779. godine tri oltara kao nebojeni, 1845. godine izgrađen oratorij iznad sakristije. 1822. godine spominju se dva tornja s kapama od bakra. 1912. godine izgrađene su pobočne kapele. Inventar crkve je iz kraja XVIII. i početka XIX. stoljeća.

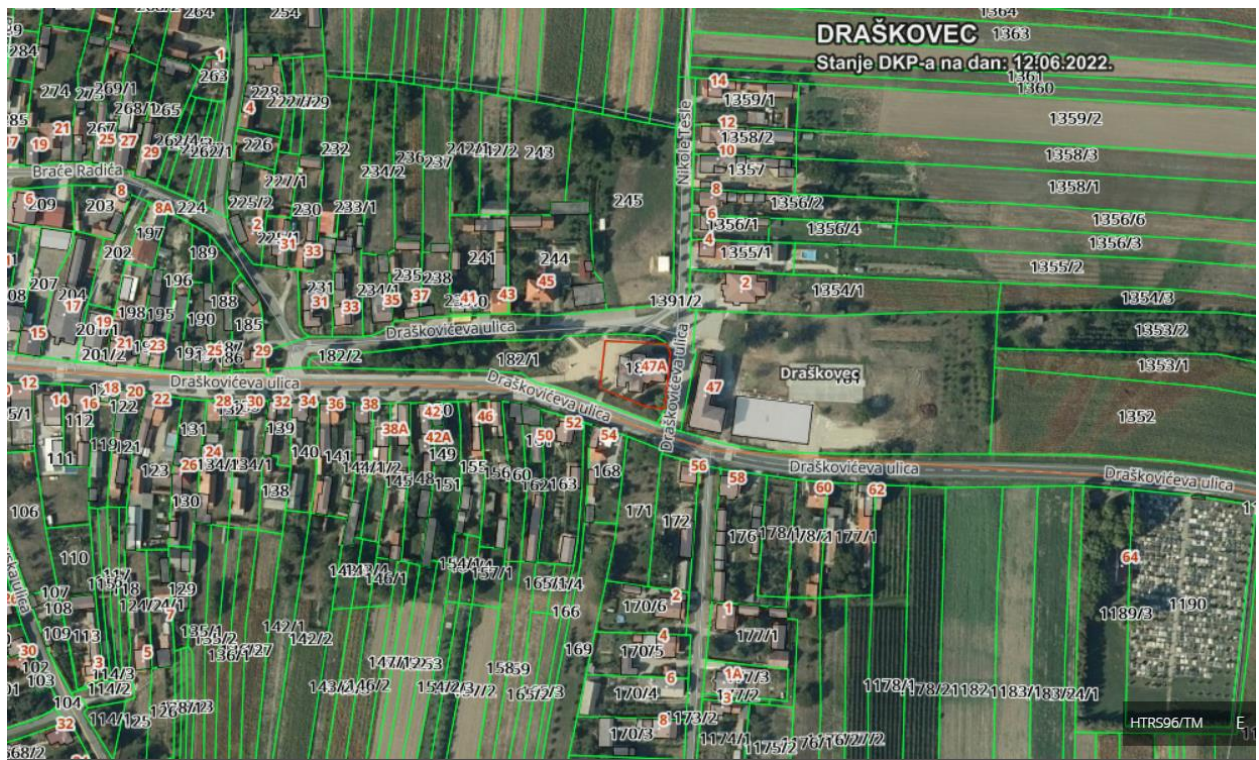
Crkva sv. Roka u Draškovcu zavedena je kao nepokretno kulturno dobro - pojedinačno - pod oznakom Z-1119, dakle ima pravni status zaštićena kulturnog dobra, klasificirano kao "sakralna graditeljska baština". [8]

2.1. Lokacija

Crkva sv. Roka nalazi se na građevnoj čestici k.č.br. 183. k.o. Draškovec

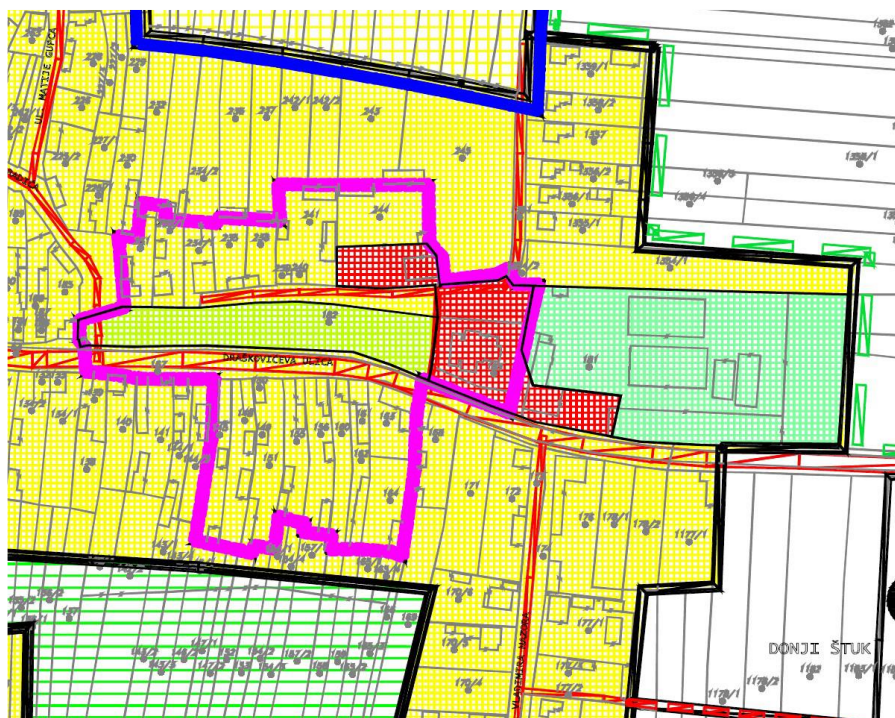


Slika 2.1. Prikaz mikrolokacije katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr>)



Slika 2.2. Prikaz makrolokacije katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr>)

Na području na kojem se nalazi katastarska čestica na snazi je Prostorni plan uređenja Grada Preloga („Službeni glasnik Međimurske županije“, broj 7/03, 22/08, 5/09, 4/12, 5/13, 18/14 i 7/20), te je čestica unutar zone centralnih i društvenih sadržaja, te u zoni s obvezom uređenja prostora kulturno-povijesnih ili krajobraznih vrijednosti. [9]



Slika 2.3. Prikaz lokacije prema PPUG-a Preloga

2.2. Opis postojeće nosive konstrukcije

Tlocrtna bruto površina crkve sa zvonnicima iznosi 408 m². Jednobrodna lađa crkve je (bez tornjeva i prostora kora, te apside) duljine oko 14,00 m i širine 11,00 m. Bočne kapele su tlocrtno pravokutne, dimenzije 7,50 x 5,00 m, a apside je tlocrtno 8,00 x 8,00 m i završava blago zaobljenim čeonim zidom svetišta crkve. Bočno uz apsidu i bočnu kapelu dograđena je sakristija s bitno nižim krovom od ostalih krovova crkve. Uz kor, jedino ona ima i kat. Zidovi glavnog dijela crkve su visine do 7,50 m, a vrh krovišta je na +13,00 m. Sva krovišta su drvena s klasičnim vezovima i pokrivena crijepom, a krovovi su dvo ili višestrešni. Svaki zvonik ima tlocrtnu dimenziju 5,00 x 5,00 m, a zajedno s prostorom kora i ulaznog dijela ispod njega su tlocrtno 5,00 x 16,00 m. Oni su integrirani u konstrukciju crkve i izrastaju iz njenih zidova, ali ne dodiruju bočne kapele. Visina zidova zvonika je 22,50 m, a ukupno su zvonici s krovom visoki 34,00 m. Svi glavni prostori crkve su nadsvođeni sa zidanim križnim svodovima.

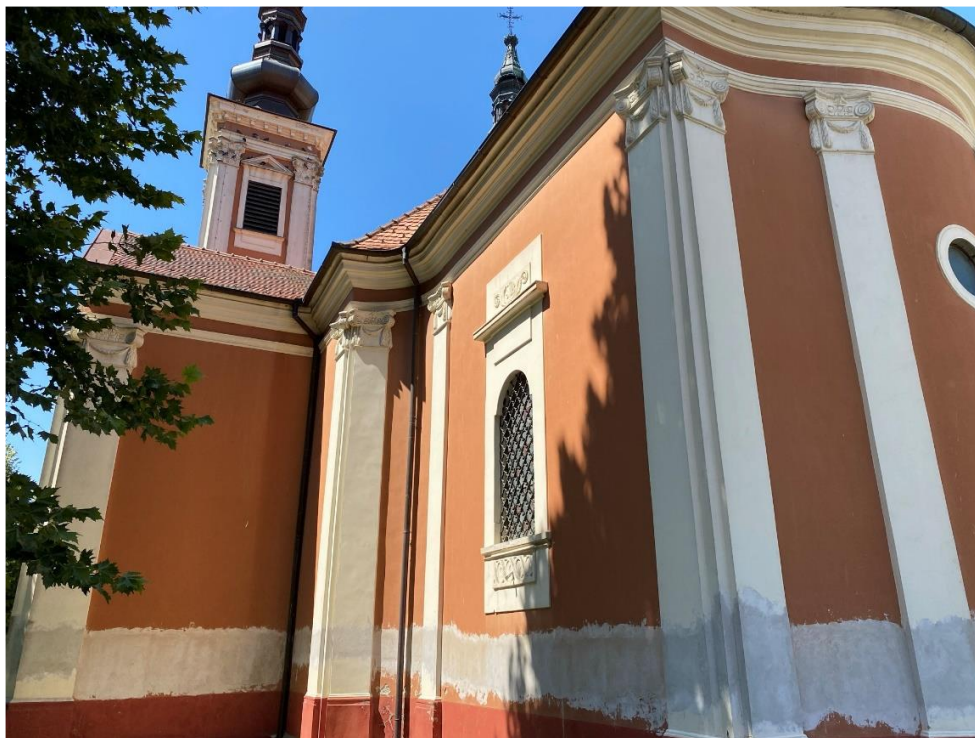
Svi dijelovi crkve su pokriveni s kosim krovovima. Radi se o više konstrukcija klasičnih drvenih dvo ili višestrešnih krovišta:

- dvostrešno krovno iznad glavnog dijela crkve, produženo je s prednje strane crkve u uže krovno nad korom smješteno između zvonika, a sa zadnje strane prelazi (pod jednom istom krovnom plohom) u nešto uže dvostrešno krovno nad apsidom, koje završava s poligonalnim krovom
- dva niža dvostrešna krovišta iznad bočnih kapela
- sjeverno jednostrešno krovno nad sakristijom je niži produžetak glavne plohe krova
- klasično visoko četverostrešno krovno nad oba zvonika

Kako se gradivo zidova crkve ne može točno utvrditi jer je skriveno žbukom i freskama, tako je pretpostavljeno da je donji dio zidova crkve sagrađen od miješanog materijala kamena i opeke, a njihovi gornji dijelovi i svodovi su od pune opeke starog formata. Temelj crkve također je napravljen od kamenih blokova i komada, a mjestimično je rekonstrukcijom dorađen također opekom.



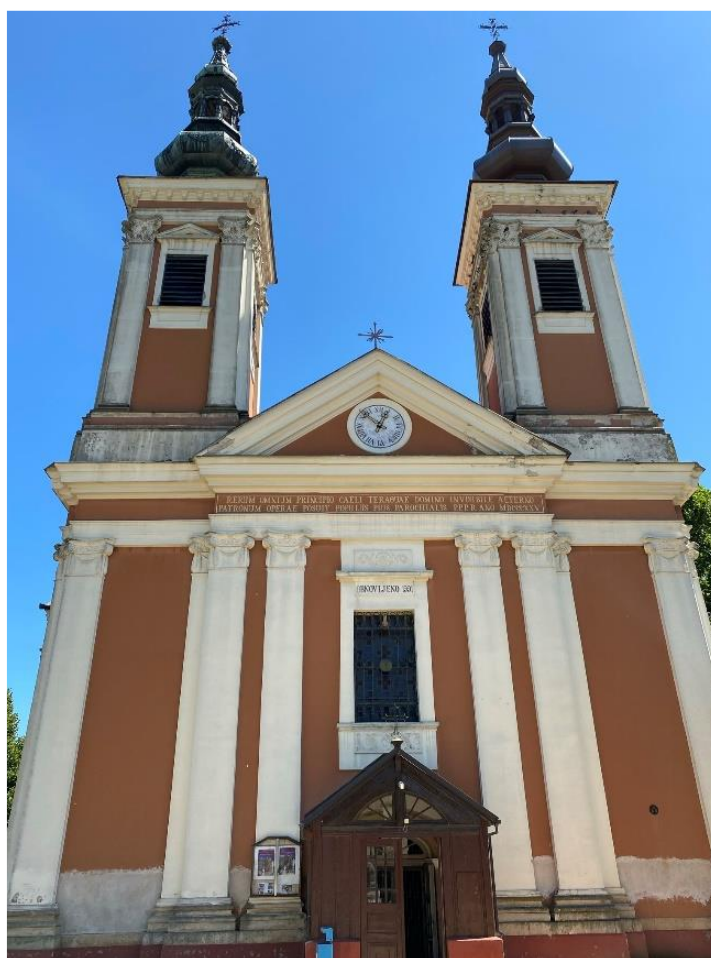
Slika 2.4. Sjeverno pročelje



Slika 2.5. Južno pročelje

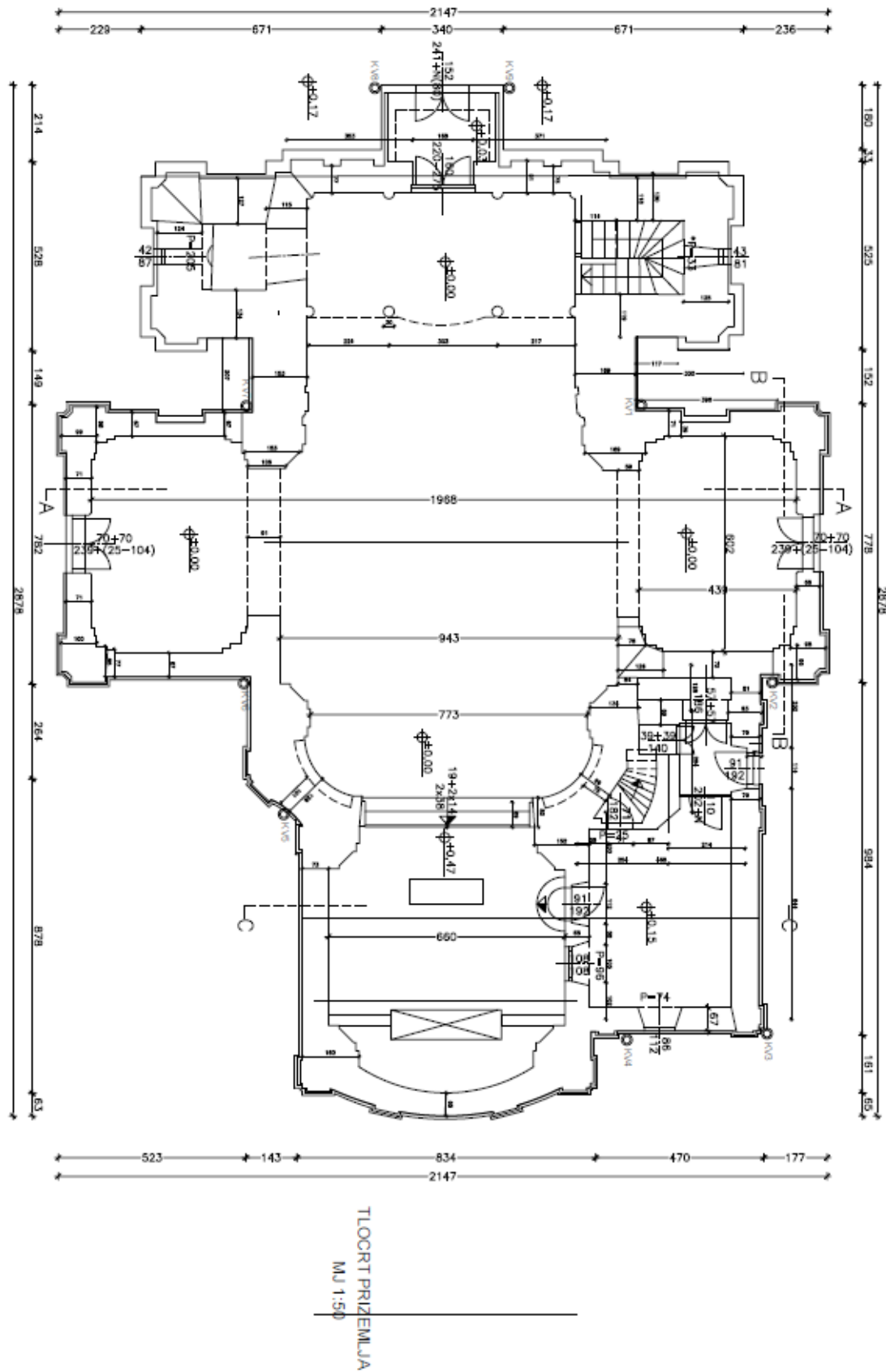


Slika 2.6. Istočno pročelje

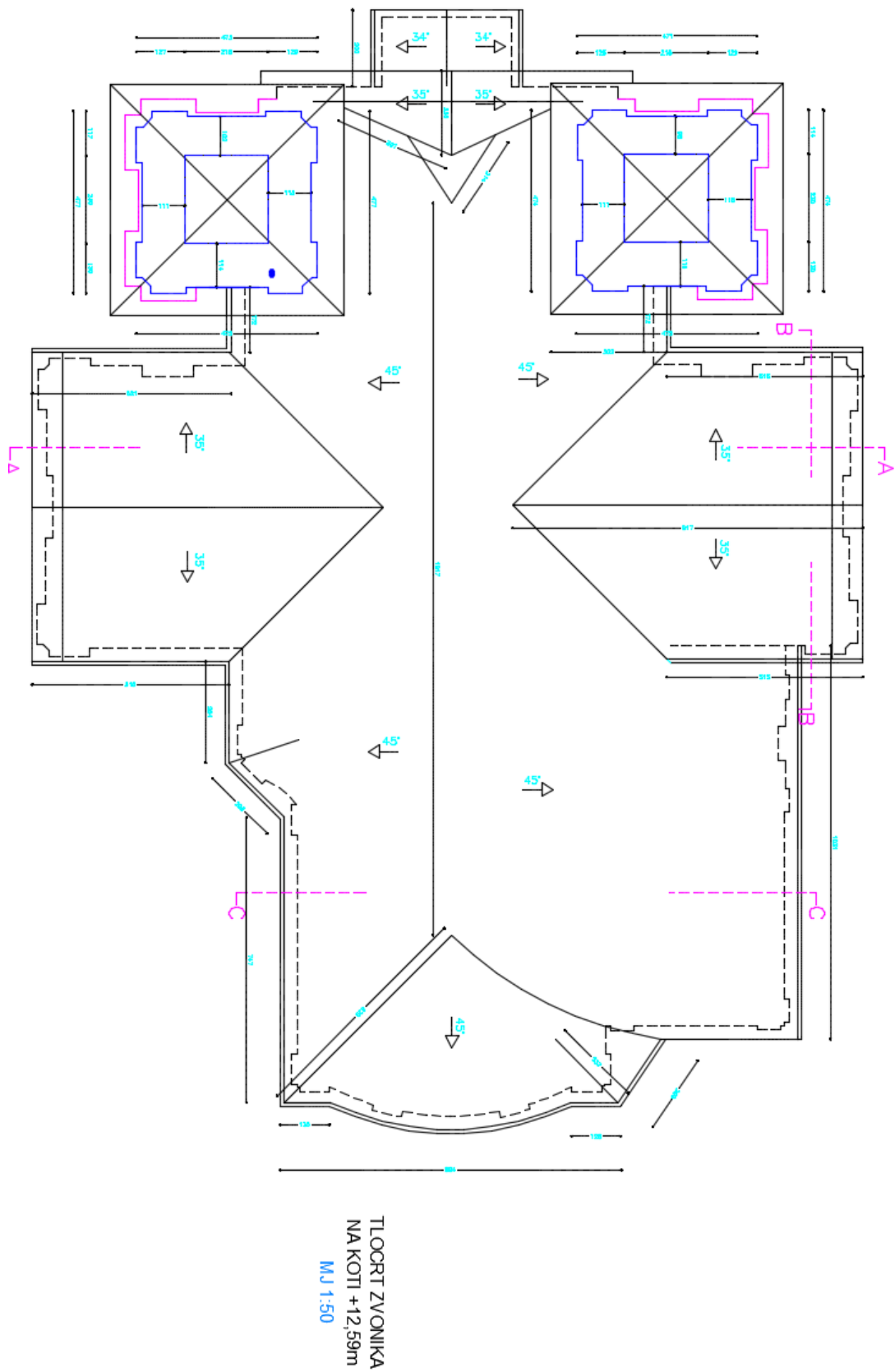


Slika 2.7. Zapadno pročelje

2.3. Snimak postojećeg stanja



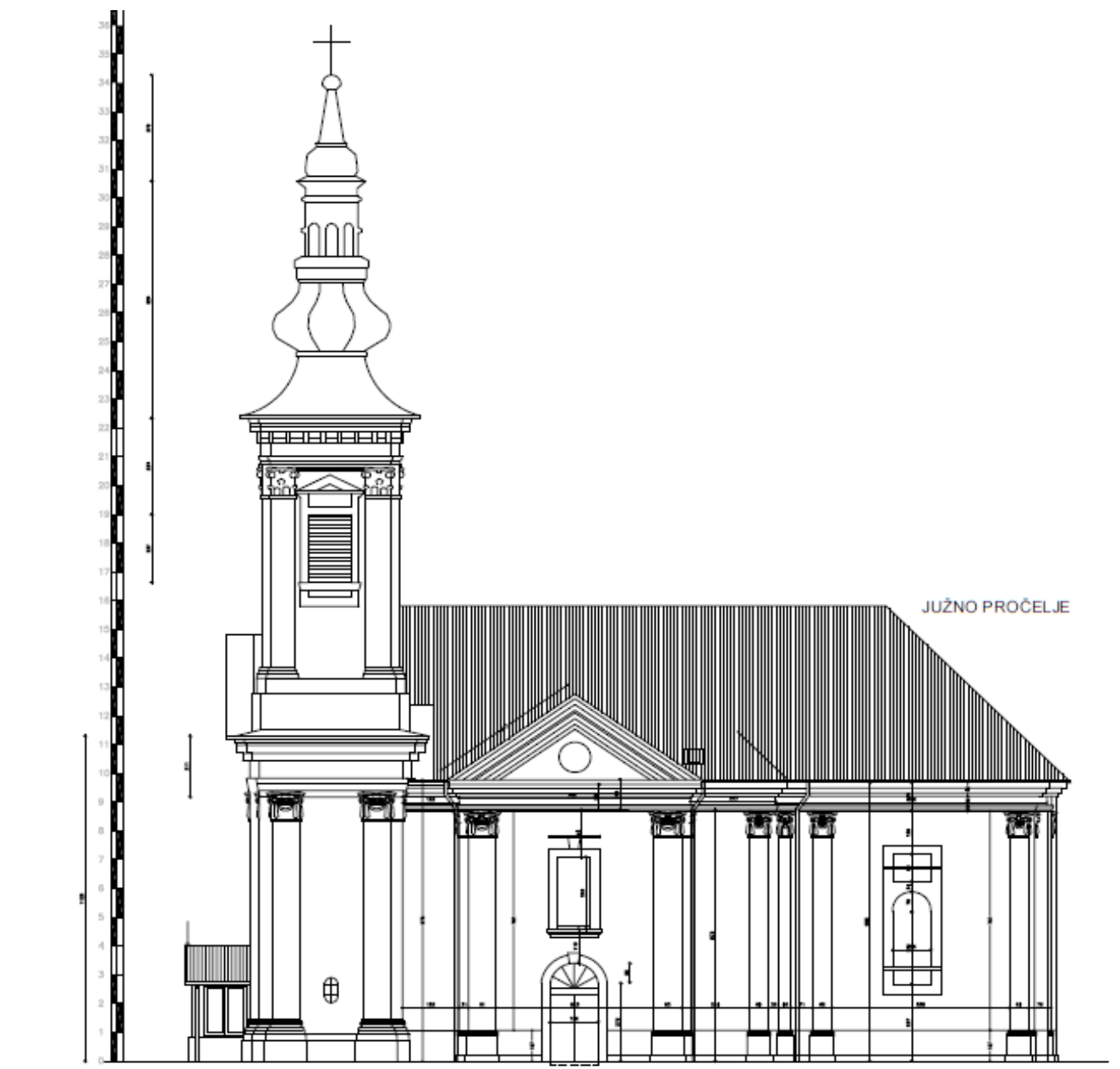
Slika 2.8. Prikaz tlocrta prizemlja



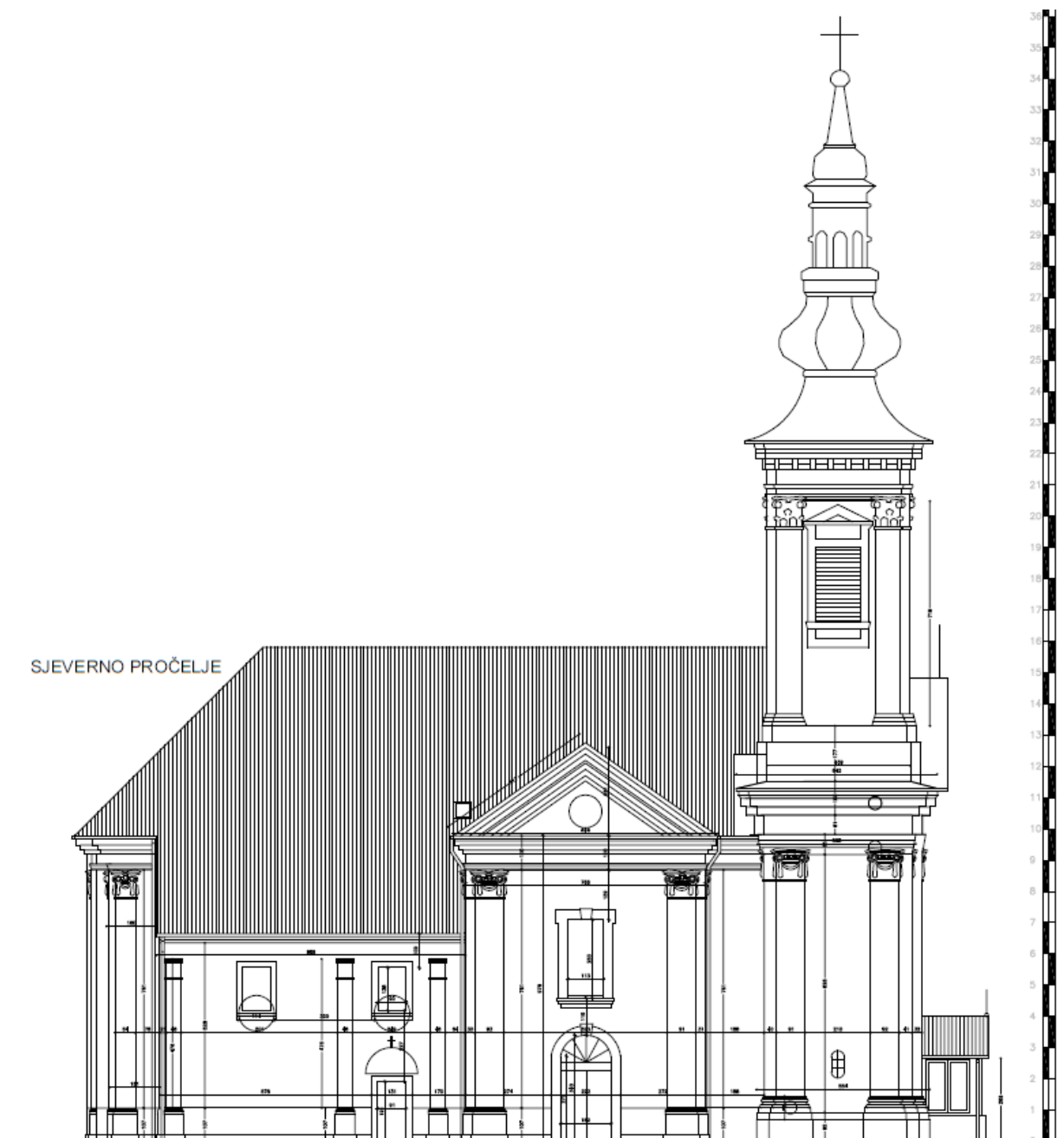
Slika 2.11. Prikaz tlocrta s prejecima zvonika na koti + 12,59 m



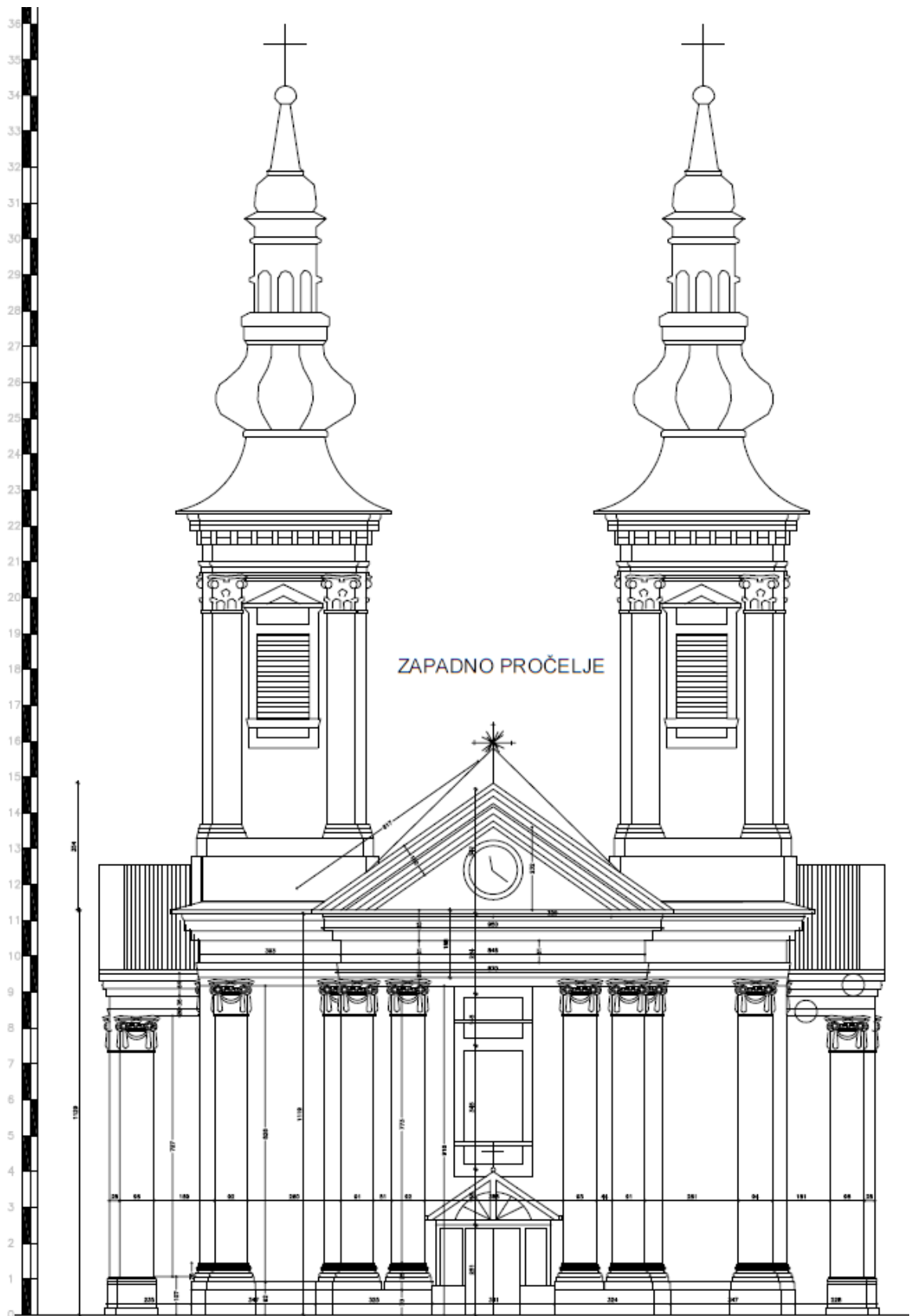
Slika 2.12.. Istočno pročelje



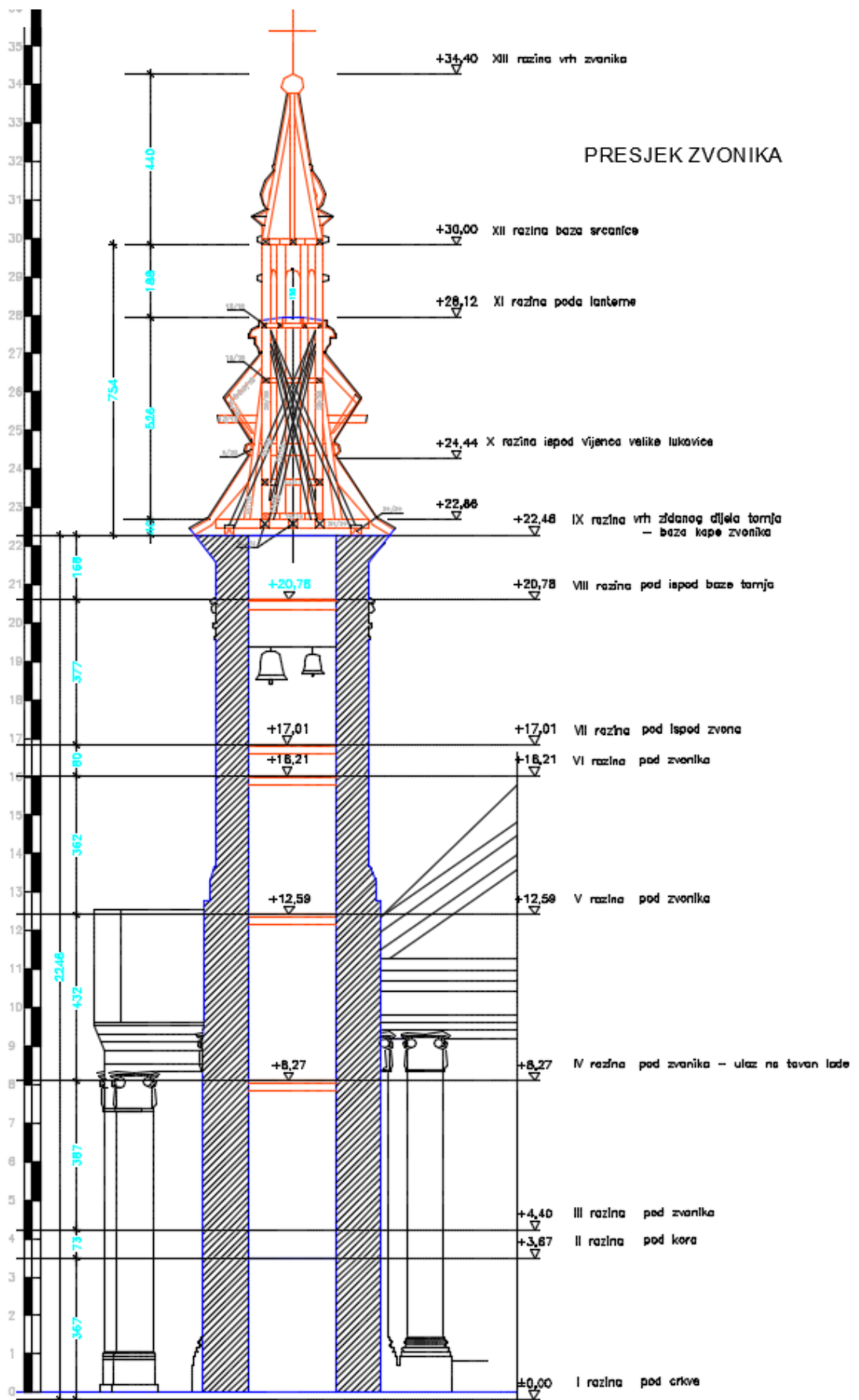
Slika 2.13. Južno pročelje



Slika 2.14. Sjeverno pročelje

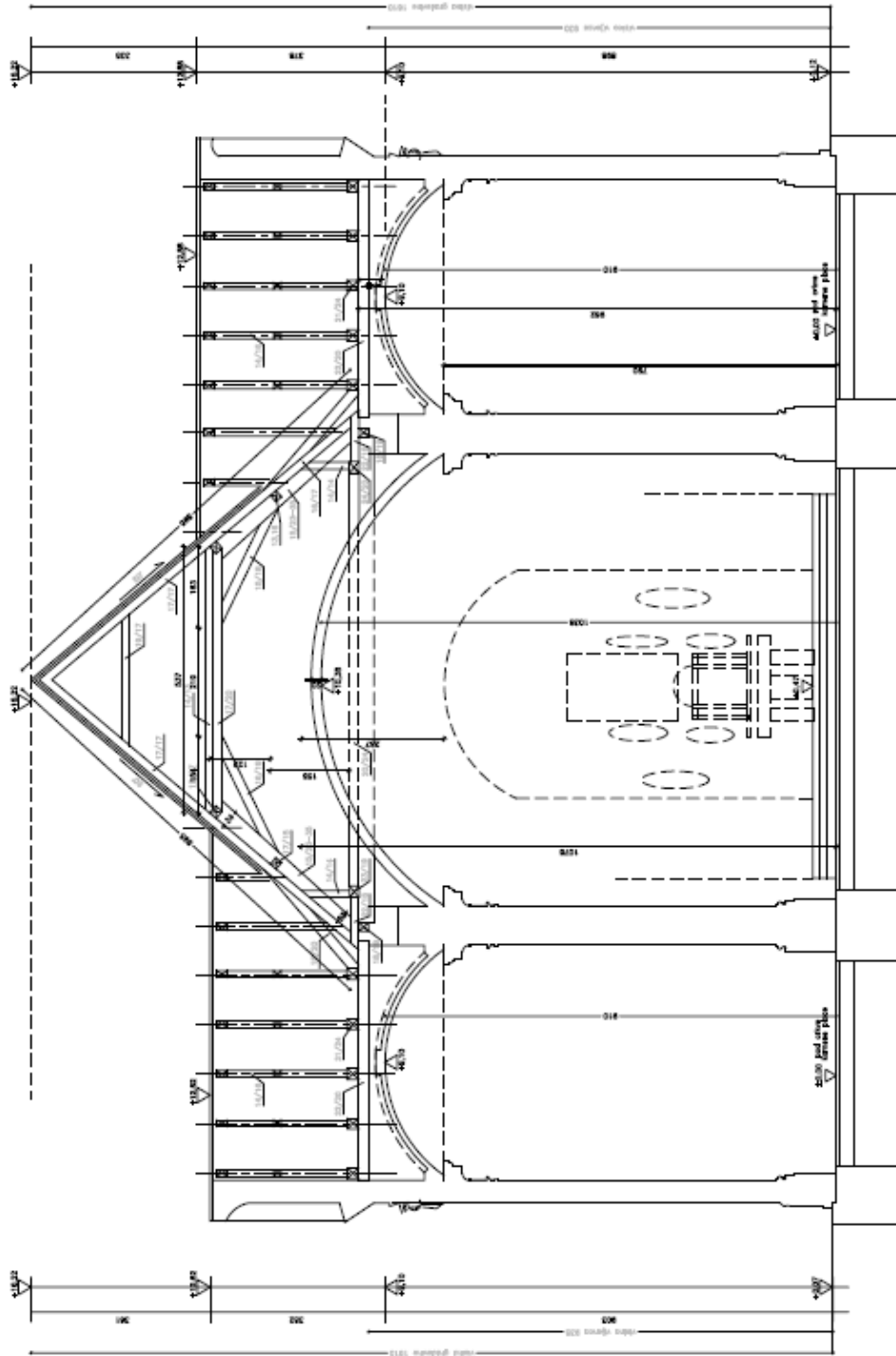


Slika 2.15. Zapadno pročelje



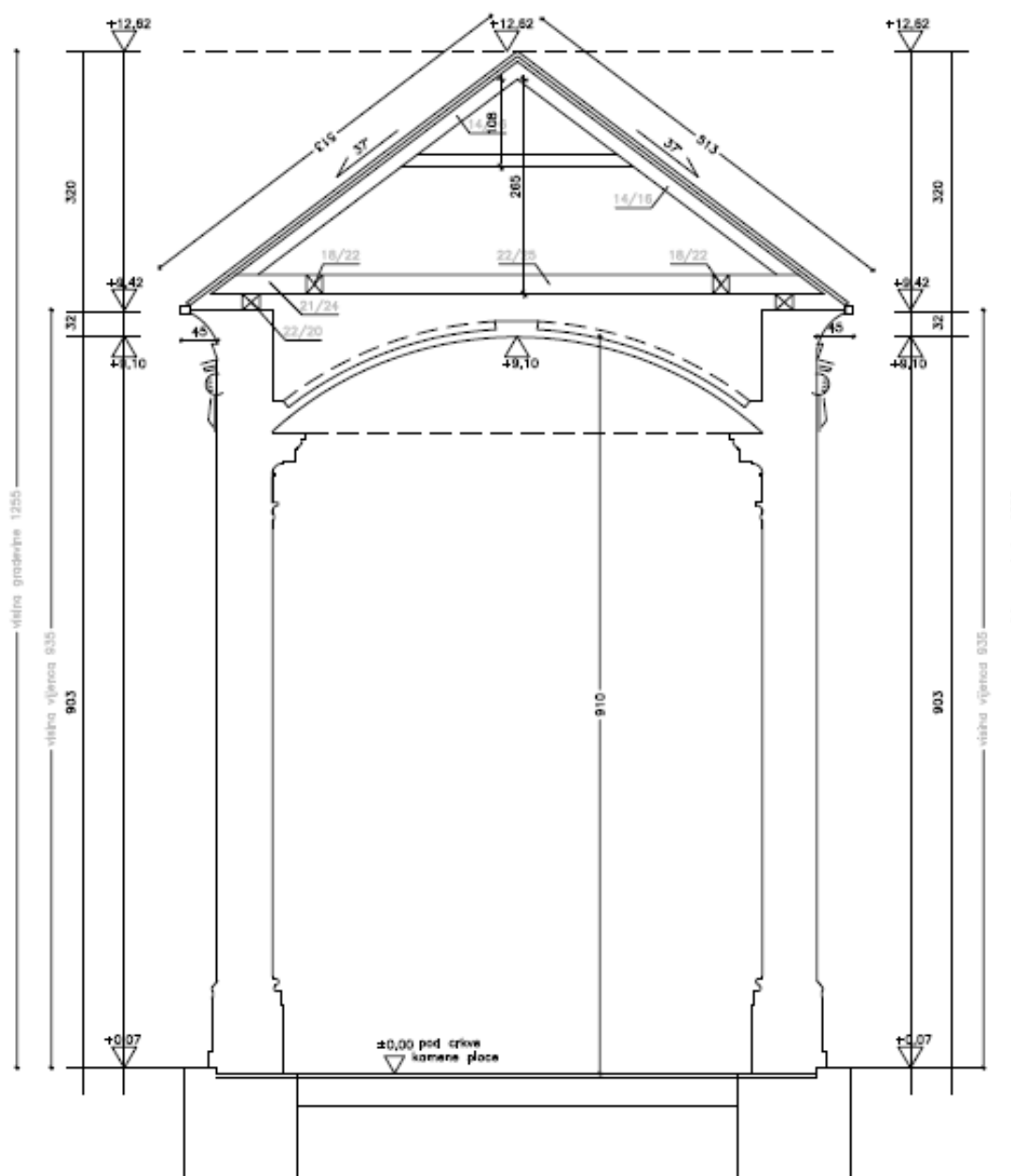
Slika 2.16. Presjek zvonika po visini

PRESJEK A - A
MJ 1:50



Slika 2.16.. Presjek A-A

PRESJEK B - B



Slika 2.17. Presjek B-B

3. Utvrđeno stvarno stanje konstrukcije i potrebna intervencija

3.1. Zatečeno stanje oštećenja nosive konstrukcije

U svrhu ocjene postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve izrađen je Elaboratu ocjene postojećeg stanja nosive konstrukcije (Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva dr.sc. Matije Oreškovića, dipl.ing.građ., broj ovlaštenja G5670, oznaka elaborata PR/2021/15-E, kolovoza 2021. Godine), u kojem su opisana sva vidljiva oštećenja sa opisom najvjerojatnijih uzroka. Opisana oštećenja u svakojake su naravi i na raznim mjestima. U suštini, ona se protežu cijelim konstruktivnim sustavom crkve Sv. Roka.

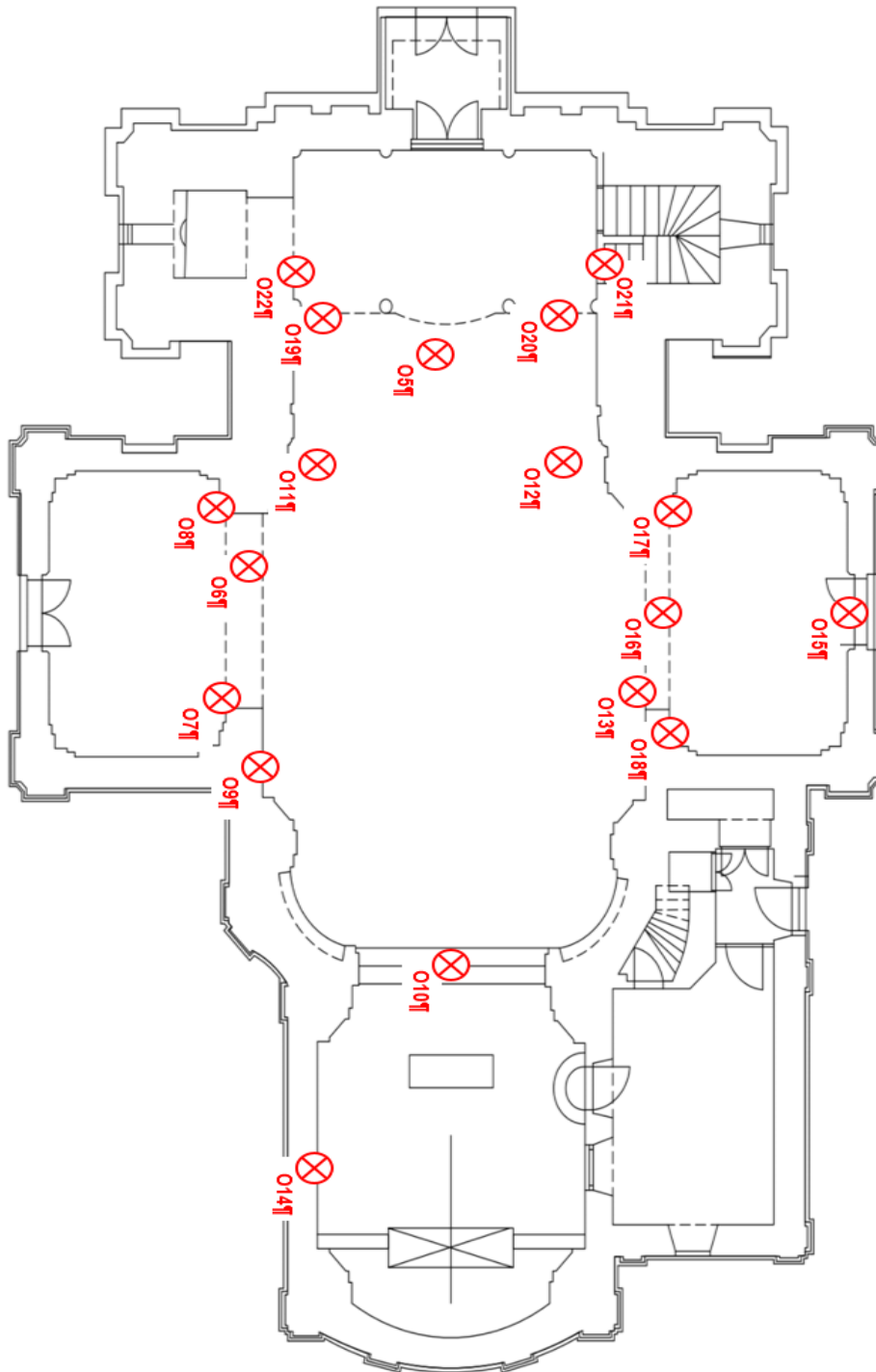
Najveća oštećenja detektirana su na

- bočnim kapelama (sjeverna i južna) koje su dograđene 1912. god.
- sjevernom tornju zvonika crkve (kapa zvonika)
- unutrašnjost crkve – lukovi i svodovi a opet najviše spoj bočnih kapela
- dotrajali spojni dijelovi krovne konstrukcije
- Uzrok nastanka vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa.
- Horizontale pukotine na vanjskom oplošju crkve samo su dodatna potvrda slijeganja bočnih kapela, odnosno vertikalnog pomaka temelja uzrokovanih potresom.
- Nakon sanacije temelja (koje će se morati izvesti cijevnim pilotima) sanirat će se unutrašnjost crkve, počevši također od ovih mjesta gdje su se sjeverna i južna kapela odvojile od glavnog broda crkve. Ta hitna sanacija morat će se provesti kombinacijom novih zatega te injektiranjem pukotina na mjestima odvajanja. No, glavninu oštećenja riješit će hitna sanacija temelja i temeljnog tla uz obod dograđenih kapela.
- Oštećenja bočne sjeverne kapele O13, 16, 17, i 18 identične su onima južne bočne kapele. Ta konstruktivna oštećenja također direktno ukazuju na odvajanje bočne kapele po njenom cijelom obodu a što se detaljno može razaznati na temelju pukotinskog sustava koji se širi uz cijeli luk spoja kapele i glavnog broda crkve.
- Kako je pomak okomit na pukotinu, ovdje je jasno da je došlo do odvajanja bočne kapele u smjeru sjevera a čemu se uzrok mora tražiti u temelju, odnosno temeljnom tlu.
- Prioritetna sanacija ove vrste oštećenja isto tako se treba nalaziti na mjestu uzroka, odnosno također temelju i temeljnom tlu dok su za to najadekvatnije metode pilotiranja temelja (u ovom slučaju cijevnim pilotima naknadno injektiranim cementnom suspenzijom).
- Sanacijom bi trebalo zatege dodatno pregledati i zategnuti a neke i (ako je to moguće) i zamjeniti. Naime, zatege u potkrovlju su starijeg datuma, odnosno njihovo zatezanje postiže se dodavanjem klinova u otvor zatege.
- Krovna konstrukcija crkve je u dobrom stanju, osim određenih spojeva koje bi svakako trebalo ojačati prilikom sanacije umetanjem čeličnih spojeva na vijak (tu se prvenstveno misli na mjesta spojeva rogova, greda i stupova).

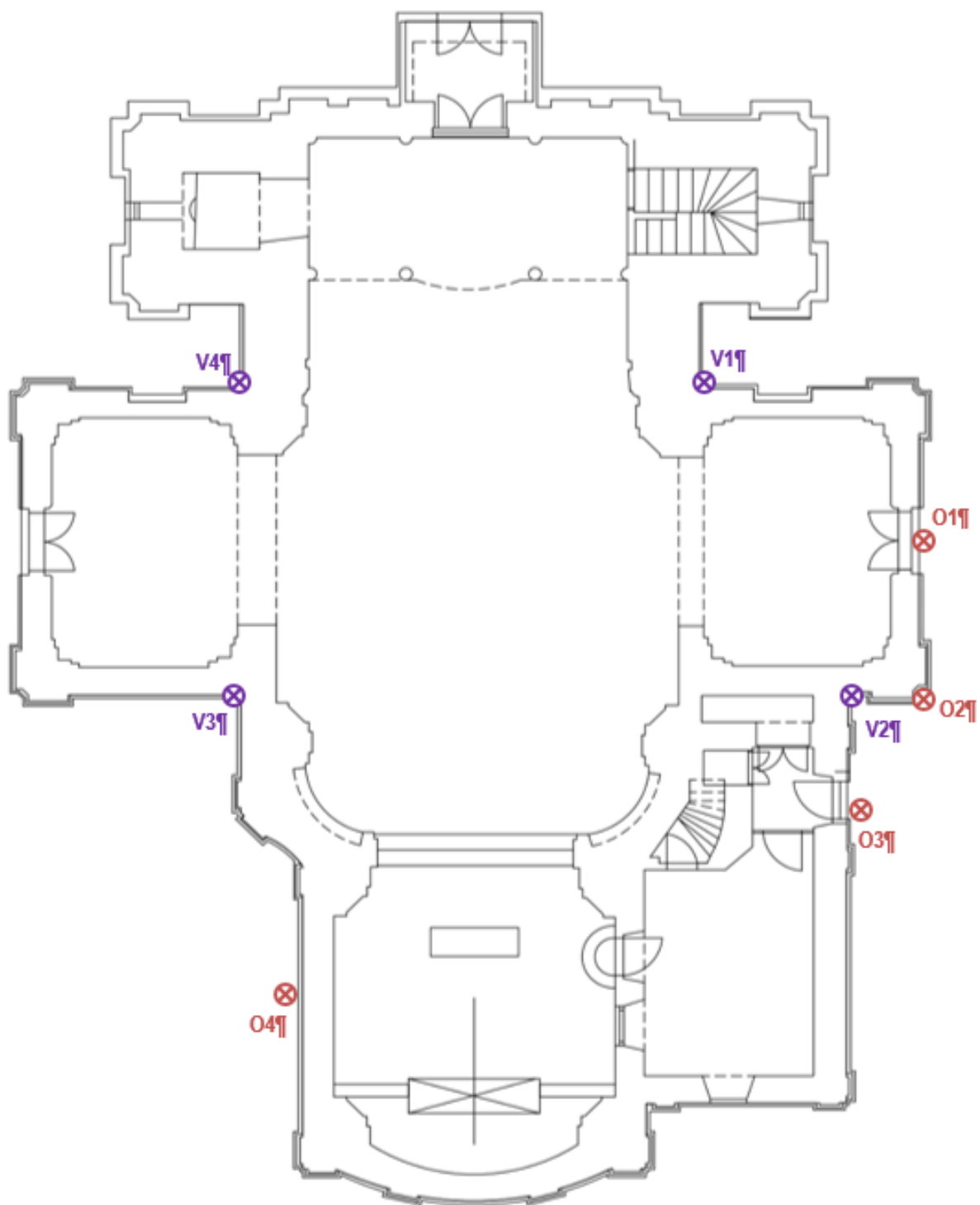
- Na zapadnom vanjskom zidu primjećuju se dvije velike vertikalne pukotine uz same zvonike crkve koje se protežu cijelom visinom zida. Uzrok pukotina svakako leži u tome što su bočni zidovi (sjeverni i južni) ujedno i glavni nosivi zidovi tornjeva dvaju zvonika.
- Uz sjeverni i južni zid spojeva tornjeva također se primjećuju dotrajali spojevi krovne konstrukcije koji su s vremenom istrunuli te ih je potrebno zamijeniti i sanirati. Spoj gredastup na tom mjestu također nije izveden na adekvatan način te bi ga svakako trebalo sanirati umetanjem novog spoja te dodatnim ojačanjem čeličnim elementima (spojevima).
- Kapa (lanterna) sjevernog zvonika vidljivo se nagnula tijekom potresa a time i oštetila te bi hitne mjere sanacije također trebale obuhvatiti i taj dio crkve. Njezina sanacija trebala bi se odvijati umetanjem novog nosivog sustava u kapu zvonika, identično kako je to odrađeno na južnom zvoniku.
- Oštećenja uz sjeverni zvonik dodatno upućuju na pomake koji su se dogodili tijekom potresa a i samim nagib lukovice zvonika (koji je vidljiv prostim okom) implicira na oštećenja koja su nastala kombinacijom potresa, ranijih slijeganja tornja te samom dotrajalošću i opterećenjem lukovice zvonika i njenog nosivog sustava.

3.2. Snimak zatečenih oštećenja konstrukcije

U Građevinskom elaboratu za crkvu u Draškovcu detaljno je priložena fotodokumentacija mjesta oštećenja i prikazani tlocrti s oznakama i naznakama položaja tih oštećenja. Ovdje su prikazani samo navedeni tlocrti po različitim lokacijama na konstrukciji:



Slika 3.1. Prikaz unutarnjih oštećenja



Slika 3.2. Prikaz vanjskih oštećenja

3.3. Analiza stanja i potresna otpornost postojeće konstrukcije, te potrebna razina njezine obnove

3.3.1. Analiza stanja i uzroka postojećih oštećenja konstrukcije crkve

Prikazana konstruktivna oštećenja u prvom redu se odnose na vidljive pukotine izvana i iznutra, a iznutra još i dodatno otpadanje dijelova žbuke na mjestima većih oštećenja. Deformacije (pomaci od početno izvedenog stanja), koje se mjestimično vide, nisu toliko izražene i da bi se njih moglo uzimati u razmatranja kontrole stabilnosti elemenata konstrukcije, budući da ne znamo početni oblik tih elemenata. Zidani lukovi u pravilu imaju pukotine u podgledu tjemena.

Uzrok nastanka najvećih vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele s osnovnim korpusom crkve, kojemu su one naknadno prigradene, je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa. Vertikalne pukotine na mjestima prigradnje su vidljiva manifestacija svega navedenoga, te bi se osnovna hitna sanacija trebala usmjeriti na stabilizaciju temelja i temeljnog tla, odnosno direktno mjesta u kojima se pojavio uzrok ovih oštećenja.

Osnovna konstrukcija krovišta crkve sastoji se iz vezova, rogova, podrožnica i nazidnica starih preko stotinu godina, koji su zbog lokalnog propadanja uslijed prodora vode u potkrovlje, u bližoj povijesti na dosta mjesta sanirani, prekrajani ili privremeno podupirani. Uglavnom su te drvene konstrukcije u relativno dobrom stanju i zadovoljavaju nosivost, iako su na dosta mjesta vidljivo deformirane. Jednako vrijedi i za dodatne, naknadno postavljene stupove i slična ojačanja, koja ne pripadaju originalnoj konstrukciji, ali ju ne oslabljuju. Zbog svega toga u elaboratu nisu prikazana neka lokalna oštećenja na konstrukciji krovišta, te nisu rađeni istražni radovi na pronalaženju eventualno u zidovima skrivenih zatega ili testiranju jesu li povijesno ugrađene zatege u punoj svojoj funkciji.

3.3.2. Elaborirana ocjena postojećeg stanja konstrukcije crkve

Zbog starosti građevine i činjenice da su zadnji veliki radovi na njenoj rekonstrukciji bili u prošlim stoljećima i nisu dokumentirani, nije poznato stanje pukotina prije prošlogodišnjih potresa. Ipak se smatra da je velik broj pukotina na svodovima crkve, koje su sada evidentirane kao najizraženije, postojale i prije prošlogodišnjih potresa. Tokom i nakon prošlogodišnjih potresa u Zagrebu i na Banovini oscilacije konstrukcije su te osnovne pukotine i oštećenja još povećali i umnožili. Samo proračunske analize postojećeg stanja konstrukcije ne mogu dati egzaktn

odgovor o točnom uzroku/cima ovih oštećenja, bez poznatih početnih uvjeta iz prošlosti ili dugogodišnjih promatranjima stanja i propagiranja oštećenja. Ali već samo njihovo postojanje latentna je opasnost u budućim potresima.

Prema PROGRAMU MJERA OBNOVE ZGRADA OŠTEĆENIH POTRESOM ova građevina spada pretežno u **kategoriju oštećenja U2** – Uporabljivo s preporukom (zeleno):

„zgrada se može upotrebljavati u skladu s predviđenom namjenom, osim u pojedinim dijelovima gdje postoji neposredna opasnosti za dio zgrade. Građevinski stručnjak daje preporuke za uklanjanje opasnosti i preporuke korisnicima za privremeno ograničavanje boravka u pojedinim dijelovima zgrade. Nakon uklanjanja opasnosti zgrada se može koristiti“,

a manjim dijelom u **kategoriju PN 1** - Privremeno neuporabivo (u potpunosti ili djelomično) – (žuta naljepnica):

„potreban detaljan pregled. Zgrada ima umjerena oštećenja bez opasnosti od urušavanja. Nosivost zgrade je djelomično narušena. Ne preporučuje se boravak u zgradi, odnosno građani u takvoj zgradi borave na vlastitu odgovornost. Kraći boravak u zgradi je moguć, uz savjete građevinskog stručnjaka koji se odnose na potrebne mjere i ograničenje boravka. Građevinski stručnjak daje preporuke za uklanjanje opasnosti.“[3]

3.3.3. Zaključak ocjene postojećeg stanja

Oštećenja predmetne građevine koja su dokumentirana u Građevinskom elaboratu postojećeg stanja, okarakterizirana su kao tipovi oštećenja razine 2 od potresa (na nekoliko mjesta i prema 3). To su umjerena do jača oštećenja nosivih elemenata konstrukcije koji su bili oštećeni prije, a uslijed potresa su povećani i potreban je njihov popravak, sanacija ili djelomična zamjena da se dobije poboljšanje konstrukcije kao cjeline koja treba biti otporna na potrese ubuduće.

Obnova konstrukcije zgrade provodi se u skladu s člankom 17. "Zakona o obnovi zgrada oštećenih u potresu" prema razinama obnove građevinskih konstrukcija iz Priloga III. Tehničkog propisa za građevne konstrukcije [4], kako slijedi:

- Razina 2 – popravak konstrukcije
- Razina 3 – pojačanje konstrukcije

Razina 2: podrazumijeva popravak konstrukcije sa sljedećim zahvatima:

- popravak većih pukotina u nosivim zidovima
- obuhvatniji popravak krovišta ako je vidljivo oštećeno potresom
- popravak i povezivanje zidova
- mjere stabilizacije nepridržanih zidova

Navedeni zahvati uključuju izvođenje sljedećih građevinskih radova:

- lokalno povezivanje nosivih zidova
- izvedba armirane žbuke na pojedinim zidovima
- ugradnja sidara za mjestimično povezivanje međukatnih konstrukcija i nosivih zidova te pregradnih s nosivim zidovima
- lokalno unošenje prednapona
- lokalno ojačanje zidova ili svodova FRP-om, mrežama od staklenih vlakana i sl.

Razina 3 podrazumijeva pojačanje konstrukcije sa sljedećim zahvatima:

- pojačanja nosivih zidova (injektiranje, fugiranje, prezidavanje, FRP, mreže od staklenih vlakana usidrenih GFRP sidrima, torkretiranje)
- pojačanje ili izvedba novih međukatnih konstrukcija i krovišta sa propisanim sidrenjem u zidove
- pojačanje temelja [5]

3.4. Rješenja i opis zahvata sanacije oštećene konstrukcije

Kao što je već navedeno, najveća oštećenja na nosivoj konstrukciji crkve detektirana su na:

- spojevima glavnog dijela crkve s bočnim kapelama (sjeverna i južna) koje su dograđene 1912. god.
- sjevernom tornju zvonika crkve (kapa zvonika)
- unutrašnjost crkve – lukovi i svodovi a opet najviše spoj bočnih kapela
- dotrajali spojni dijelovi krovne konstrukcije

Mjere i radovi na sanaciji i ojačanju konstrukcije crkve podijeljeni su na:

I. Hitne mjere i radovi na parcijalnoj sanaciji oštećenja nastalih u potresu:

- ojačanje temeljnog tla ispod temelja bočnih kapela crkve
- sanacija pukotina na zidovima, svodovima i lukovima crkve
 - A) sanacija nosivih elemenata dubinskim injektiranjem
 - B) povezivanje konstrukcije sidrima i zategama
- dovršetak sanacije krovišta sjevernog zvonika

II. Predviđene ostale mjere sanacije koje nisu nužne hitno, već potrebne za dugoročnu i ukupnu sanaciju i zaštitu sada oštećene konstrukcije:

- Sanacija drvenih krovnih konstrukcija krovišta crkve
Radi se o zamjeni oštećenih, deformiranih, dotrajalih ili istrunulih elemenata krovišta, te kontroli spojeva i mjestimičnim ojačanjima ili dopunama čeličnih spojnih elemenata.

Same drvene konstrukcije svih krovišta nisu bitno ili vidljivo deformirane ili oštećene da bi trebale hitnu sanaciju, ali postoje mjesta, pojedinačni element i spojevi elemenata krovnih konstrukcija koji zahtijevaju ojačanja, zamjene zbog dotrajalosti ili dodatne elemente nekih vezova kojima će se sva krovišta osigurati i od svih nestabilnosti za ekstremnija današnja opterećenja vjetrom snijegom, a i budućim potresom.

- Sanacija to jest ojačanje zabatnih zidova crkve

Radi se o zabatnom trokutu nad ulaznim dijelom crkve, te zabatnom trokutu bočnog zida sakristije. Na njima do sada nisu opažena oštećenja niti dugoročna, niti od prošlogodišnjih potresa, nemaju veliku masu i ne spadaju dijelove konstrukcije koje treba hitno sanirati. Ali se dugoročno treba ispitati i računski provjeriti kako otpornost samih tih zabata, tako i drvenih konstrukcija krovišta iza tih zidova na dodatnu horizontalnu nosivost zida zabata, te eventualno načine njihovog povezivanja.

Za sanaciju ove crkve propisani su posebni tehnički uvjeti gradnje od Konzervatorske službe Uprave za zaštitu kulturne baštine Ministarstva kulture i oni se odnose na očuvanje crkve kao zaštićenog spomenika naše povijesti i kulture.

Dakle, svi radovi sanacije konstrukcije ove kapele moraju se izvađati uz kontrolu i odobrenje Konzervatorske službe i njihovog stručnog nadzora, te zatim nadzornog inženjera ili odgovornog konstruktera, a promjene u odnosu na projekta rješenja prema njihovim smjernicama.

4. Proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti postojeće i sanirane konstrukcije (statički proračun)

Statički proračun podijeljen je na:

1. Određivanje osnovnih djelovanja i utjecaja na konstrukciju
 - a. vertikalna djelovanja
 - b. opterećenje snijegom
 - c. opterećenje vjetrom
 - d. potresno opterećenje
2. Izrade proračunskog modela postojeće konstrukcije
 - a. izrada 3D proračunski model konstrukcije crkve
 - b. izrada 3D proračunski model krovnih konstrukcija
 - c. proračun grupe pilota za sanaciju temelja bočnih kapela

Provjera ispunjavanja temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, te analiza potresne otpornosti postojeće konstrukcije provedena je pomoću proračunskih modela konstrukcije crkve izrađenog u programskom paketu Tower.

Za izradu statičkog proračuna korišteni su sljedeći tehnički propisi i mjerodavne norme:

- Tehnički popis za građevinske konstrukcije (NN 17/2017)
- HRN EN 1990:2011, Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2002+A1:2005+ A1:2005/AC:2010)
- HRN EN 1990:2011 / NA:2011, Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija – Nacionalni dodatak
- NIZ NORMI HRN EN 1991 :2012 i NA:2012, Eurokod 1 - Djelovanja na konstrukcije
- NIZ NORMI HRN EN 1992 :2013 + NA:2013 Eurokod 2 - Projektiranje betonskih konstrukcija
- NIZ NORMI HRN EN 1993 :2014 + NA:2014 Eurokod 3 - Projektiranje čeličnih konstrukcija
- NIZ NORMI HRN EN 1995 :2013 + NA:2013 Eurokod5 - Projektiranje drvenih konstrukcija
- NIZ NORMI HRN EN 1997-1:2012+ NA:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje
- NIZ NORMI HRN EN 1998-1: 2011/Ispr.2:2015+ NA:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcije

4.1. Osnovna djelovanja i utjecaji na konstrukciju

4.1.1. Vertikalna djelovanja

U prostorni proračunski model konstrukcije definirana su i zadana slijedeća vertikalna opterećenja:

OPT.1. g:

- **Gravitacijska opterećenja od vlastite težine konstruktivnih elemenata** automatski se zadaju u proračunskom modelu, ovisno zadanim uvjetima geometrije i vrste materijala
 - Prostorna težina punog zidanog зида svodova i zidova 18 kN/m³
 - Prostorna težina (pretežno) kamenog зида temelja 22 kN/m³
- **Težine slojeva i podova**
 - na plohe krovova 0,70 kN/m² tlocrtne površine
 - na drvene podeste zvonika 0,20 kN/m²
 - na svodove (kata) 1,00 kN/m²
 - na svodove poda kora 2,50 kN/m²
 - težina zvona (koncentrirana sila) 10,00 kN

OPT.2. p:

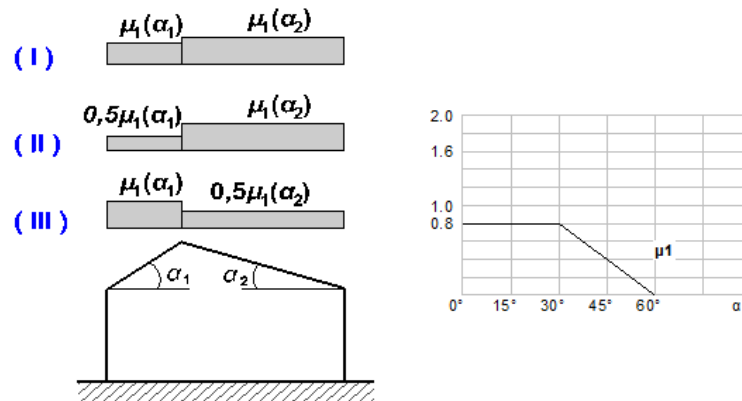
- **Pokretna opterećenja**
 - na podeste zvonika i svodove crkve 0,50 kN/m²
 - na svodove poda kora 4,00 kN/m²

4.1.2. Opterećenje snijegom

Proračun opterećenja snijegom izrađen je prema "Eurocode 1 (EC1) Actions na structures, Snow load, EN1991-1-3:2003".

OPT. 3., 4., 5.:

Karakteristična vrijednost snježnog opterećenja na tlo: $S_k=1.300 \text{ kN/m}^2$



Slika 4.1. Opterećenje snijega na krov (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)

Kut nagiba krovišta: $\alpha_1=45.000^\circ$

Kut nagiba krovišta: $\alpha_2=45.000^\circ$

Izloženost koef.: $C_e=1.000$ (EC1-1-3 §5.2(7))

Thermal koef.: $C_t=1.000$ (EC1-1-3 §5.2(8))

Oblik koef. s, $\alpha_1=45.00^\circ$, $\alpha_2=45.00^\circ$, $i_1(\alpha_1)=0.400$, $i_1(\alpha_2)=0.400$

$S(\alpha_1)=\mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.400 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.300 = 0.520 \text{ kN/m}^2$

$S(\alpha_2)=\mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.400 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.300 = 0.520 \text{ kN/m}^2$

Opterećenje snijegom

Slučaj opterećenja (I) $S_{(\text{Lijevo})} = S(\alpha_1) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

$S_{(\text{Desno})} = S(\alpha_2) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

Slučaj opterećenja (II) $S_{(\text{Lijevo})} = 0.5 \times S(\alpha_1) = 0.260 \text{ kN/m}^2$

$S_{(\text{Desno})} = S(\alpha_2) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

Slučaj opterećenja (III) $S_{(\text{Lijevo})} = S(\alpha_1) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

$S_{(\text{Desno})} = 0.5 \times S(\alpha_2) = 0.260 \text{ kN/m}^2$

4.1.3. Opterećenje vjetrom

Proračun opterećenja vjetrom izrađen je prema "Eurocode 1 (EC1) Wind actions, EN1991-1-4:2005".

OPT. 6., 7. OPT: VJETROM w

Podaci o krovu: Dvostrešno krov

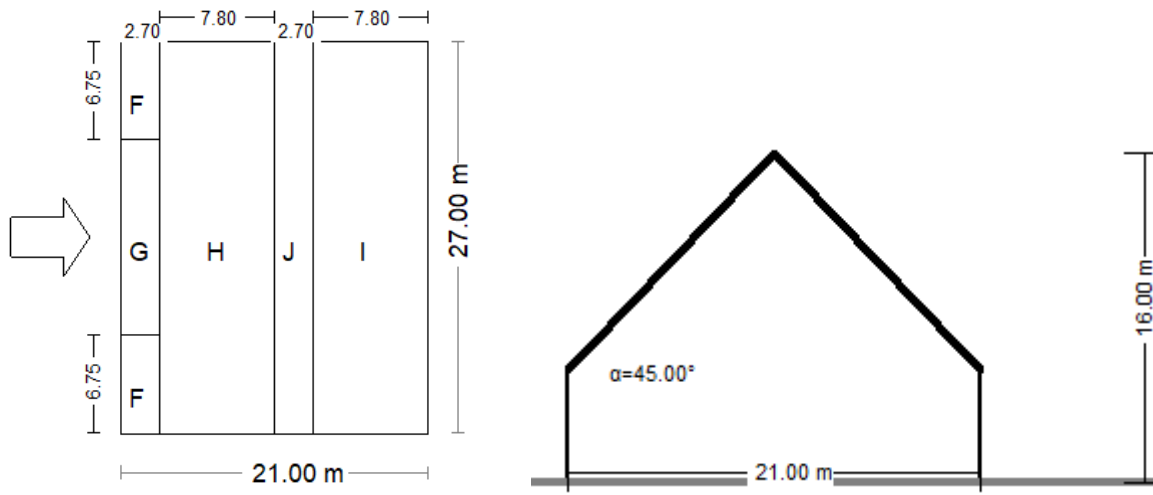
Zgrada visina: $h = 16,00 \text{ m}$

Zgrada duljina: $b = 27,00 \text{ m}$

Zgrada širina: $d = 21,00 \text{ m}$

Nagib krova: $\alpha_1 = 45,00^\circ$

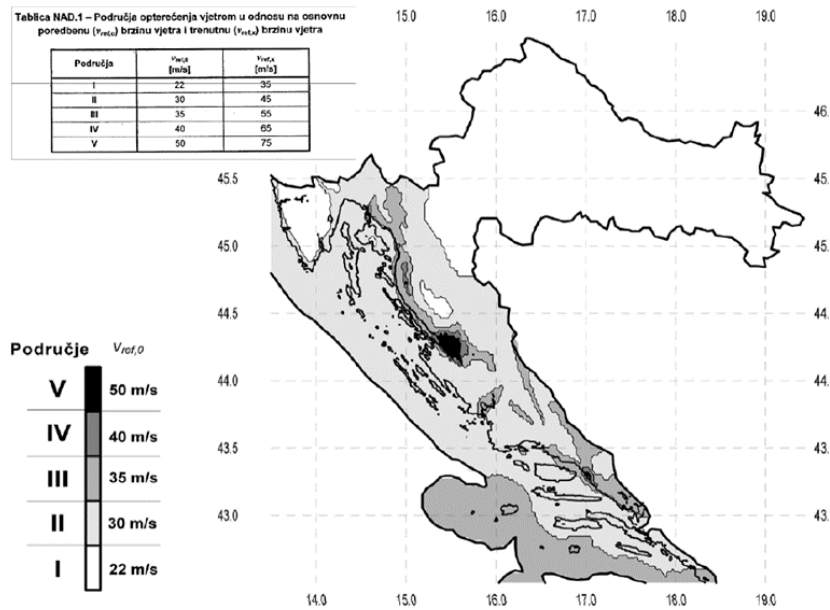
Nagib krova: $\alpha_2 = 45,00^\circ$



Slika 4.2. Tlocrt i presjek krovišta prema eurocod-u

Brzine vjetra obzirom na zonu

Područje	I.	II.	III.	IV.	V.
m/s	22	30	35	40	50



Slika 4.3. Brzine vjetra obzirom na zonu (Eurocode 1 (EC1) Actions na structures, Wind actions , EN1991-1-4:2005)

Referentna brzina vjetra

Kategorija: I. zona (prema karti prikazane na slici 4.2.)

$V_{bo} = 22.00$ m/s, Italy UNI EN, Zone: 1

$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{bo} = 22.00$ m/s

Hrapavost factor $C_{r(z)}$

Teren kategorija: III,

$z=16.00$ m - visina iznad tla

$z_o=0.300$ m - duljina hrapavosti

$z_{min}=5$ m - određeno eurocod-om

$z_{o, II} = 0.050$ m - određeno eurocod-om

$z_{max} = 200$ m - određeno eurocod-om

$k_r=0.19 \cdot (0.300/0.05)^{0.07}=0.215$ k_r - faktor terena ovisan o duljini hrapavosti z_o

$C_{r(z)}=k_r \cdot \ln(z/z_o)=0.215 \times \ln(16.000/0.300)=0.857$

Vertikalna razvedenost terena (orografija) $C_{o(z)}$

$C_{o(z)} = 1.000$ (EN1991-1-4, §4.3.3)

Faktor turbulencije

$k_t=1.000$

Faktor izloženosti $C_{e(z)}$

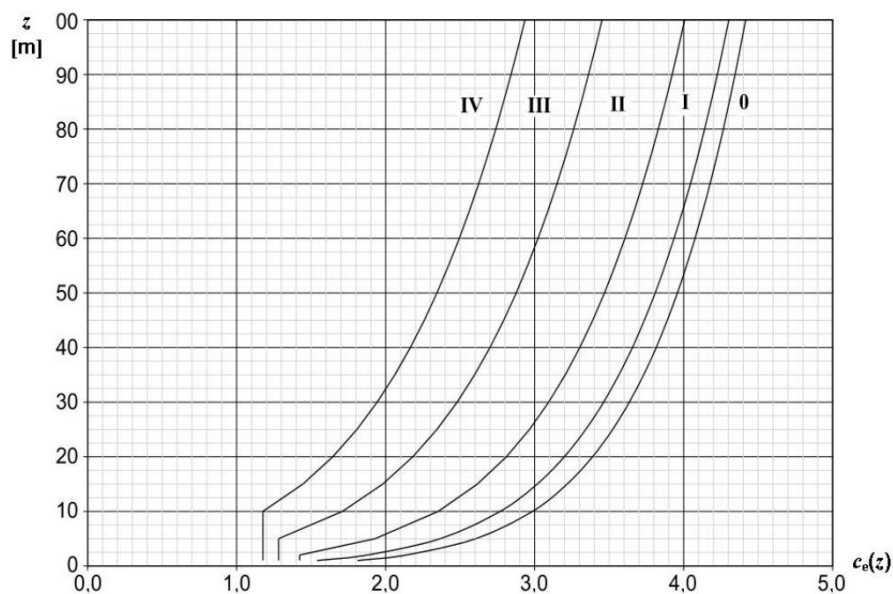
Teren kategorija: III

$z = 16.00$ m

$k_r = 0.215$

$l_{v(z)} = 0.251$

$C_{e(z)} = 2.025$



Slika 4.4. Grafički prikaz faktora izloženosti $c_{e(z)}$ za $c_o=1,0$, $k_l=1,0$

Tlak pri vršnoj brzini $q(z)$

$V_b = 22.00$ m/sec

$z = 16.00$ m

$C_{r(z)} = 0.857$

$C_{o(z)} = 1.000$

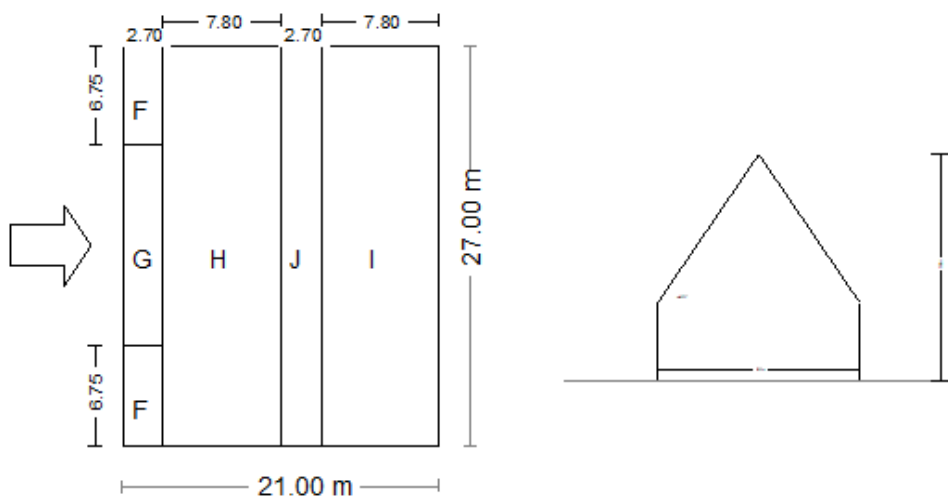
$k_t = 1.000$

$C_{e(z)} = 2.025$

$$\begin{aligned} q(z) &= C_{e(z)} \cdot \left(\frac{1}{2}\rho\right) \cdot V_b^2 \\ &= [0.001] \times 2.025 \times 0.625 \times 22.00^2 \\ &= 0.613 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tlak vjetra na dvostrešni krov, vjetar smjer: 0.00°

Tlak vjetra na površine s koef. C_{pe}



Slika 4.5. Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$

C_{pe} - koeficijent tlaka za vanjski tlak

vjetar smjer: $\theta = 0.00^\circ$

$b=27.00\text{m}$,

$d=21.00\text{m}$,

$h=16.00\text{m}$,

$e= \min(b,2h) =27.00\text{m}$

$e/4=6.75\text{m}$, $e/10=2.70\text{m}$, $e/2=13.50\text{m}$

Nagib krova: $\alpha=45.000$

Zone : F, $A= 25.77\text{m}^2$, $C_{pe,10} = +0.70$, $C_{pe,1} = +0.70$

Zone : G, $A= 51.55\text{m}^2$, $C_{pe,10} = +0.70$, $C_{pe,1} = +0.70$

Zone : H, $A= 297.83\text{m}^2$, $C_{pe,10} = +0.60$, $C_{pe,1} = +0.60$

Zone : I, $A= 297.83\text{m}^2$, $C_{pe,10} = +0.00$, $C_{pe,1} = +0.00$

Zone : J, $A= 103.10\text{m}^2$, $C_{pe,10} = +0.00$, $C_{pe,1} = +0.00$

Rezultati iz tower-a:

Vjetar - pritisak na površine krova $w_e=q(z) \cdot C_{pe}=0.613 \times C_{pe}$ [kN/m²]

F		G		H		I		J	
$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
+0.429	+0.429	+0.429	+0.429	+0.368	+0.368	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000

Vjetar - sile na površine krova $Q_e = w_e \cdot 10 \cdot A$ [kN]

F		G		H		I		J	
Q=	+11.052 kN	Q=	+22.103 kN	Q=	+109.464 kN	Q=	+0.000 kN	Q=	+0.000 kN

Ukupna sila na krov površina (suma svih površina) $F = 153.7$ kN
 Ukupni moment od sile na krov oko lijevog ruba $M_y = 1106.1$ kNm
 Ukupni moment od sile na krov oko desnog ruba $M_x = 2074.6$ kNm

Tlak vjetra na dvostrešni krov, vjetar smjer: 90.00°

Tlak vjetra na površine s koef. C_{pe}

vjetar smjer: $\theta = 90.00^\circ$

$b = 21.00$ m,

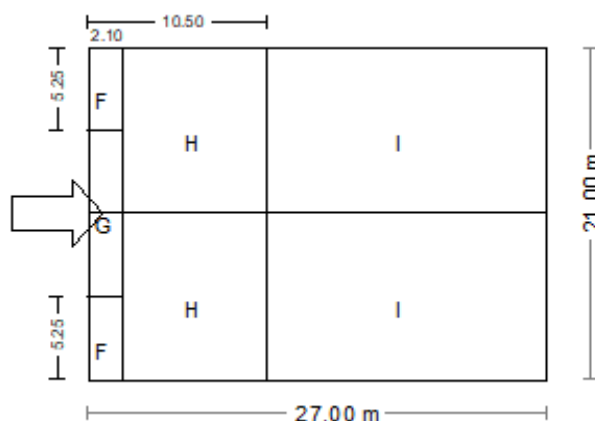
$d = 27.00$ m,

$h = 16.00$ m,

$e = \min(b, 2h) = 21.00$ m

$e/4 = 5.25$ m, $e/10 = 2.10$ m, $e/2 = 10.50$ m

Nagib krova: $\alpha = 45.000$



Slika 4.6. Smjer vjetra $\theta = 90^\circ$

Zone : F, $A = 15.59$ m², $C_{pe,10} = -1.10$, $C_{pe,1} = -1.50$

Zone : G, $A = 31.18$ m², $C_{pe,10} = -1.40$, $C_{pe,1} = -2.00$

Zone : H, $A = 249.47$ m², $C_{pe,10} = -0.90$, $C_{pe,1} = -1.20$

Zone : I, $A = 490.02$ m², $C_{pe,10} = -0.50$, $C_{pe,1} = -0.50$

Rezultati iz tower-a:

Vjetar pritisak na krov površine $w_e = q(z) \cdot C_{pe} = 0.613 \times C_{pe}$ [kN/m²]

F		G		H		I	
$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
-0.674	-0.919	-0.858	-1.225	-0.551	-0.735	-0.306	-0.306

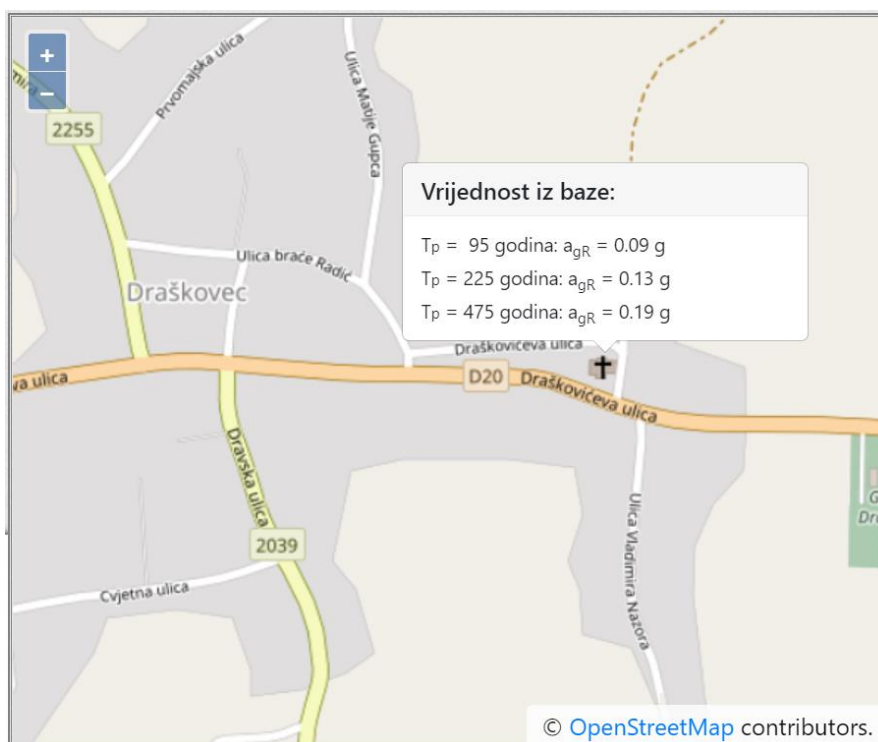
Vjetar sile na krov površine $Q_e = w_e \cdot 10 \cdot A$ [kN]

F		G		H		I	
Q=	-10.506 kN	Q=	-26.742 kN	Q=	-137.532 kN	Q=	-150.085 kN

Ukupna sila na krov površina (suma svih površina) $F = -335.4$ kN
 Ukupni moment od sile na krov oko lijevog ruba $M_y = -3370.3$ kNm
 Ukupni moment od sile na krov oko vršnog ruba $M_x = -3586.3$ kNm

4.1.4. Potresno opterećenje

Eurocod-om 8 svaka zemlja je podijeljena na seizmičke zone koje ovise o tektonskim svojstvima. U svakoj seizmičkoj zoni definirana je vrijednost maksimalnog ubrzanja „ a_g “ u stjenovitom ili drugom tlu, te se preko proračunskog ubrzanja određuje potresno djelovanje koje odgovara povratnom periodu od 500 godina. Utjecaj potresnog ubrzanja razmatra se razredom tla koje ovisi o vrsti tla, te je podijeljeno u pet osnovnih razreda tla (A, B, C, D i E) ovi razredi imaju i podrazrede. Tlo na predmetnoj lokaciji nalazi se u razredu tla „B“ a koji označava slojeve stijene ili njoj slične formacije s najviše 5,0 m slabijeg materijala na površini te mješovite formacije. Prema karti potresnih područja Republike Hrvatske, koja je sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, određeno je vršno ubrzanje za tip tla „B“, a za istražni prostor iznosi: $a_{gR} = 0,19 \cdot g$ [m/s] (povratni period 475 godina).



Slika 4.7. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1 g = 9.81 \text{ m/s}^2$) – Izvor:

<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	vs,30 [m/s]	NSPT [n/30cm]	Cu [kPa]
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najmanje 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	–	–
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	> 50	> 250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	< 180	< 15	< 70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina vs tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od vs 800 m/s	–	–	–
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom (IP>40) i visokim sadržajem vode	< 100	–	10 - 20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1	–	–	–

vs,30 - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;

Nspt - standardni penetracijski test (broj udaraca); Cu - posmična čvrstoća tla

Tip tla	S	T _p (s)	T _c (s)	T _D (s)
A	1,00	0,15	0,4	2,0
B	1,20	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,40	0,15	0,5	2,0

Tablica 4.1. Kategorizacija tla prema seizmičnosti (Eurocode 8, HRN EN 1998-1:2008 en)

PRORAČUNSKI ELASTIČNI ODZIV SPEKTRA

Horizontalno ubrzanje

omjer $g = 0.190 \times g$

Faktor tla $S = 1.20$

Faktor ponašanja [horizontalno] $q = 1.50$

Faktor ponašanja [vertikalno] $q_v = 1.50$

Verti./horiz. $\alpha_{vg} / \alpha_g = 0.90$

Karakteristike odziva spektra

[horizontalno]

$T_b = 0.15 \text{ sec}$

$T_c = 0.50 \text{ sec}$

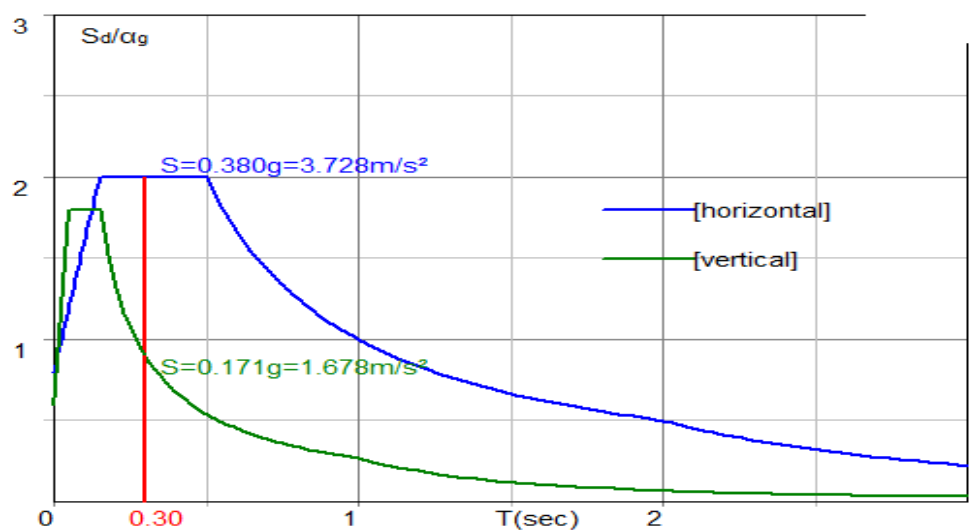
$T_d = 2.00 \text{ sec}$

[vertikalno]

$T_{vb} = 0.05 \text{ sec}$

$T_{vc} = 0.15 \text{ sec}$

$T_{vd} = 1.00 \text{ sec}$



Horizontalni elastični spektar odziva $S_d(T)$

$$0.00 \leq T < 0.15: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times [2/3 + (T/0.15) \times (2.5/1.50 - 2/3)]$$

$$0.15 \leq T < 0.50: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50)$$

$$0.50 \leq T < 2.00: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50) \times [0.50/T]$$

$$2.00 \leq T < 4.00: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50) \times [0.50 \times 2.00/T^2]$$

Vertikalni elastični spektar odziva $S_{vd}(T)$

$$0.00 \leq T < 0.05: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times [2/3 + (T/0.05) \times (3.0/1.50 - 2/3)]$$

$$0.05 \leq T < 0.15: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50)$$

$$0.15 \leq T < 1.00: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50) \times [0.15/T]$$

$$1.00 \leq T < 4.00: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50) \times [0.15 \times 1.00/T^2]$$

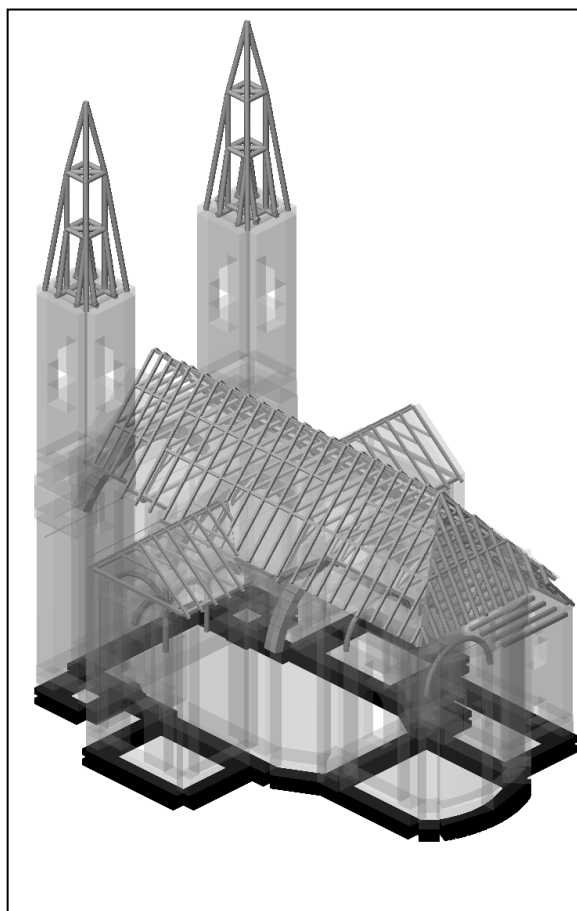
4.2. Proračunski modeli postojeće konstrukcije, podaci, proračun i rezultati

Provjera ispunjavanja temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti, te analiza potresne otpornosti postojeće konstrukcije provedena je pomoću proračunskih modela konstrukcije crkve izrađenog u programskom paketu Tower. Nakon analize opterećenja prikazani su osnovni podaci za svaki model konstrukcije s ulaznim podacima - elementima, geometrijom i opterećenjima, te rezultati reakcija, unutarnjih sila i dimenzioniranja onih elemenata konstrukcije za koje je taj model najpodesniji.

3D model cijele osnovno konstrukcije nije sada zatečeno stanje, već ono prije do sada obavljenih provizornih ojačanja i adaptacije konstrukcije, te bez sada vidljivih pukotina, nekih nastalih prije, a većine povećanih u prošlogodišnjim potresima. Dakle, to su karakteristike i ponašanje konstrukcije kakva je došla do današnjeg vremena, nakon svih prošlih rekonstrukcija i dogradnji bitnih dijelova konstrukcije.

S navedenim 3D modelom proračunate su i provjerene drvene konstrukcije svih krovišta, te dio zidova i temelji crkve i to na postojeće povijesno stanje crkve.

4.2.1. 3D proračunski model konstrukcije crkve u Draškovcu

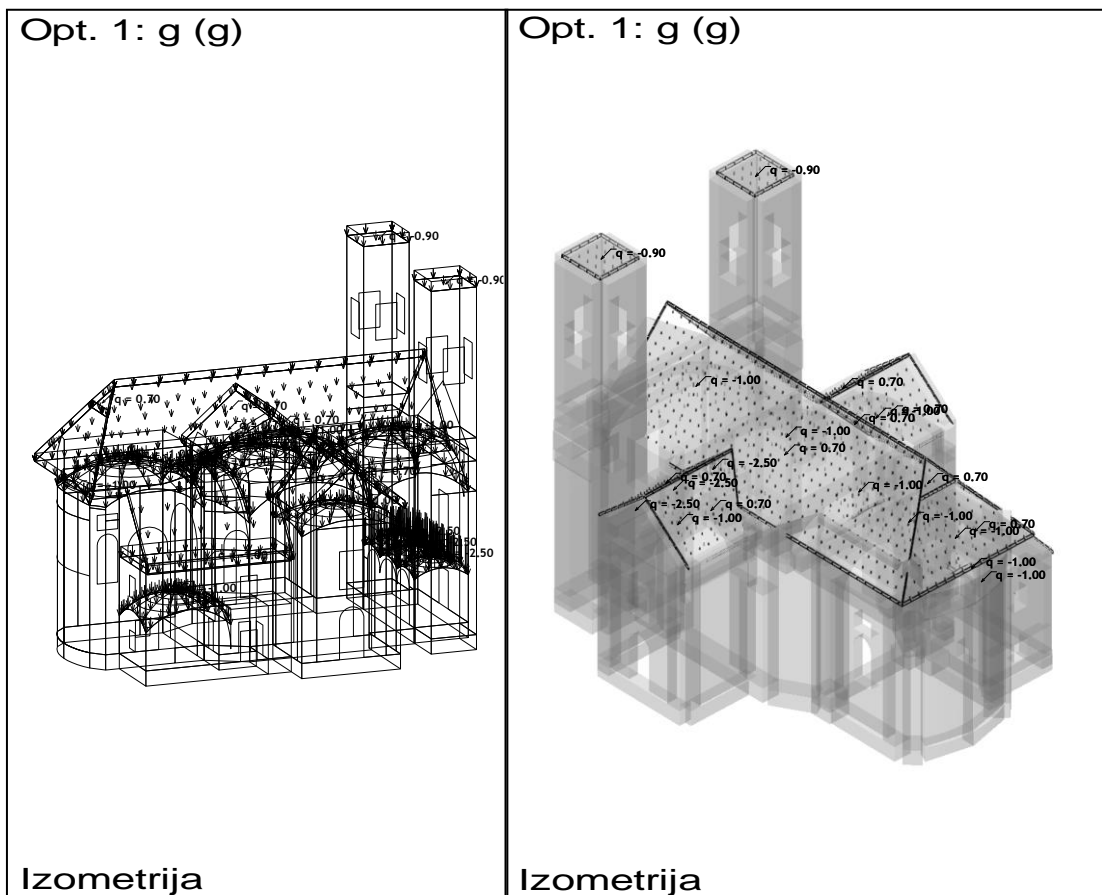


Slika 4.8. Izometrija modela crkve

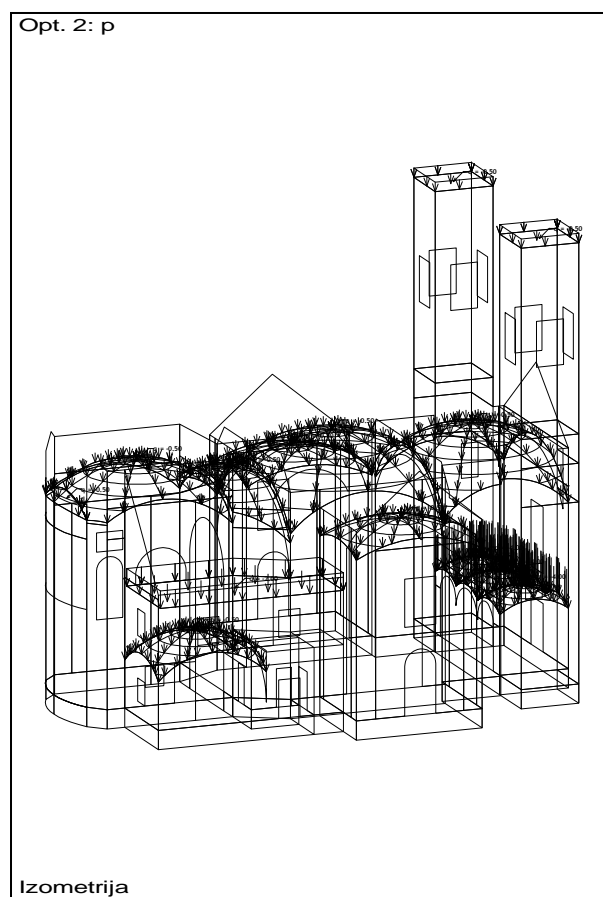
ULAZNI PODACI – opterećenje

LC	Naziv	pX [kN]	pY [kN]	pZ [kN]
1	g (g)	0.00	0.00	-52432.3
2	p	0.00	0.00	-420.97
3	s/2	0.00	0.00	-152.65
4	s/2_L	0.00	0.00	-79.51
5	s/2_D	0.00	0.00	-73.15
6	wL	17.22	-84.34	-94.77
7	w_D	-31.96	65.39	-86.81
8	Sy			
9	Sx			
10	Komb.: I+II	0.00	0.00	-52853.2
11	Komb.: I+III	0.00	0.00	-52584.9
12	Komb.: I+II+III	0.00	0.00	-53005.9
13	Komb.: I+IV	0.00	0.00	-52511.8
14	Komb.: I+II+IV	0.00	0.00	-52932.7
15	Komb.: I+III+IV	0.00	0.00	-52664.4
16	Komb.: I+II+III+IV	0.00	0.00	-53085.4
17	Komb.: I+V	0.00	0.00	-52505.4
18	Komb.: I+II+V	0.00	0.00	-52926.4
19	Komb.: I+III+V	0.00	0.00	-52658.1
20	Komb.: I+II+III+V	0.00	0.00	-53079.0
21	Komb.: I+IV+V	0.00	0.00	-52584.9
22	Komb.: I+II+IV+V	0.00	0.00	-53005.9
23	Komb.: I+III+IV+V	0.00	0.00	-52737.6
24	Komb.: I+II+III+IV+V	0.00	0.00	-53158.5
25	Komb.: I+VI	17.22	-84.34	-52527.0
26	Komb.: I+II+VI	17.22	-84.34	-52948.0
27	Komb.: I+III+VI	17.22	-84.34	-52679.7
28	Komb.: I+II+III+VI	17.22	-84.34	-53100.7
29	Komb.: I+IV+VI	17.22	-84.34	-52606.5
30	Komb.: I+II+IV+VI	17.22	-84.34	-53027.5
31	Komb.: I+III+IV+VI	17.22	-84.34	-52759.2
32	Komb.: I+II+III+IV+VI	17.22	-84.34	-53180.2
33	Komb.: I+V+VI	17.22	-84.34	-52600.2
34	Komb.: I+II+V+VI	17.22	-84.34	-53021.1
35	Komb.: I+III+V+VI	17.22	-84.34	-52752.8
36	Komb.: I+II+III+V+VI	17.22	-84.34	-53173.8
37	Komb.: I+IV+V+VI	17.22	-84.34	-52679.7
38	Komb.: I+II+IV+V+VI	17.22	-84.34	-53100.7
39	Komb.: I+III+IV+V+VI	17.22	-84.34	-52832.3
40	Komb.: I+II+III+IV+V+VI	17.22	-84.34	-53253.3
41	Komb.: I+VII	-31.96	65.39	-52519.1
42	Komb.: I+II+VII	-31.96	65.39	-52940.0
43	Komb.: I+III+VII	-31.96	65.39	-52671.7
44	Komb.: I+II+III+VII	-31.96	65.39	-53092.7
45	Komb.: I+IV+VII	-31.96	65.39	-52598.6
46	Komb.: I+II+IV+VII	-31.96	65.39	-53019.6
47	Komb.: I+III+IV+VII	-31.96	65.39	-52751.2
48	Komb.: I+II+III+IV+VII	-31.96	65.39	-53172.2
49	Komb.: I+V+VII	-31.96	65.39	-52592.2
50	Komb.: I+II+V+VII	-31.96	65.39	-53013.2
51	Komb.: I+III+V+VII	-31.96	65.39	-52744.9
52	Komb.: I+II+III+V+VII	-31.96	65.39	-53165.8
53	Komb.: I+IV+V+VII	-31.96	65.39	-52671.7
54	Komb.: I+II+IV+V+VII	-31.96	65.39	-53092.7
55	Komb.: I+III+IV+V+VII	-31.96	65.39	-52824.4
56	Komb.: I+II+III+IV+V+VII	-31.96	65.39	-53245.4
57	Komb.: I-1xVIII			
58	Komb.: I+VIII			
59	Komb.: I+II-1xVIII			
60	Komb.: I+II+VIII			
61	Komb.: I+III-1xVIII			
62	Komb.: I+III+VIII			
63	Komb.: I+II+III-1xVIII			
64	Komb.: I+II+III+VIII			
65	Komb.: I+IV-1xVIII			
66	Komb.: I+IV+VIII			
67	Komb.: I+II+IV-1xVIII			
68	Komb.: I+II+IV+VIII			
69	Komb.: I+III+IV-1xVIII			
70	Komb.: I+III+IV+VIII			
71	Komb.: I+II+III+IV-1xVIII			
72	Komb.: I+II+III+IV+VIII			
73	Komb.: I+V-1xVIII			
74	Komb.: I+V+VIII			
75	Komb.: I+II+V-1xVIII			
76	Komb.: I+II+V+VIII			
77	Komb.: I+III+V-1xVIII			
78	Komb.: I+III+V+VIII			
79	Komb.: I+II+III+V-1xVIII			
80	Komb.: I+II+III+V+VIII			
81	Komb.: I+IV+V-1xVIII			
82	Komb.: I+IV+V+VIII			
83	Komb.: I+II+IV+V-1xVIII			
84	Komb.: I+II+IV+V+VIII			
85	Komb.: I+III+IV+V-1xVIII			
86	Komb.: I+III+IV+V+VIII			
87	Komb.: I+II+III+IV+V-1xVIII			
88	Komb.: I+II+III+IV+V+VIII			
89	Komb.: I-1xIX			
90	Komb.: I+IX			
91	Komb.: I+II-1xIX			
92	Komb.: I+II+IX			
93	Komb.: I+III-1xIX			
94	Komb.: I+III+IX			
95	Komb.: I+II+III-1xIX			
96	Komb.: I+II+III+IX			
97	Komb.: I+IV-1xIX			
98	Komb.: I+IV+IX			
99	Komb.: I+II+IV-1xIX			
100	Komb.: I+II+IV+IX			
101	Komb.: I+III+IV-1xIX			
102	Komb.: I+III+IV+IX			
103	Komb.: I+II+III+IV-1xIX			
104	Komb.: I+II+III+IV+IX			
105	Komb.: I+V-1xIX			
106	Komb.: I+V+IX			
107	Komb.: I+II+V-1xIX			
108	Komb.: I+II+V+IX			
109	Komb.: I+III+V-1xIX			
110	Komb.: I+III+V+IX			
111	Komb.: I+II+III+V-1xIX			
112	Komb.: I+II+III+V+IX			
113	Komb.: I+IV+V-1xIX			
114	Komb.: I+IV+V+IX			
115	Komb.: I+II+IV+V-1xIX			
116	Komb.: I+II+IV+V+IX			
117	Komb.: I+III+IV+V-1xIX			
118	Komb.: I+III+IV+V+IX			
119	Komb.: I+II+III+IV+V-1xIX			
120	Komb.: I+II+III+IV+V+IX			

Tablica 4.2. Lista slučajeva opterećenja

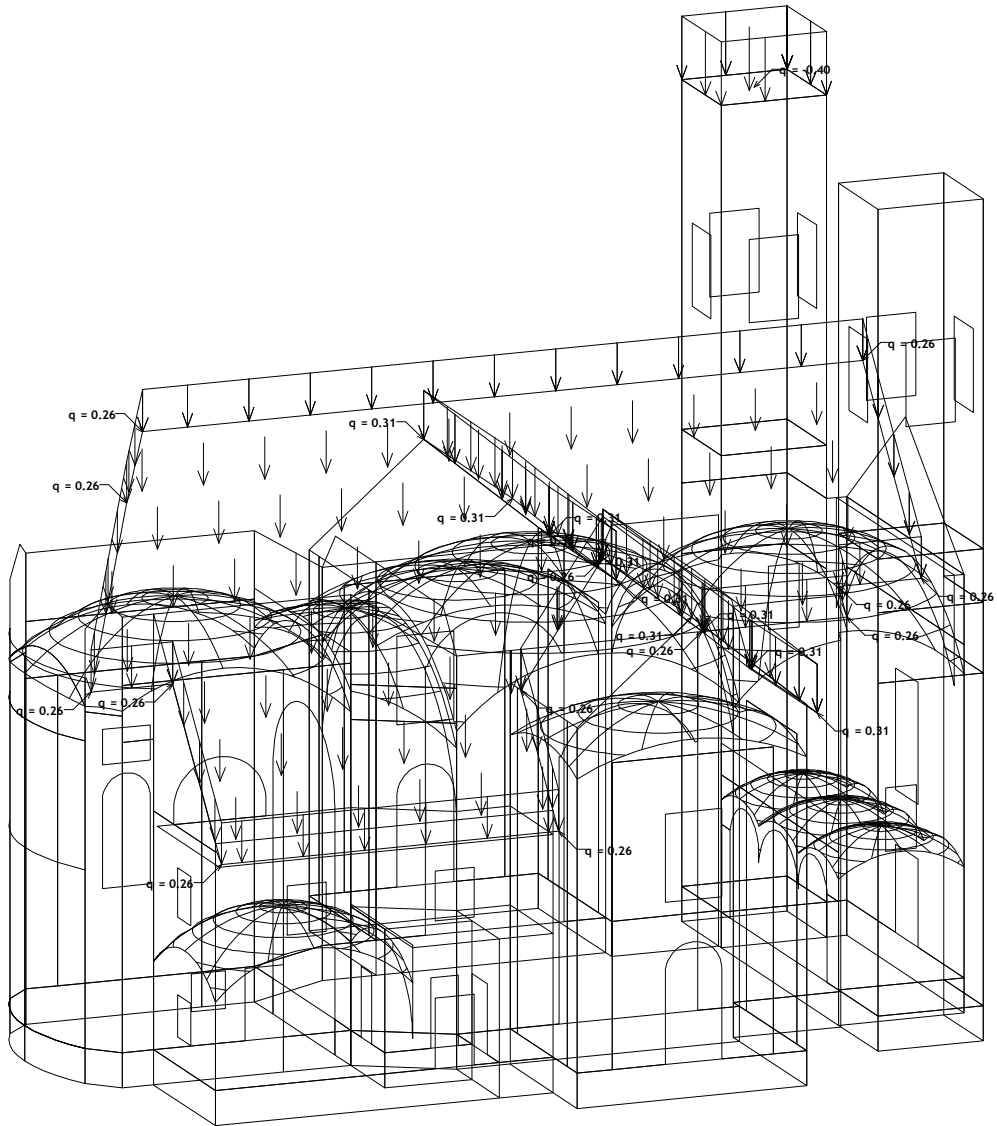


Slika 4.9. Izometrija – Opterećenje 1 – g



Slika 4.10. Izometrija – Opterećenje 2 – p

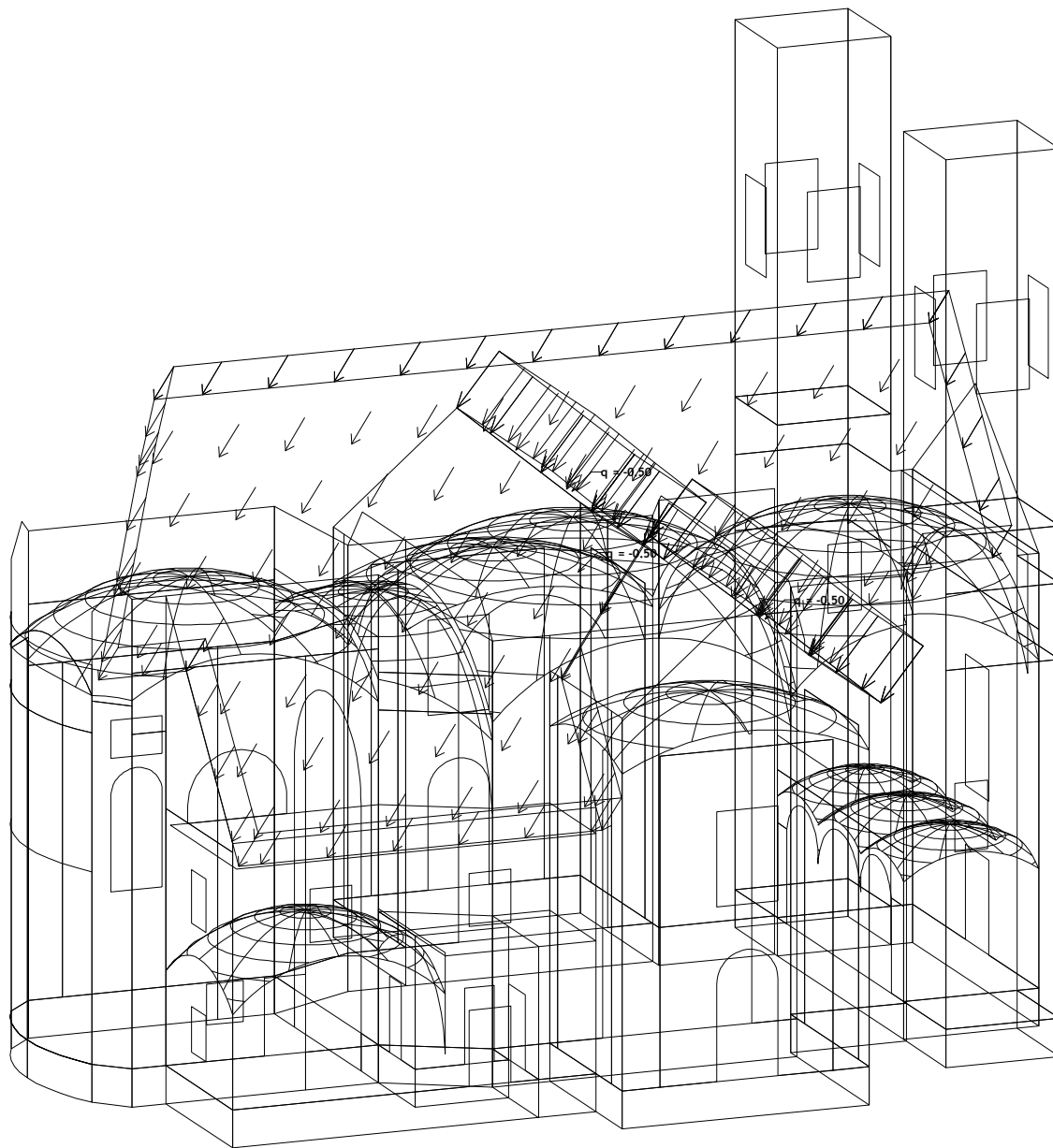
Opt. 4: s/2_L



Izometrija

Slika 4.12. Izometrija – Opterećenje 4 – s/2_L

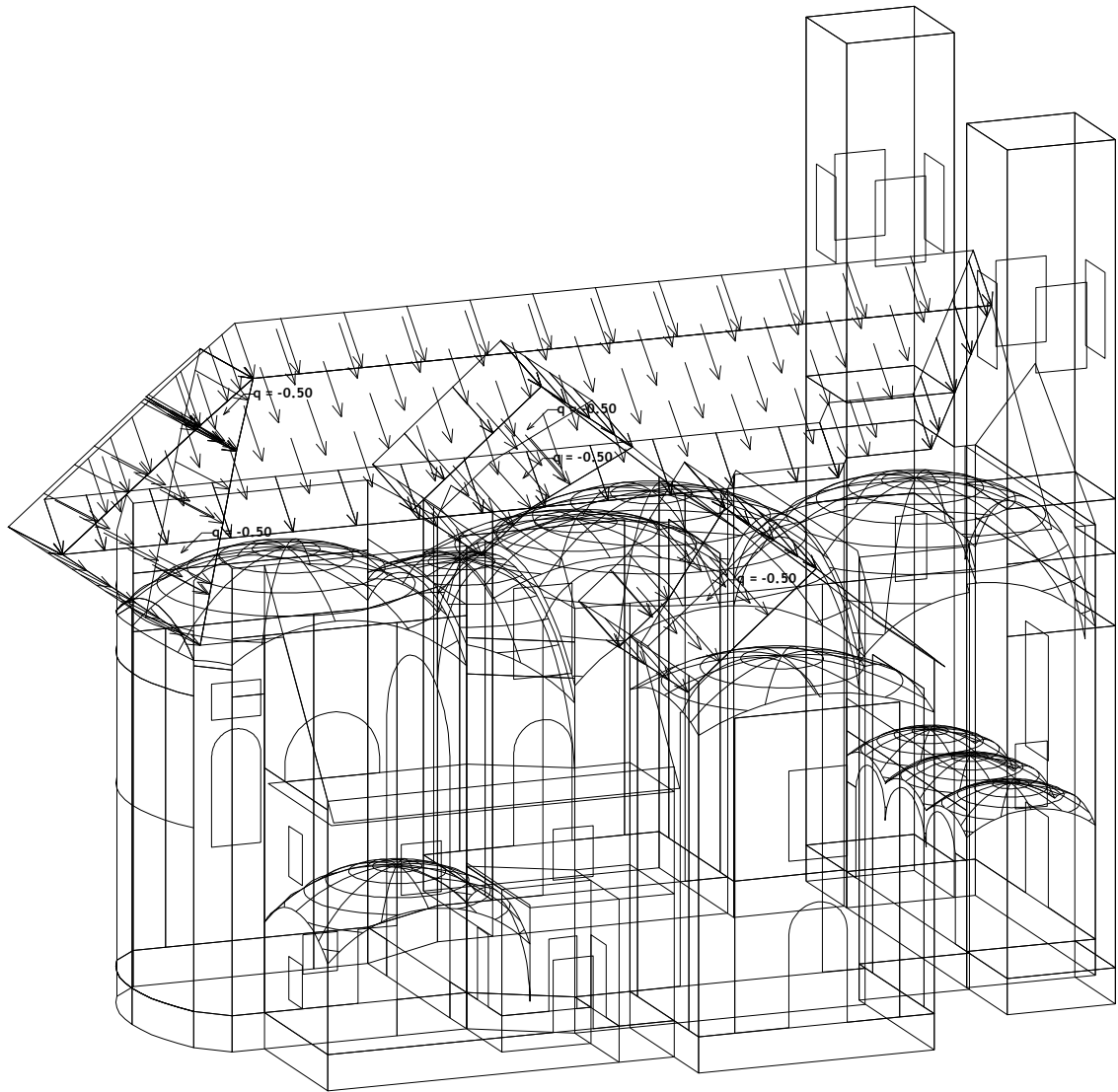
Opt. 6: wL



Izometrija

Slika 4.14. Izometrija – Opterećenje 6 – w_L

Opt. 7: w_D



Izometrija

Slika 4.15. Izometrija – Opterećenje 6 – w_D

MODALNA ANALIZA

Napredne opcije seizmičkog proračuna:

Mase grupirane u nivoima izabраниh ploča

Sudjelovanje zidova: $6.000 \cdot d$

Spriječeno osciliranje u Z pravcu

Faktori opterećenja za proračun masa

No	Naziv	Koeficijent
1	g (g)	1.00
2	p	0.80
3	s/2	1.00
4	s/2_L	0.00
5	s/2_D	0.00
6	wL	0.00
7	w_D	0.00

Raspored masa po visini objekta

Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m ²
gornji rub lanterne krova zvonika	32.00	0.00	0.00	0.00	
druga ploča na krovu zvonika	30.00	2.13	-1.50	2.78	
nazidnice krovu zvonika	22.87	2.17	0.00	368.60	19.95
zatege u crkvi	8.00	8.89	0.56	2133.40	
strop sakristije	6.31	12.61	4.99	715.54	17.06
zatega sakristije	3.50	11.62	5.17	2144.49	140.20
Ukupno:	7.01	10.01	2.95	5364.81	

Položaj centara krutosti po visini objekta (približna metoda)

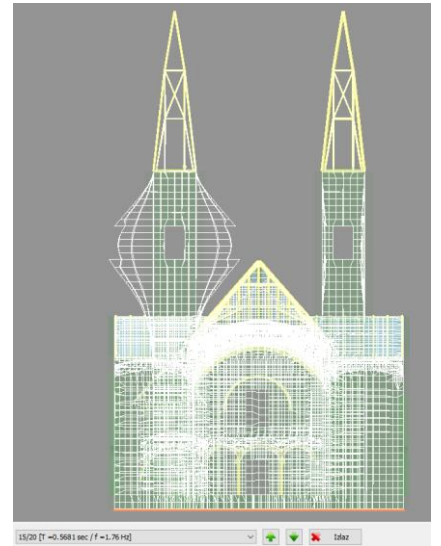
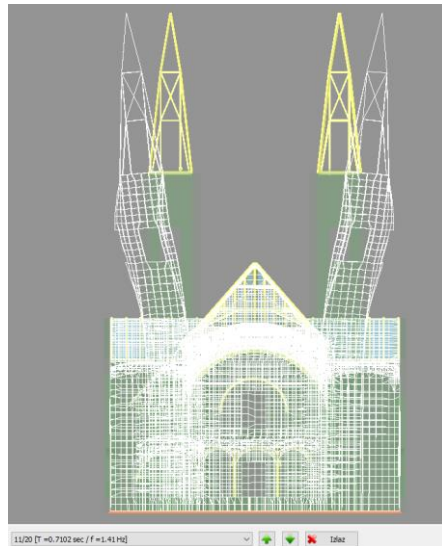
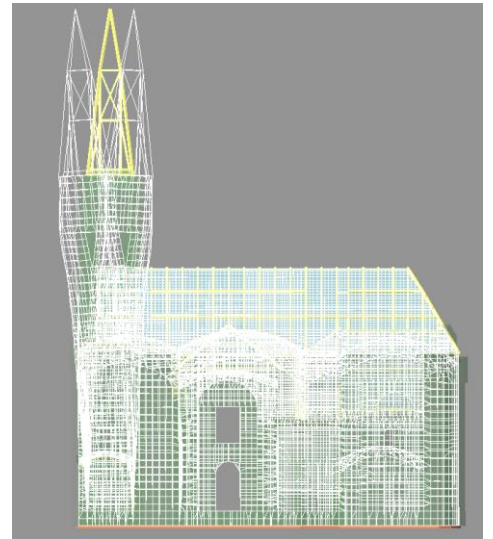
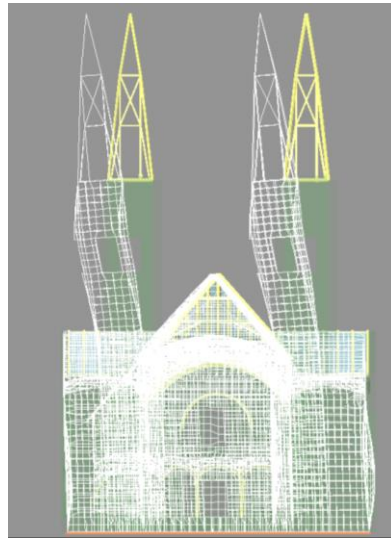
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
nazidnice krovu zvonika	22.87	2.14	0.00
zatege u crkvi	8.00	4.03	6.87
strop sakristije	6.31	8.66	4.98
zatega sakristije	3.50	4.84	4.43

Ekscentricitet po visini objekta (približna metoda)

Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
nazidnice krovu zvonika	22.87	0.03	0.00
zatege u crkvi	8.00	4.86	6.31
strop sakristije	6.31	3.95	0.01
zatega sakristije	3.50	6.78	0.74

Periodi osciliranja konstrukcije

No	T [s]	f [Hz]
1	2.2758	0.4394
2	0.9807	1.0197
3	0.7060	1.4165
4	0.6978	1.4331
5	0.5495	1.8197
6	0.5312	1.8827
7	0.4724	2.1167
8	0.4631	2.1594
9	0.4564	2.1913
10	0.4339	2.3045
11	0.4233	2.3624
12	0.4086	2.4475
13	0.3953	2.5300
14	0.3895	2.5676
15	0.3847	2.5997
16	0.3835	2.6078
17	0.3811	2.6239
18	0.3646	2.7428
19	0.3468	2.8837
20	0.3431	2.9144
21	0.3328	3.0051
22	0.3283	3.0461
23	0.3258	3.0698
24	0.3241	3.0856
25	0.3122	3.2036
26	0.3067	3.2602
27	0.3012	3.3204
28	0.2921	3.4231
29	0.2904	3.4434
30	0.2825	3.5396
31	0.2775	3.6033
32	0.2749	3.6376
33	0.2722	3.6740
34	0.2608	3.8349
35	0.2594	3.8556
36	0.2551	3.9199
37	0.2499	4.0017
38	0.2452	4.0787
39	0.2416	4.1394
40	0.2300	4.3481



SEIZMIČKI PRORAČUN

Seizmički proračun: EC8 (HRN EN 1998-1:2011)

Razred tla:	C
Razred važnosti:	III ($\gamma=1.2$)
Odnos $a_g R/g$:	0.13
Koeficijent prigušenja	0.05

Faktori pravca potresa:

Slučaj opterećenja	Kut α [°]	k, α	$k, \alpha+90^\circ$	k_z	Faktor P.
Sy	90	1.000	0.300	0.000	1.600*
Sx	0	1.000	0.300	0.000	1.600*

Tip spektra

Slučaj opterećenja	S	Tb	Tc	Td	avg/ag
Sy	0.900	0.200	0.800	3.000	1.000
Sx	0.900	0.200	0.800	3.000	1.000

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Sy

Konstrukcija nepravilna po visini, Torziona fleksibilni sustavi,

Klasa duktilnosti DCM: $q_0=2.0$

Sustav zidova, dvojni sustav sa dominantnim zidovima i sustav sa jezgrom: $\alpha_0=2.00$, $k_w=1.00$.

Faktor ponašanja: $q=0.8 \cdot q_0 \cdot k_w=1.60$

Nivo	Z [m]	Ton 1			Ton 2			Ton 3		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-0.00	-0.02	-0.00	-0.70	0.47	-0.01	-0.33	0.94	-0.02
zatege u crkvi	8.00	-0.59	-0.37	0.00	-164.41	3.89	0.74	-6.70	15.90	0.21
strop sakristije	6.31	-1.11	0.39	0.01	-0.83	0.60	0.03	-32.61	21.29	0.26
zatega sakristije	3.50	-39.82	0.62	-0.01	-1.19	1.14	0.09	-32.62	37.49	0.48
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	-41.52	0.63	-0.00	-167.13	6.11	0.86	-72.27	75.63	0.93

Nivo	Z [m]	Ton 4			Ton 5			Ton 6		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.03	0.84	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-0.62	-0.45	-0.01	-0.07	-0.21	-0.00	-5.39	89.09	-0.14
zatege u crkvi	8.00	-79.59	-2.79	0.27	-0.79	-5.03	-0.03	-19.11	709.74	15.41
strop sakristije	6.31	-2.36	-1.25	0.06	-2.59	1.36	0.02	-115.61	358.31	2.33
zatega sakristije	3.50	-3.84	-1.91	0.03	-2.30	2.69	-0.00	-50.58	752.61	21.96
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	-86.42	-6.40	0.35	-5.74	-1.20	-0.02	-190.72	1910.6	39.57

Nivo	Z [m]	Ton 7			Ton 8			Ton 9		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.01	2.24	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.01	0.03	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-4.18	230.16	-0.10	-0.07	0.17	-0.00	0.69	2.76	0.01
zatege u crkvi	8.00	25.18	538.15	82.34	-0.18	-0.35	-0.26	-0.48	111.29	64.64
strop sakristije	6.31	-17.93	548.55	2.82	-0.40	-1.49	0.01	5.02	-6.48	-0.02
zatega sakristije	3.50	185.52	1278.7	38.81	0.41	2.07	0.07	-11.42	-19.16	-0.52
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	188.58	2597.8	123.87	-0.24	0.42	-0.19	-6.18	88.44	64.11

Nivo	Z [m]	Ton 10			Ton 11			Ton 12		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.31	4.70	0.00	0.00	-0.01	-0.00	-0.07	1.45	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-38.31	464.67	0.04	0.36	-1.25	0.00	0.24	130.41	0.00
zatege u crkvi	8.00	-10.66	610.72	-62.29	-0.01	8.18	5.60	-6.72	95.79	0.83
strop sakristije	6.31	167.02	245.48	0.72	-0.40	-0.04	-0.00	1.15	-32.64	-0.50
zatega sakristije	3.50	-259.13	837.84	33.84	0.57	-1.93	-0.12	29.85	-116.58	-3.93
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-141.38	2163.4	-27.69	0.53	4.94	5.48	24.45	78.43	-3.60

Nivo	Z [m]	Ton 13			Ton 14			Ton 15		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.06	-0.10	-0.00	-2.93	1.54	-0.00	-0.15	-0.09	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-6.71	-10.68	0.00	-313.94	135.87	0.17	-10.56	-1.27	-0.02
zatege u crkvi	8.00	-5.53	0.37	-0.06	-205.35	-0.93	-0.81	-5.92	-0.63	0.34
strop sakristije	6.31	-2.03	1.14	0.07	-84.50	-23.07	1.73	0.57	-0.34	-0.03
zatega sakristije	3.50	-3.53	4.34	0.24	-105.22	-96.51	2.53	0.24	-0.68	-0.07
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-17.86	-4.94	0.26	-711.94	16.90	3.62	-15.80	-3.02	0.22

Nivo	Z [m]	Ton 16			Ton 17			Ton 18		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.31	0.07	0.00	-0.02	-0.01	-0.00	0.03	-0.35	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-15.55	-1.59	0.02	-1.33	-0.51	0.00	3.88	-29.16	-0.01
zatege u crkvi	8.00	-4.46	-4.61	-0.36	-0.78	8.28	4.04	20.45	195.95	-3.45
strop sakristije	6.31	3.97	1.67	-0.08	-0.16	0.62	-0.01	-3.02	1.06	-0.01
zatega sakristije	3.50	5.42	7.52	-0.12	0.20	-0.04	-0.03	7.57	-39.51	-0.74
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-10.93	3.07	-0.53	-2.09	8.34	3.99	28.90	127.99	-4.19

Nivo	Z [m]	Ton 19			Ton 20			Ton 21		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.00	0.00	0.05	-0.01	0.00	0.07	-0.18	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-0.00	-0.01	0.00	5.25	-0.50	-0.01	7.96	-14.04	-0.02
zatege u crkvi	8.00	-0.18	2.17	1.13	-11.41	13.22	-1.42	-43.25	84.14	0.40
strop sakristije	6.31	-0.16	0.40	-0.01	-17.65	8.24	0.07	-16.27	2.66	0.17
zatega sakristije	3.50	-0.01	0.40	-0.00	-11.92	18.24	0.21	-10.57	-30.49	0.35
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	-0.35	2.97	1.12	-35.69	39.20	-1.15	-62.06	42.10	0.89

Nivo	Z [m]	Ton 22			Ton 23			Ton 24		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	0.84	0.16	0.00	-0.03	-0.02	0.00	-0.03	0.02	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	91.89	14.66	-0.20	-2.81	-1.37	0.01	-4.43	2.32	0.01
zatege u crkvi	8.00	-170.32	-2.90	1.51	7.23	23.85	5.32	9.19	-1.02	-0.19
strop sakristije	6.31	-218.27	23.19	0.84	4.89	3.44	-0.03	-14.30	1.92	0.04
zatega sakristije	3.50	-213.06	-44.06	1.87	5.97	2.03	-0.06	-14.23	-5.74	0.14
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	-508.92	-8.95	4.03	15.25	27.92	5.25	-23.80	-2.50	0.01

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Sx

Konstrukcija nepravilna po visini, Torziona fleksibilni sustavi,

Klasa duktilnosti DCM: $q_0=2.0$

Sustav zidova, dvojni sustav sa dominantnim zidovima i sustav sa jezgrom: $\alpha_0=2.00$, $k_w=1.00$.

Faktor ponašanja: $q=0.8 \cdot q_0 \cdot k_w=1.60$

Nivo	Z [m]	Ton 1			Ton 2			Ton 3		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.00	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	0.01	0.05	0.00	2.05	-1.40	0.03	0.17	-0.48	0.01
zatege u crkvi	8.00	1.86	1.18	-0.01	483.17	-11.42	-2.18	3.41	-8.10	-0.11
strop sakristije	6.31	3.51	-1.25	-0.02	2.44	-1.76	-0.09	16.62	-10.85	-0.13
zatega sakristije	3.50	125.78	-1.97	0.04	3.51	-3.36	-0.27	16.62	-19.10	-0.25
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	131.16	-1.99	0.01	491.18	-17.95	-2.52	36.82	-38.53	-0.47

Nivo	Z [m]	Ton 4			Ton 5			Ton 6		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	-0.01	0.16	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	2.79	2.03	0.03	0.80	2.43	0.02	-1.05	17.31	-0.03
zatege u crkvi	8.00	360.15	12.64	-1.21	9.17	58.39	0.39	-3.71	137.94	3.00
strop sakristije	6.31	10.70	5.64	-0.28	29.99	-15.74	-0.21	-22.47	69.64	0.45
zatega sakristije	3.50	17.38	8.64	-0.14	26.67	-31.22	0.06	-9.83	146.27	4.27
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Sigma=$	391.05	28.97	-1.60	66.63	13.89	0.25	-37.07	371.33	7.69

Nivo	Z [m]	Ton 7			Ton 8			Ton 9		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	0.85	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-1.59	87.67	-0.04	0.02	-0.04	0.00	0.16	0.62	0.00
zatege u crkvi	8.00	9.59	204.97	31.36	0.04	0.08	0.06	-0.11	25.08	14.57
strop sakristije	6.31	-6.83	208.93	1.07	0.09	0.34	-0.00	1.13	-1.46	-0.00
zatega sakristije	3.50	70.66	487.04	14.78	-0.09	-0.47	-0.01	-2.57	-4.32	-0.12
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	71.83	989.46	47.18	0.05	-0.10	0.04	-1.39	19.93	14.45

Nivo	Z [m]	Ton 10			Ton 11			Ton 12		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.07	1.08	0.00	0.00	-0.01	-0.00	-0.04	0.98	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-8.82	106.94	0.01	0.15	-0.53	0.00	0.16	88.01	0.00
zatege u crkvi	8.00	-2.45	140.55	-14.34	-0.00	3.44	2.36	-4.53	64.64	0.56
strop sakristije	6.31	38.44	56.49	0.16	-0.17	-0.02	-0.00	0.77	-22.02	-0.34
zatega sakristije	3.50	-59.63	192.82	7.79	0.24	-0.81	-0.05	20.14	-78.67	-2.65
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-32.54	497.88	-6.37	0.22	2.08	2.31	16.50	52.93	-2.43

Nivo	Z [m]	Ton 13			Ton 14			Ton 15		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	2.96	4.77	0.00	8.98	-4.72	0.00	1.44	0.92	0.01
nazidnice krovu zvonika	22.87	312.40	497.75	-0.17	962.87	-416.70	-0.53	102.59	12.31	0.18
zatege u crkvi	8.00	257.44	-17.15	2.76	629.80	2.86	2.48	57.52	6.16	-3.32
strop sakristije	6.31	94.61	-53.04	-3.31	259.17	70.77	-5.29	-5.58	3.35	0.34
zatega sakristije	3.50	164.68	-202.03	-11.35	322.70	295.98	-7.75	-2.37	6.63	0.72
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	832.10	230.29	-12.07	2183.5	-51.82	-11.09	153.59	29.37	-2.09

Nivo	Z [m]	Ton 16			Ton 17			Ton 18		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	0.48	-0.11	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.02	-0.20	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	24.53	2.50	-0.04	-0.06	-0.02	0.00	2.19	-16.45	-0.00
zatege u crkvi	8.00	7.03	7.27	0.57	-0.04	0.38	0.19	11.53	110.52	-1.94
strop sakristije	6.31	-6.27	-2.64	0.12	-0.01	0.03	-0.00	-1.71	0.60	-0.00
zatega sakristije	3.50	-8.55	-11.86	0.19	0.01	-0.00	-0.00	4.27	-22.28	-0.42
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nivo	Z [m]	Ton 19			Ton 20			Ton 21		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.00	-0.06	0.14	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-0.00	-0.00	0.00	-2.52	0.24	0.01	-6.48	11.43	0.02
zatege u crkvi	8.00	-0.03	0.39	0.20	5.47	-6.34	0.68	35.21	-68.50	-0.33
strop sakristije	6.31	-0.03	0.07	-0.00	8.46	-3.95	-0.03	13.25	-2.17	-0.14
zatega sakristije	3.50	-0.00	0.07	-0.00	5.72	-8.75	-0.10	8.60	24.82	-0.28
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-0.06	0.53	0.20	17.11	-18.79	0.55	50.52	-34.27	-0.73

Nivo	Z [m]	Ton 22			Ton 23			Ton 24		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-2.98	-0.56	-0.00	-0.03	-0.02	0.00	0.17	-0.09	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-327.11	-52.18	0.70	-2.84	-1.39	0.01	23.45	-12.28	-0.07
zatege u crkvi	8.00	606.27	10.32	-5.37	7.32	24.14	5.39	-48.63	5.40	1.01
strop sakristije	6.31	776.95	-82.56	-2.98	4.95	3.48	-0.03	75.66	-10.17	-0.22
zatega sakristije	3.50	758.44	156.85	-6.67	6.04	2.05	-0.06	75.27	30.36	-0.77
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	1811.6	31.87	-14.33	15.44	28.26	5.31	125.91	13.22	-0.05

Nivo	Z [m]	Ton 25			Ton 26			Ton 27		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.16	-0.47	-0.00	-0.72	-0.15	-0.00	-0.61	-0.13	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-15.43	-39.50	0.02	-69.35	-15.18	0.13	-41.05	-7.56	0.05
zatege u crkvi	8.00	73.70	504.32	-8.27	197.93	-74.18	-1.39	132.04	25.15	-0.90
strop sakristije	6.31	76.35	95.54	-0.54	181.62	126.51	-0.92	-12.22	-3.83	0.01
zatega sakristije	3.50	117.10	24.50	-0.74	289.00	-159.97	-1.78	-13.55	1.16	0.12
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	251.55	584.39	-9.54	598.48	-122.97	-3.96	64.61	14.80	-0.72

Nivo	Z [m]	Ton 28			Ton 29			Ton 30		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.03	0.12	0.00	0.04	-0.01	0.00	-0.32	0.02	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-1.67	9.02	0.10	4.37	-1.03	0.03	-36.03	2.13	-0.14
zatege u crkvi	8.00	128.58	-5.80	-3.69	20.23	-4.66	2.22	116.50	-21.77	-0.06
strop sakristije	6.31	-11.69	5.13	-0.14	19.51	-1.26	-0.05	-45.43	4.48	0.89
zatega sakristije	3.50	-7.18	18.53	-0.41	5.40	-11.07	0.54	64.95	40.82	-0.55
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	108.00	27.00	-4.14	49.54	-18.04	2.74	99.67	25.68	0.14

Nivo	Z [m]	Ton 31			Ton 32			Ton 33		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	0.01	0.00	0.01	-0.09	0.00	-0.01	0.03	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	0.14	0.71	0.01	3.78	-7.90	0.12	-0.98	2.20	0.03
zatege u crkvi	8.00	10.86	0.96	-0.64	36.52	10.45	-3.28	-1.25	-26.64	-2.90
strop sakristije	6.31	6.33	7.56	-0.04	73.55	56.70	-0.30	47.54	38.56	0.39
zatega sakristije	3.50	4.70	10.01	-0.19	83.46	-43.61	1.08	4.45	22.53	-0.58
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	22.03	19.25	-0.86	197.32	15.55	-2.38	49.75	36.67	-3.06

Nivo	Z [m]	Ton 34			Ton 35			Ton 36		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.06	0.00	-0.00	-0.05	0.05	-0.00	0.01	-0.17	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-3.30	0.16	-0.03	-3.35	3.11	-0.04	0.62	-12.13	0.20
zatege u crkvi	8.00	-62.76	-12.65	-9.39	16.92	-10.93	-0.58	201.09	64.06	-18.71
strop sakristije	6.31	50.56	5.74	-0.02	-2.55	0.66	0.00	-54.66	25.91	-0.85
zatega sakristije	3.50	240.19	108.85	-3.00	-1.34	-0.50	0.16	79.60	60.04	1.37
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	224.63	102.09	-12.44	9.63	-7.62	-0.46	226.66	137.72	-17.98

Nivo	Z [m]	Ton 37			Ton 38			Ton 39		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]	Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.07	-0.00	-0.02	0.01	0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	-0.10	-0.97	0.02	0.64	7.03	-0.25	-1.02	0.80	0.14
zatege u crkvi	8.00	18.83	7.36	-1.86	60.84	-50.72	5.88	114.71	-45.42	0.71
strop sakristije	6.31	5.91	3.77	-0.06	-247.13	-15.46	3.01	1.43	-4.19	-0.97
zatega sakristije	3.50	-12.89	8.36	0.11	518.91	41.95	-0.65	-11.40	54.25	-1.65
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	11.76	18.51	-1.79	333.25	-17.14	7.99	103.71	5.44	-1.77

Nivo	Z [m]	Ton 40		
		Px [kN]	Py [kN]	Pz [kN]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	0.00	0.00	0.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	-0.00	-0.03	-0.00
nazidnice krovu zvonika	22.87	0.08	-1.99	-0.00
zatege u crkvi	8.00	-35.42	43.76	-16.91
strop sakristije	6.31	-1.69	41.87	0.31
zatega sakristije	3.50	9.43	84.75	0.53
0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
stope temelja	-1.00	0.00	0.00	0.00
	-4.00	0.00	0.00	0.00
	Σ=	-27.60	168.35	-16.07

Faktori participacije - Relativno učešće

Ton \ Naziv	1. Sy	2. Sx
1	0.001	0.014
2	0.006	0.050
3	0.010	0.003
4	0.002	0.041
5	0.000	0.007
6	0.197	0.008
7	0.254	0.038
8	0.000	0.000
9	0.009	0.000
10	0.221	0.012
11	0.000	0.000
12	0.007	0.003
13	0.000	0.093
14	0.023	0.225
15	0.000	0.017
16	0.001	0.002
17	0.001	0.000
18	0.012	0.004
19	0.000	0.000
20	0.005	0.001
21	0.006	0.004
22	0.014	0.189
23	0.002	0.002
24	0.000	0.013
25	0.061	0.044
26	0.016	0.058
27	0.000	0.007
28	0.000	0.012
29	0.002	0.005
30	0.000	0.011
31	0.001	0.003
32	0.001	0.021
33	0.001	0.006
34	0.000	0.026
35	0.002	0.001
36	0.002	0.028
37	0.001	0.002
38	0.004	0.034
39	0.001	0.011
40	0.136	0.002

Faktori participacije - Relativno učešće

Ton	1. Sy	2. Sx
1	0.00	3.25
2	0.01	5.27
3	0.51	0.46
4	0.02	3.31
5	0.02	0.54
6	16.09	0.16
7	23.51	0.12
8	0.00	0.00
9	1.20	0.01
10	18.82	0.08
11	0.08	0.00
12	0.75	0.07
13	0.51	6.67
14	0.01	19.10
15	0.05	1.26
16	0.01	0.16
17	0.12	0.01
18	1.20	0.06
19	0.04	0.00
20	0.27	0.22
21	0.25	0.55
22	0.00	15.65
23	0.49	0.15
24	0.01	1.06
25	7.31	1.35
26	0.23	5.53
27	0.03	0.52
28	0.05	0.87
29	0.06	0.48
30	0.05	0.80
31	0.12	0.15
32	0.01	1.67
33	0.19	0.35
34	0.35	1.71
35	0.07	0.11
36	0.61	1.67
37	0.17	0.07
38	0.01	2.93
39	0.00	0.89
40	11.73	0.32
ΣU (%)	84.98	77.63

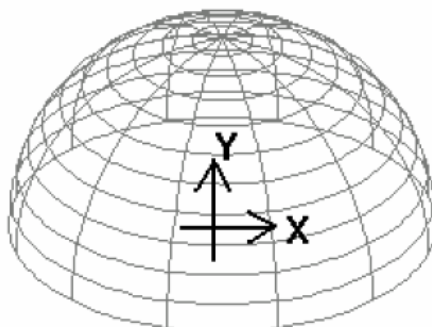
Poprečne sile u tlocrtu

Slučaj opterećenja	Kut α[°]	VtB[kN]
Sy	90	5961.64
Sx	0	5057.25

KONTROLA NAPREZANJA U SVODOVIMA CRKVE

NAPOMENE ZA PRIKAZANE REZULTATE U SVODOVIMA CRKVE:

Pored presječnih sila, u rezultatima proračuna su prikazana i glavna naprezanja, i ona se prikazuju posebno za gornju i donju stranu ploče (gornji rub ploče je usmjeren k pozitivnom smjeru lokalne Z osi ploče).



Slika 4.19. Lokalni koordinatni sustav ploče za radialno izgeneriranu mrežu konačnih elemenata

Kako se glavna naprezanja računaju samo na gornjoj i donjoj strani ploče, a vrijednosti posmičnih naprezanja od transverzalnih sila su u tim točkama jednaka nuli, to naponska slika za složeno naprezanje u potpunosti odgovara ravninskom stanju naprezanja.

Glavni napon σ_1 predstavlja maksimalnu, a σ_2 minimalnu vrijednost napona u promatranoj točki, i ove vrijednosti se za ravninsko stanje napona računaju iz sljedećih izraza:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$
$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Vrijednosti komponentalnih naprezanja koji sudjeluju u prethodno prikazanim formulama se proračunavaju iz izraza koji također odgovaraju ravninskom stanju naprezanja:

$$\sigma_x = \frac{N_x}{d} \pm \frac{6 M_x}{d^2}$$
$$\sigma_y = \frac{N_y}{d} \pm \frac{6 M_y}{d^2}$$
$$\tau = \frac{N_{xy}}{d} \pm \frac{6 M_{xy}}{d^2}$$

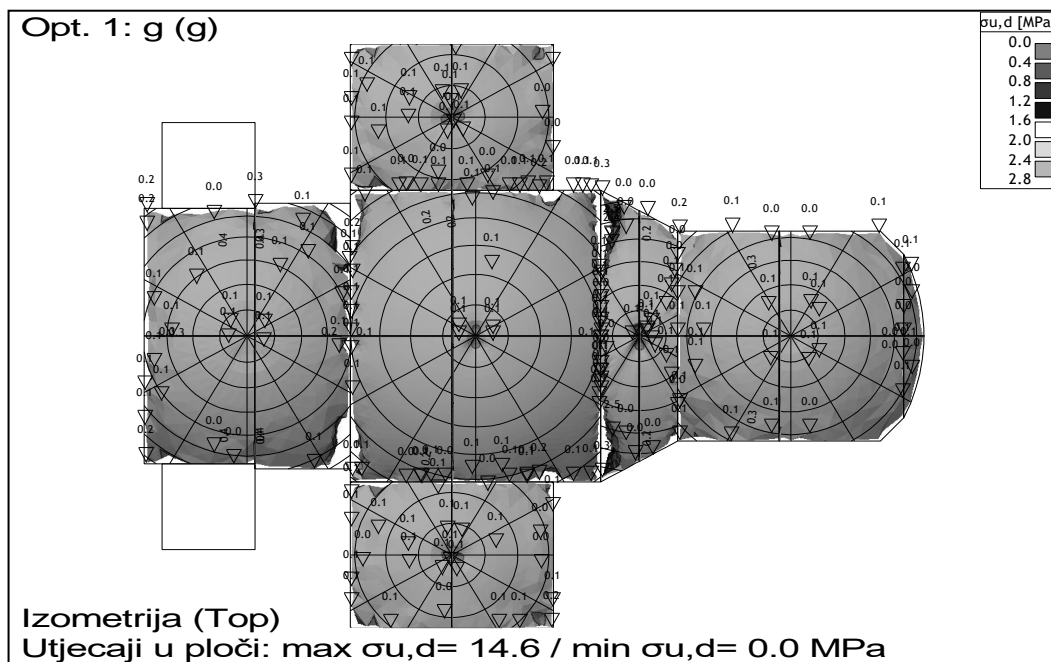
U izraze za proračun glavnih naprezanja, svakako treba uvrstiti odgovarajuća naprezanja komponenti, u zavisnosti od toga da li se glavna naprezanja računaju na gornjoj ili donjoj strani ploče.

Ravnine u kojima se javljaju glavna naprezanja leže okomito jedna na drugu.

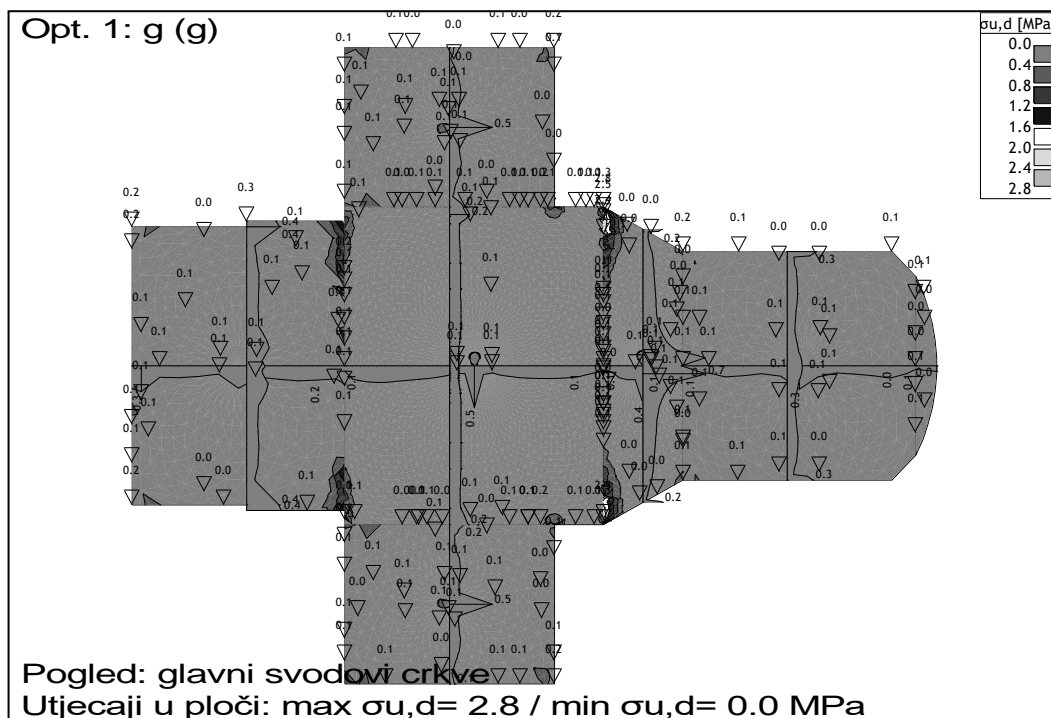
Vrijednost usporednog napona se proračunava iz Miss-ove formule (hipoteza najveće energije distorzije):

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2}$$

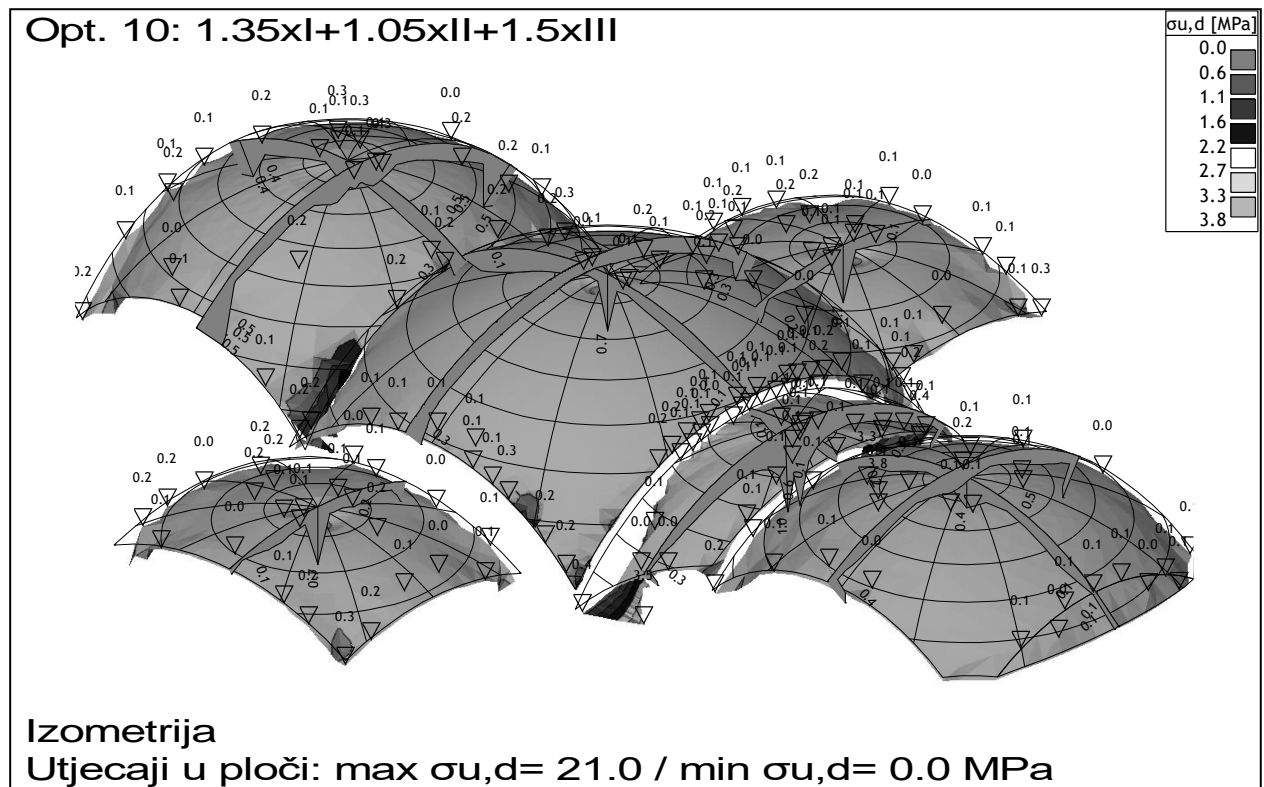
Ova (usporedna) naprežanja prikazuju se kao rezultati za dvije grupe svodova – gornji, glavni svodovi crkve (poz Sv-2_1 do Sv-2_6), te za svodove poda kora (poz Sv-1_1 do Sv-1_3) i sakristije (Poz Sv-1_4).



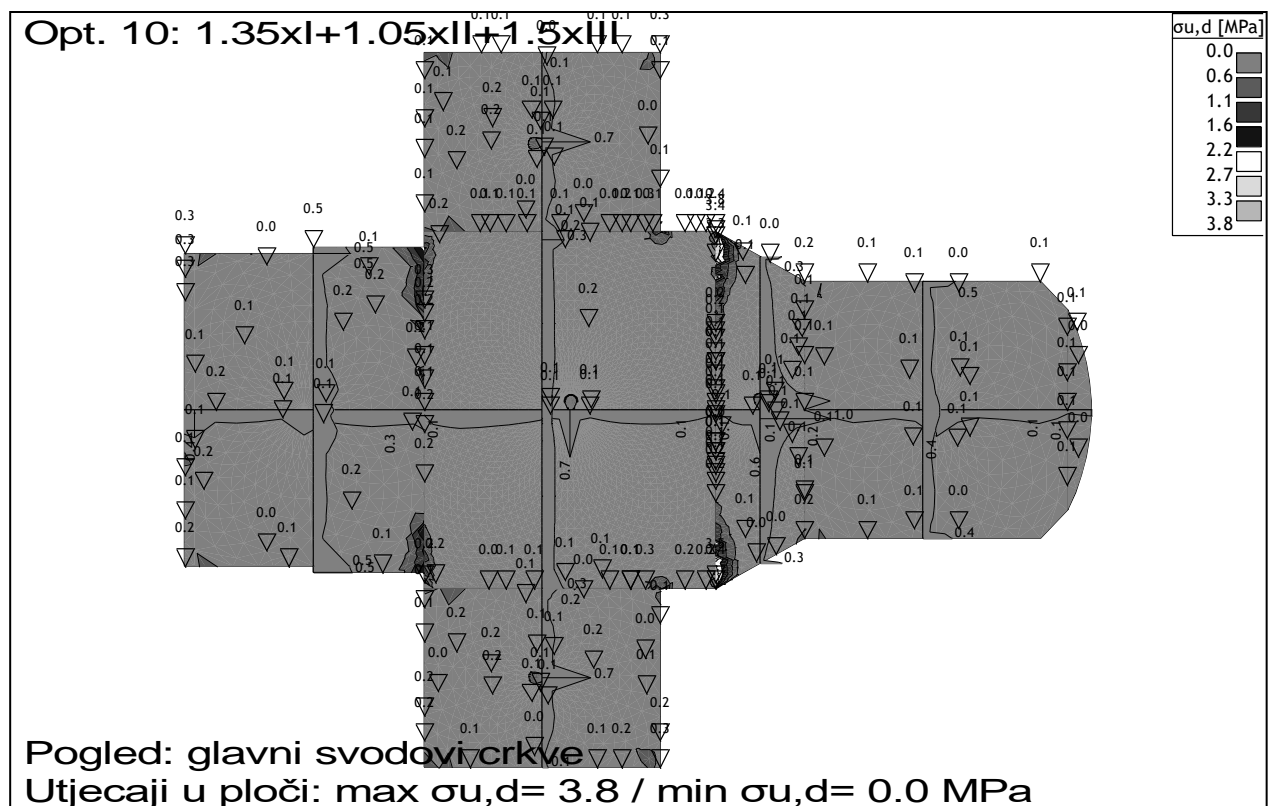
Slika 4.20. Prikaz naprežanja na glavne svodove (opt.1) - izometrija



Slika 4.21. Prikaz naprežanja na glavne svodove (opt.1) - pogled

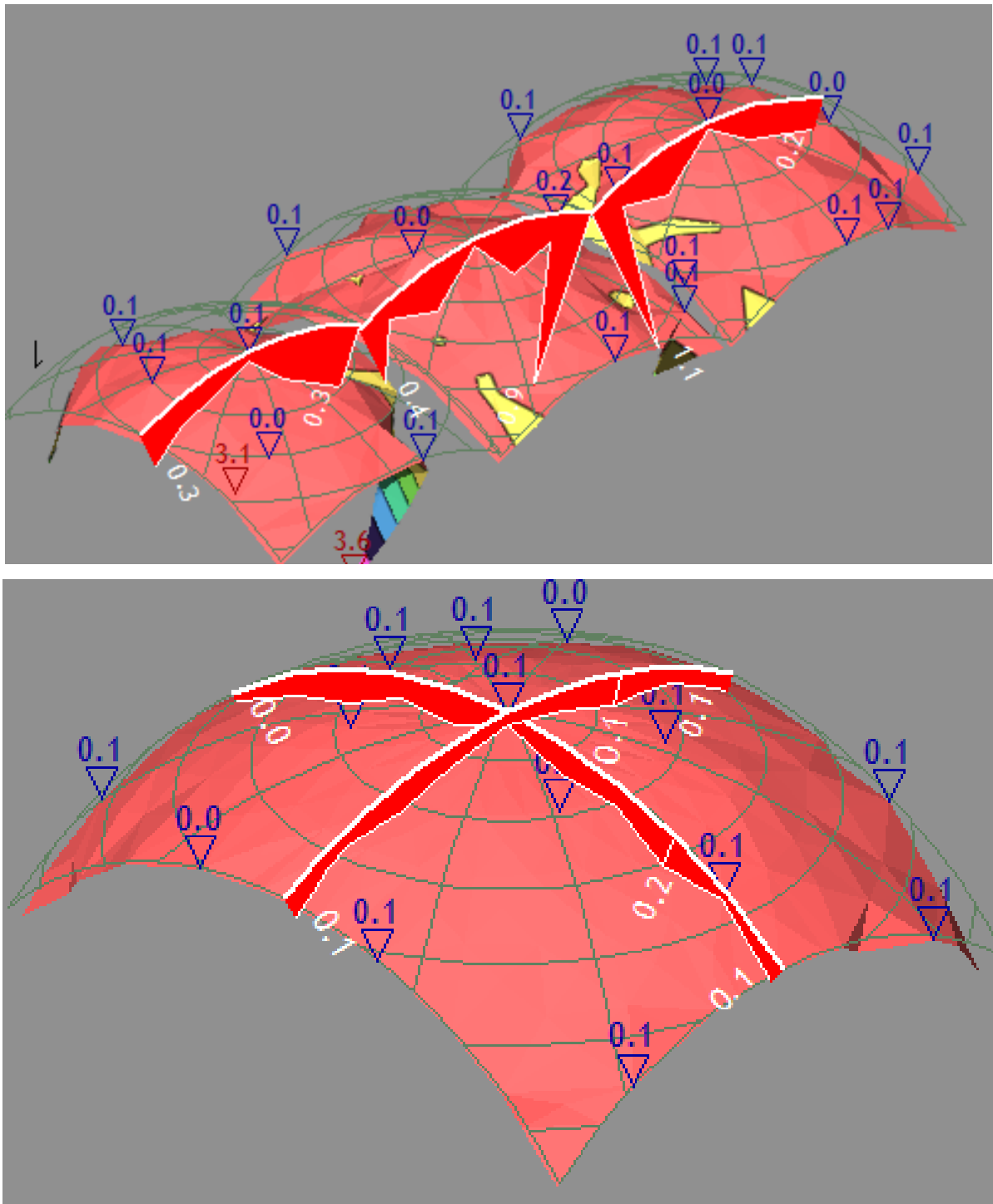


Slika 4.22. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.10) - izometrija

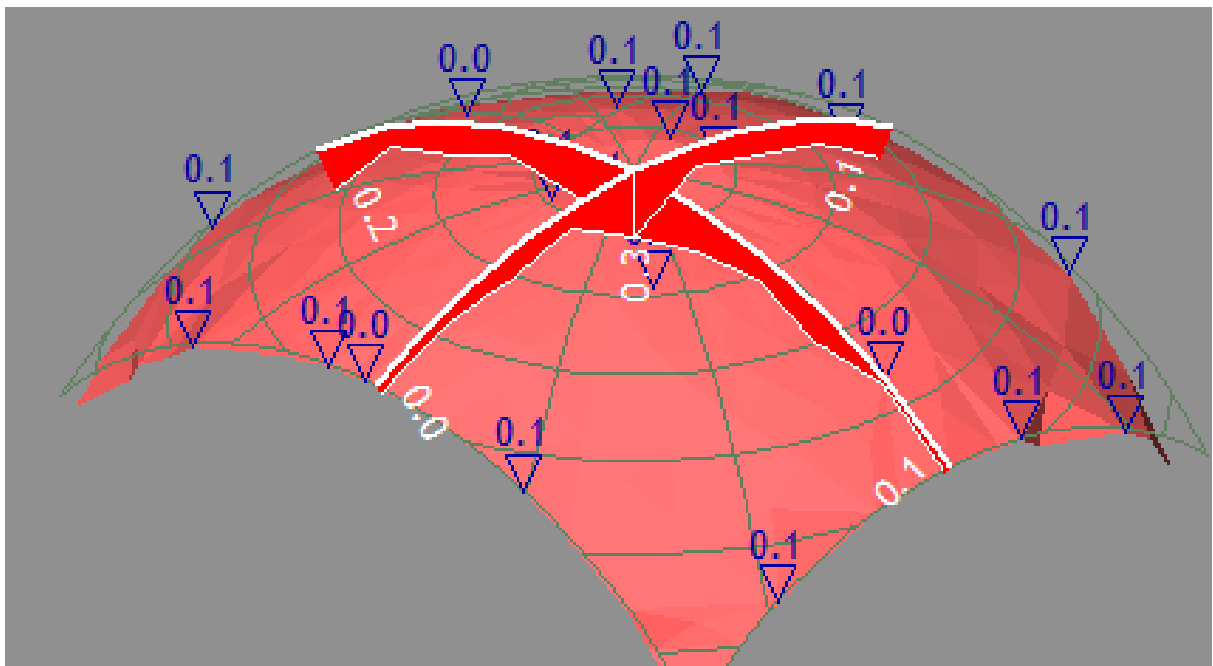
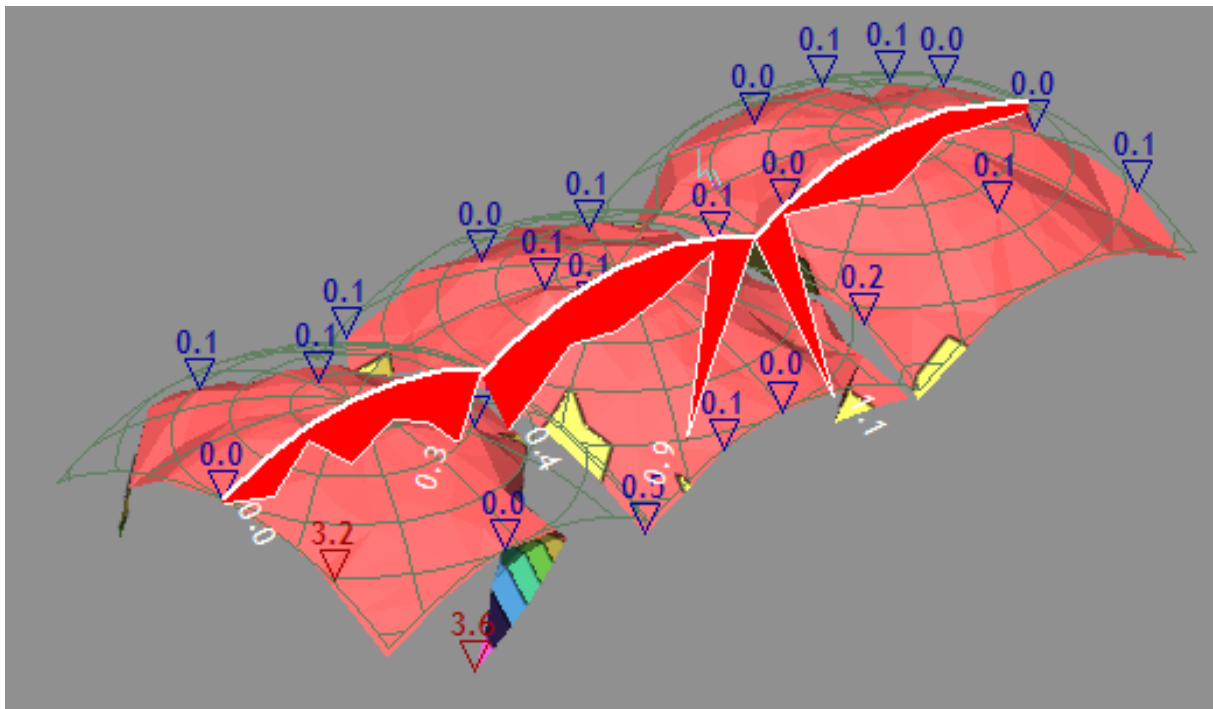


Slika 4.23. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.10) – pogled

Usporedna naprezanja u svodovima ispod kora (Poz Sv-1_1 do 3) i nad sakristijom (Poz Sv-1_4)



Slika 4.24. Usporedna naprezanja na gornjim rubovima svodova (Poz Sv-1_1 do 3)

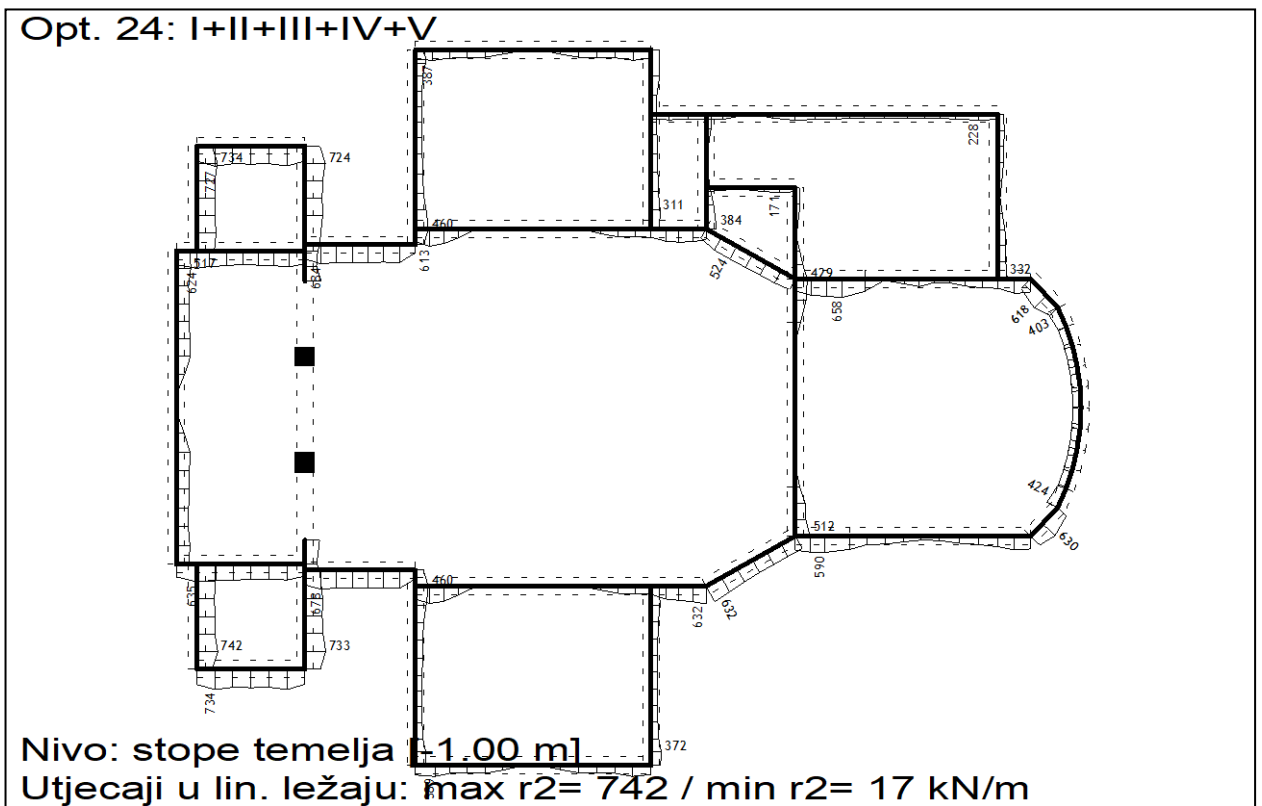
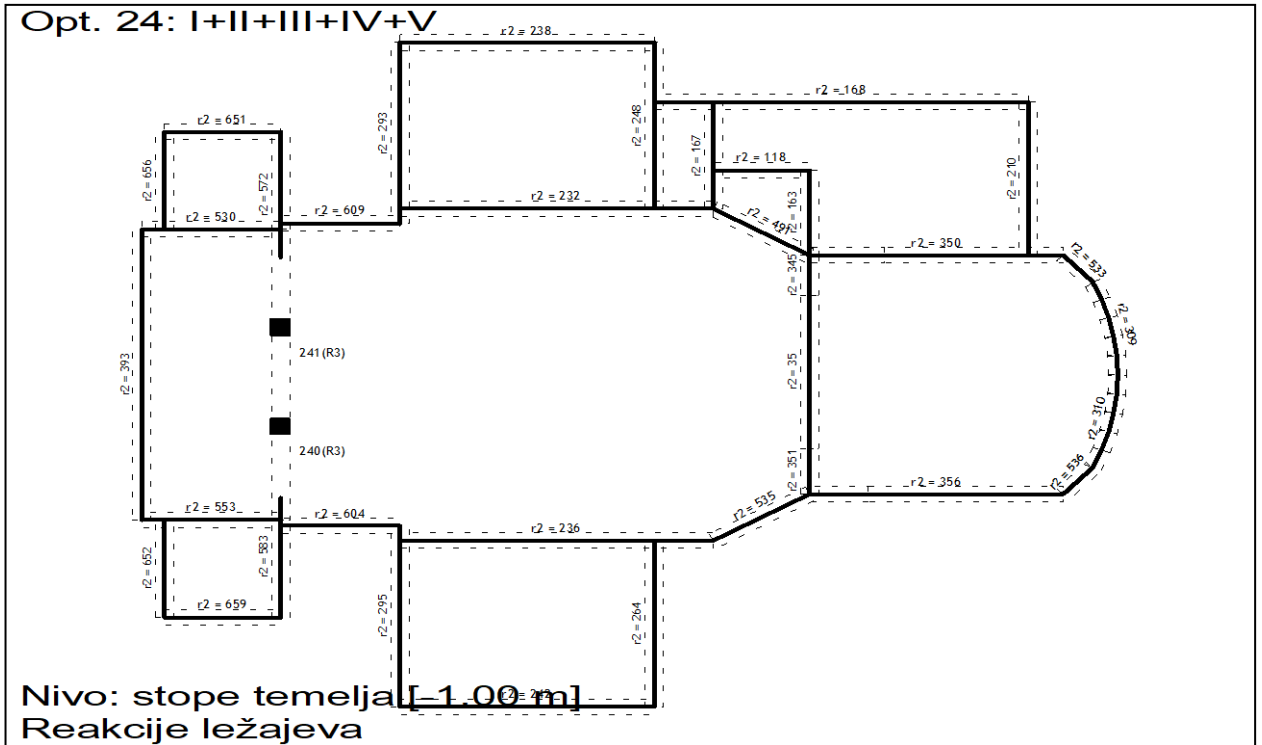


Sliak 4.25. Usporedna naprezanja na donjim rubovima svodova (Poz Sv-1_4)

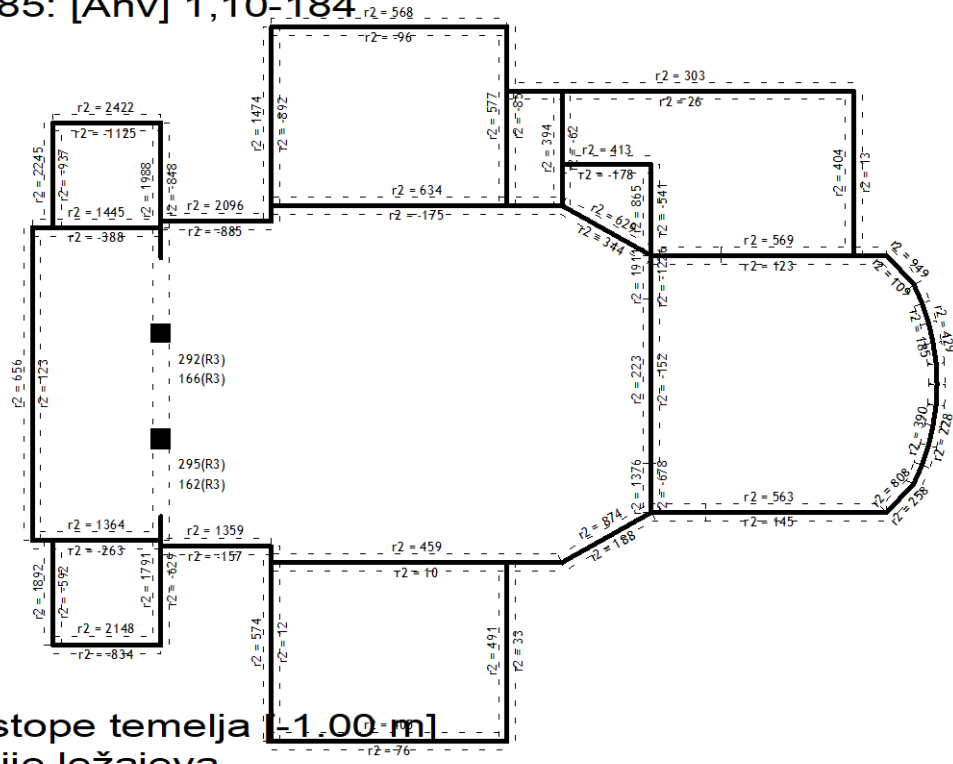
REZULTATI OPTEREĆENJA TLA ZA 2 MJERODAVNE KOMBINACIJE:

OPT.24 – G + P + S/2 + S/2_L + s/2_D, te

OPT.120 - ANVELOPA SVIH KOMBINACIJA OPTEREĆENJA

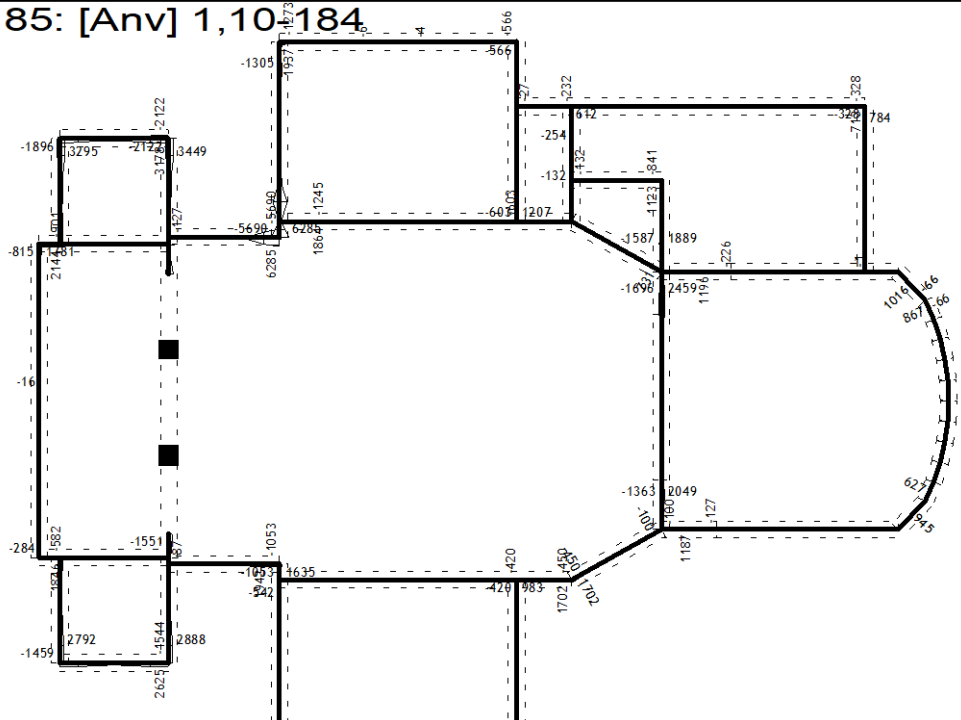


Opt. 185: [Anv] 1,10-184



Nivo: stope temelja [1.00 m]
Reakcije ležajeva

Opt. 185: [Anv] 1,10-184



Nivo: stope temelja [1.00 m]
Utjecaji u lin. ležaju: max r2= 6285 / min r2= -5690 kN/m

DIMENZIONIRANJE (BETON)

Mjerodavno opterećenje - EC 2 (EN 1992-1-1:2004)

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Slučajevi opterećenja

- I g (g) - <Stalno>(dugotrajno)
- II p - <Uporabno - C, D>(kratkotrajno)
- III s/2 - <Snijeg - <= 1000 m>(kratkotrajno)
- IV s/2_L - <Nedefinirano opterećenje>
- V s/2_D - <Nedefinirano opterećenje>
- VI wL - <Nedefinirano opterećenje>
- VII w_D - <Nedefinirano opterećenje>
- VIII Sy - <Seizmičko> (+/-)
- IX Sx - <Seizmičko> (+/-)

Koeficijenti sigurnosti za materijal

[SP] Stalne i povremene kombinacije:

$$\gamma_C = 1.50, \gamma_S = 1.15$$

[SE] Potresne kombinacije:

$$\gamma_C = 1.50, \gamma_S = 1.15$$

[IN] Izvanredne kombinacije:

$$\gamma_C = 1.20, \gamma_S = 1.00$$

Kombinacije opterećenja iz sheme kombinacija

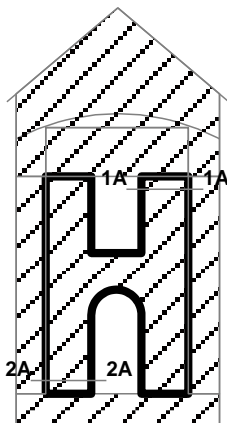
- 01. [SP] $1.35 \times I + 1.50 \times 0.70 \times II + 1.50 \times III$
- 02. [SP] $1.35 \times I + 1.50 \times II + 1.50 \times 0.50 \times III$
- 03. [SP] $I + 1.50 \times 0.70 \times II + 1.50 \times III$
- 04. [SP] $I + 1.50 \times II + 1.50 \times 0.50 \times III$
- 05. [SP] $1.35 \times I + 1.50 \times III$
- 06. [SP] $1.35 \times I + 1.50 \times II$
- 07. [SE] $I + 0.60 \times II - VIII$
- 08. [SE] $I + 0.60 \times II - IX$
- 09. [SE] $I + 0.60 \times II + IX$
- 10. [SE] $I + 0.60 \times II + VIII$
- 11. [SP] $I + 1.50 \times III$
- 12. [SP] $I + 1.50 \times II$
- 13. [SE] $I - VIII$
- 14. [SE] $I - IX$
- 15. [SE] $I + IX$
- 16. [SE] $I + VIII$
- 17. [SP] $1.35 \times I$
- 18. [SP] I

Korisnički definirane kombinacije opterećenja

- 01. [SP] I+II
- 02. [SP] I+III
- 03. [SP] I+II+III
- 04. [SP] I+IV
- 05. [SP] I+II+IV
- 06. [SP] I+III+IV
- 07. [SP] I+II+III+IV
- 08. [SP] I+V
- 09. [SP] I+II+V
- 10. [SP] I+III+V
- 11. [SP] I+II+III+V
- 12. [SP] I+IV+V
- 13. [SP] I+II+IV+V
- 14. [SP] I+III+IV+V
- 15. [SP] I+II+III+IV+V
- 16. [SP] I+VI
- 17. [SP] I+II+VI
- 18. [SP] I+III+VI
- 19. [SP] I+II+III+VI
- 20. [SP] I+IV+VI
- 21. [SP] I+II+IV+VI
- 22. [SP] I+III+IV+VI
- 23. [SP] I+II+III+IV+VI
- 24. [SP] I+V+VI
- 25. [SP] I+II+V+VI
- 26. [SP] I+III+V+VI
- 27. [SP] I+II+III+V+VI
- 28. [SP] I+IV+V+VI
- 29. [SP] I+II+IV+V+VI
- 30. [SP] I+III+IV+V+VI
- 31. [SP] I+II+III+IV+V+VI
- 32. [SP] I+VII
- 33. [SP] I+II+VII
- 34. [SP] I+III+VII
- 35. [SP] I+II+III+VII
- 36. [SP] I+IV+VII
- 37. [SP] I+II+IV+VII
- 38. [SP] I+III+IV+VII
- 39. [SP] I+II+III+IV+VII
- 40. [SP] I+V+VII
- 41. [SP] I+II+V+VII
- 42. [SP] I+III+V+VII
- 43. [SP] I+II+III+V+VII
- 44. [SP] I+IV+V+VII
- 45. [SP] I+II+IV+V+VII
- 46. [SP] I+III+IV+V+VII
- 47. [SP] I+II+III+IV+V+VII

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: H 1



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=6.68m) (t/h = 0.68/1.55m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xIX

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-226.14	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	25.981	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	30.869	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.552	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.309	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.186	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	130.67	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (30.87 <= 130.67)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=0.43m) (t/h = 0.68/1.51m)

Mjerodavna kombinacija: 1.35xI+1.05xII+1.50xIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	- 58.17	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	22.367	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	0.161	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.507	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.632	MPa

Kontrola normalnog napona

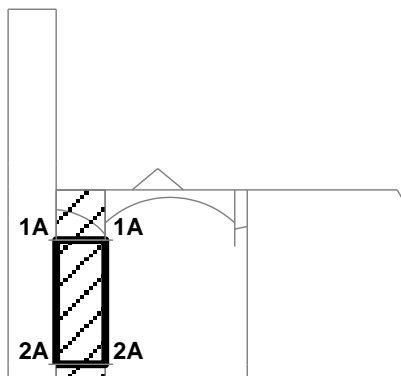
Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.63 <= 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: H 6



Karakt. čvrstoća opeke	
$f_b = 12.000$	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak	
$f_k = 7.000$	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka	
$f_{vk0} = 0.100$	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik	
$f_{vk,gr} = 1.500$	MPa
Koef. sigurnosti materijala	
$\gamma_M = 1.500$	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=8.00m) (t/h = 1.50/3.15m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xIX

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-542.77 kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	548.03 kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	221.82 kN
Dužina tlačne zone	$L_c =$	1.696 m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.427 MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.185 MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	314.33 kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (221.82 <= 314.33)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=0.00m) (t/h = 1.50/3.15m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-3123.1 kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	527.56 kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	57.284 kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	3.150 m

Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.874 MPa
------------------------	-----------------	-----------

Kontrola normalnog napona

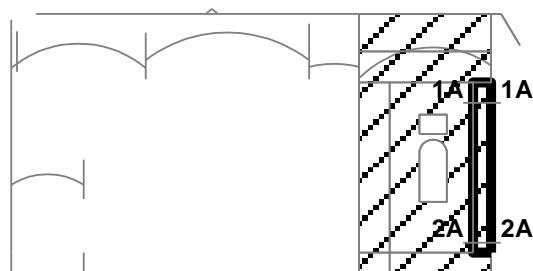
Dopušteni napon	$f_d =$	4.667 MPa
-----------------	---------	-----------

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.87 <= 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: H 8



Kompletna shema opterećenja

Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Presjek 1A - 1A (Z=7.75m) (t/h = 1.25/0.93m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xIX

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-163.69	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	17.758	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	24.109	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	0.930	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.239	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.156	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	121.15	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (24.11 \leq 121.15)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=0.51m) (t/h = 1.25/0.93m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xVIII

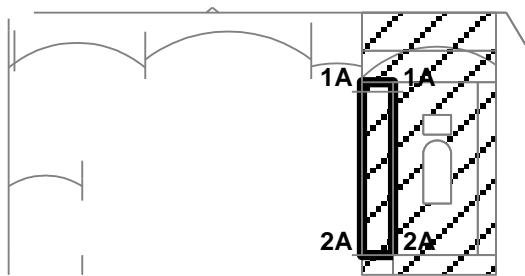
Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-510.52	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	22.091	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	9.129	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	0.930	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.562	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.56 \leq 4.67)

Uvjet je ispunjen.



Karakt. čvrstoća opeke	$f_b = 12.000$	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak	$f_k = 7.000$	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka	$f_{vk0} = 0.100$	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk,gr} = 1.500$	MPa
Koef. sigurnosti materijala	$\gamma_M = 1.500$	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=8.32m) (t/h = 1.50/1.55m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} = -242.86$	kN
Moment savijanja	$M_{ed} = 28.436$	kNm
Posmična sila	$V_{ed} = 107.77$	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c = 1.546$	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} = 0.152$	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} = 0.142$	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} = 219.38$	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (107.77 ≤ 219.38)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=0.00m) (t/h = 1.50/1.55m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xIX

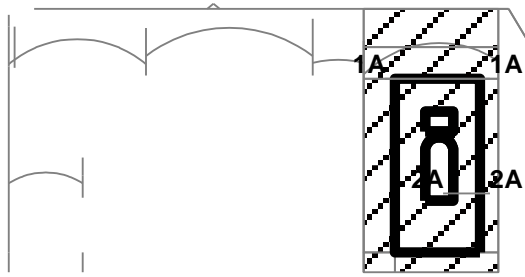
Normalna sila u zidu	$N_{ed} = -1135.3$	kN
Moment savijanja	$M_{ed} = 137.47$	kNm
Posmična sila	$V_{ed} = 89.401$	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c = 1.546$	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} = 0.720$	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	$f_d = 4.667$	MPa
-----------------	---------------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.72 ≤ 4.67)

Uvjet je ispunjen.



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=8.80m) (t/h = 0.68/4.23m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-363.28	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	65.877	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	66.306	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	4.234	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.159	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.150	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	288.81	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (66.31 \leq 288.81)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=2.99m) (t/h = 0.68/1.32m)

Mjerodavna kombinacija: 1.35xI+1.05xII+1.50xIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-506.02	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	35.077	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	1.882	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.320	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.741	MPa

Kontrola normalnog napona

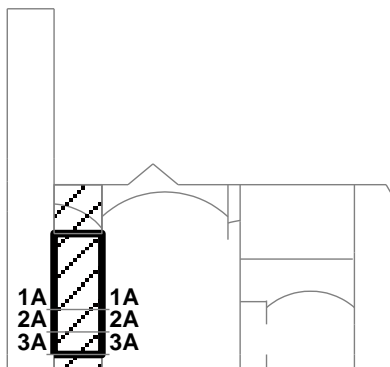
Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.74 \leq 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: H 13



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=2.98m) (t/h = 1.50/3.15m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	Ned =	-1165.8	kN
Moment savijanja	Med =	1590.5	kNm
Posmična sila	Ved =	286.69	kN
Dužina tlačne zone	Lc =	0.632	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	2.459	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	fd =	4.667	MPa
-----------------	------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (2.46 ≤ 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=1.50m) (t/h = 1.50/3.15m)

Mjerodavna kombinacija: I+VIII

Normalna sila u zidu	Ned =	-276.05	kN
Moment savijanja	Med =	594.34	kNm
Posmična sila	Ved =	309.90	kN
Ekscentricitet (Msd/Nsd)	e =	2.153	m

U presjeku se javlja nedopušteni ekscentricitet.

Presjek 3A - 3A (Z=0.00m) (t/h = 1.50/3.15m)

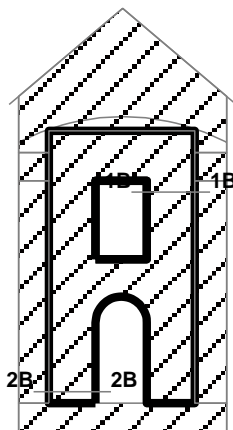
Mjerodavna kombinacija: I+VIII

Normalna sila u zidu	Ned =	1056.8	kN
Moment savijanja	Med =	2506.2	kNm
Posmična sila	Ved =	318.85	kN

U presjeku se javlja nedopušteno zatezanje.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: H 20



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1B - 1B (Z=6.74m) (t/h = 0.68/1.55m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-143.11	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	72.642	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	51.816	kN
Dužina tlačne zone	$L_c =$	0.806	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.523	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.205	MPa
Granična računski posmična sila	$V_{rd} =$	74.679	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (51.82 ≤ 74.68)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2B - 2B (Z=0.37m) (t/h = 0.68/1.51m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-640.44	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	35.059	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	33.254	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.507	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.761	MPa

Kontrola normalnog napona

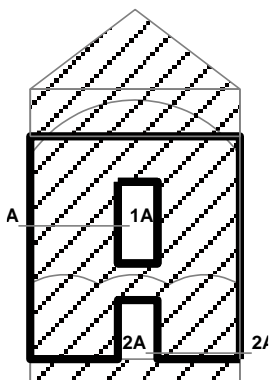
Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.76 ≤ 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: V 1



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=5.64m) (t/h = 0.90/3.73m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-844.18	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	286.30	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	197.57	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	3.730	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.389	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.201	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	448.92	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (197.57 \leq 448.92)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=0.25m) (t/h = 0.90/3.51m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xIX

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-2349.2	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	486.48	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	111.86	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	3.510	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	1.007	MPa

Kontrola normalnog napona

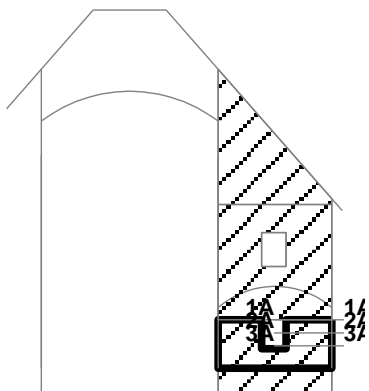
Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (1.01 \leq 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: V 11



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=2.00m) (t/h = 0.68/1.89m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-29.247	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	1.560	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	113.78	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.889	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.027	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.109	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	93.432	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (113.78 \leq 93.43)

Uvjet nije ispunjen.

Posmična sila prekoračuje dopuštenu vrijednost.

Presjek 2A - 2A (Z=1.46m) (t/h = 0.68/1.89m)

Mjerodavna kombinacija: I+0.60xII-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-654.50	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	141.55	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	129.57	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	1.889	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.860	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.86 \leq 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 3A - 3A (Z=0.92m) (t/h = 0.68/1.89m)

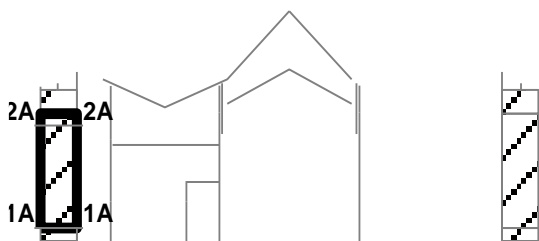
Mjerodavna kombinacija: I+VIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-79.017	kN
Moment savijanja	$M_{ed} =$	141.48	kNm
Posmična sila	$V_{ed} =$	93.952	kN
Ekscentricitet (M_{sd}/N_{sd})	$e =$	1.791	m

U presjeku se javlja nedopušteni ekscentricitet.

Kontrola naprezanja u zidanim zidovima

Okvir: C 1



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=0.00m) (t/h = 0.80/2.95m)

Mjerodavna kombinacija: 1.35xI+1.05xII+1.50xIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-1104.6	kN
Posmična sila	$V_{ed} =$	10.943	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	2.952	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.468	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.47 ≤ 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=7.81m) (t/h = 0.80/2.95m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xIX

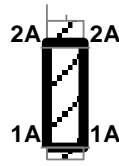
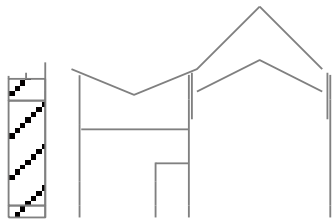
Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-259.45	kN
Posmična sila	$V_{ed} =$	129.48	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	2.952	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.110	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.144	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	226.64	kN

Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (129.48 ≤ 226.64)

Uvjet je ispunjen.



Karakt. čvrstoća opeke		
$f_b =$	12.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na tlak		
$f_k =$	7.000	MPa
Karakt. čvrstoća zida na posmik bez tlaka		
$f_{vk0} =$	0.100	MPa
Granična karakteristična čvrstoća na posmik		
$f_{vk,gr} =$	1.500	MPa
Koef. sigurnosti materijala		
$\gamma_M =$	1.500	

Kompletna shema opterećenja

Presjek 1A - 1A (Z=0.00m) (t/h = 0.80/2.95m)

Mjerodavna kombinacija: 1.35xI+1.05xII+1.50xIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-1099.0	kN
Posmična sila	$V_{ed} =$	0.066	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	2.952	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.465	MPa

Kontrola normalnog napona

Dopušteni napon	$f_d =$	4.667	MPa
-----------------	---------	-------	-----

Uvjet: $\sigma_{RD} \leq f_d$ (0.47 ≤ 4.67)

Uvjet je ispunjen.

Presjek 2A - 2A (Z=8.28m) (t/h = 0.80/2.95m)

Mjerodavna kombinacija: I-1.00xVIII

Normalna sila u zidu	$N_{ed} =$	-269.99	kN
Posmična sila	$V_{ed} =$	68.764	kN
Cijeli presjek je tlačni	$L_c =$	2.952	m
Maksimalni napon tlaka	$\sigma_{RD} =$	0.114	MPa

Kontrola posmičnih sila

Karakteristična čvrstoća na posmik	$f_{vk} =$	0.146	MPa
Granična računaska posmična sila	$V_{rd} =$	229.45	kN

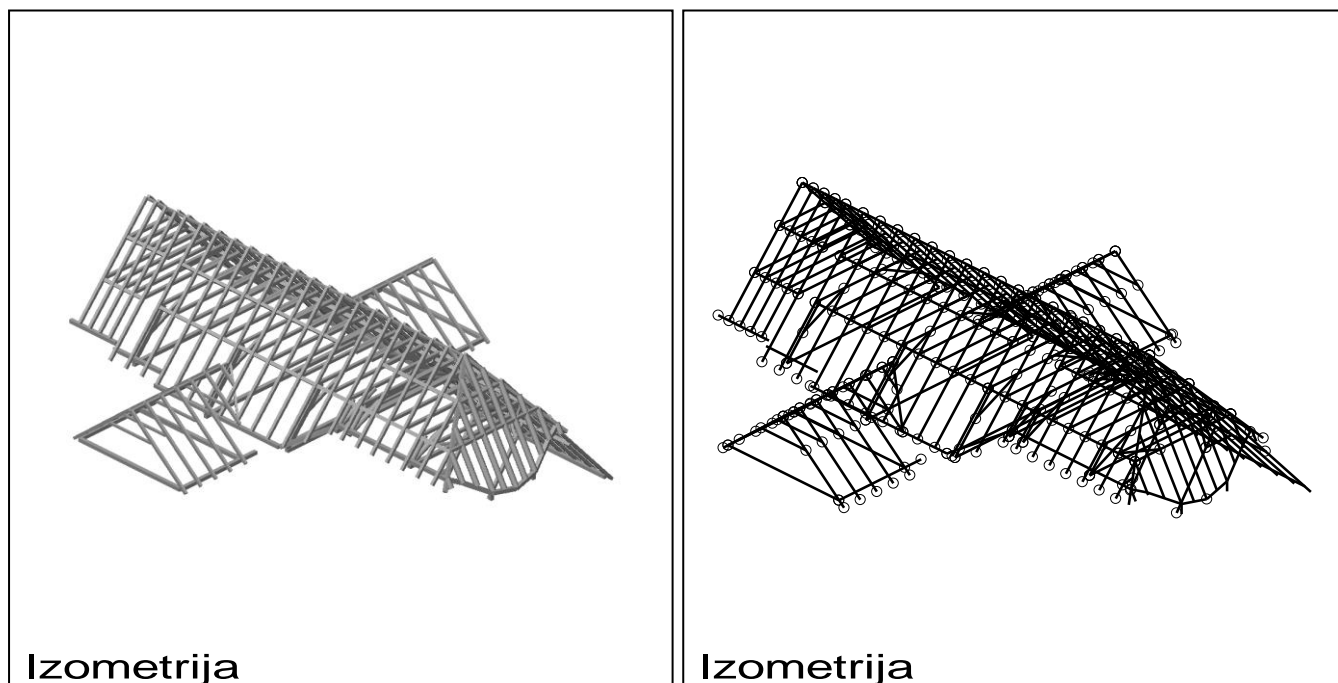
Uvjet: $V_{ed} \leq V_{rd}$ (68.76 ≤ 229.45)

Uvjet je ispunjen.

4.2.2. Proračunski model krovnih konstrukcija

Ulazni podaci - Konstrukcija

3D PRORAČUNSKI MODEL KROVIŠTA CRKVE U DRAŠKOVCU



Slika 4.26. 3D proračunski model krovišta crkve u Draškovcu

Shema nivoa

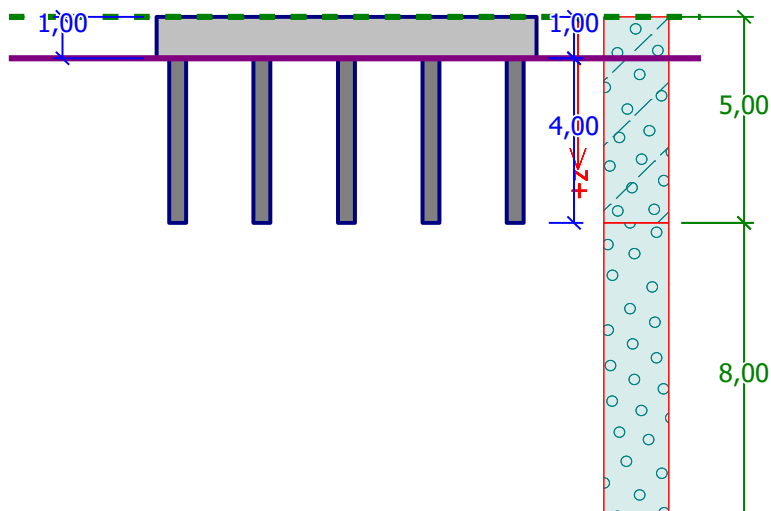
Naziv	z [m]	h [m]
nazidnice 1	10.89	0.17
nazidnice 2	10.72	0.92
bočne nazidnice	9.80	9.80

Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m ²]	μ	γ [kN/m ³]	αt [1/C]	Em[kN/m ²]	μm
1	Drvo-Listari-Masivno	1.250e+7	0.20	7.00	1.000e-5	1.250e+7	0.20
2	C 12/15	2.700e+7	0.20	25.00	1.000e-5	2.700e+7	0.20

4.2.3. Proračun grupe pilota za sanaciju temelja bočnih kapela

Verifikacija grupe pilota



Slika 4.27. Shema pilota

Postavke

Standard - EN 1997 - DA1

Materijali i standardi

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : Standard

Tlo parametri

Prahoviti šljunak (GM)

Obujamska težina: $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Kut unutarnjeg trenja: $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$

Kohezija: $c_{ef} = 4,00 \text{ kPa}$

Edometarski modul: $E_{oed} = 94,50 \text{ MPa}$

Saturirana obujamska težina: $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Šljunak, dobro graduirani (GW), medium dense

Obujamska težina: $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Kut unutarnjeg trenja: $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$

Kohezija: $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$

Edometarski modul: $E_{oed} = 355,50 \text{ MPa}$

Saturirana obujamska težina: $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Construction

Duljina naglavne grede $b_x = 9,00 \text{ m}$

$b_y = 1,00 \text{ m}$

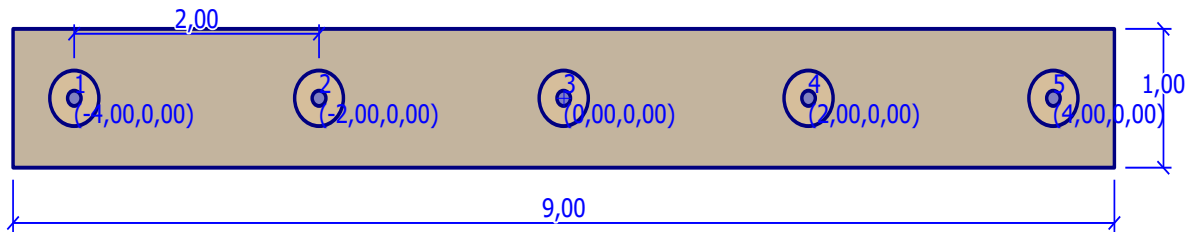
Promjer pilota $d = 0,40 \text{ m}$

Broj pilota $n_x = 5$

$n_y = 1$

Razmak pilota $s_x = 2,00 \text{ m}$

$s_y = 1,00 \text{ m}$



Slika 4.28. Tlocrt naglavne grede pilota

Geometrija

Dubina	$h_z =$	1,00	m
Odmak glave pilota	$h =$	0,00	m
Debljina naglavne grede	$t =$	1,00	m
Duljina pilota	$l =$	4,00	m

Materijal konstrukcije

Obujamska težina $\gamma = 23,56 \text{ kN/m}^3$

Analiza betonske konstrukcije prema EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 20/25

Tlačna čvrstoća valjka $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$

Vlačna čvrstoća $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

Modul elastičnosti $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$

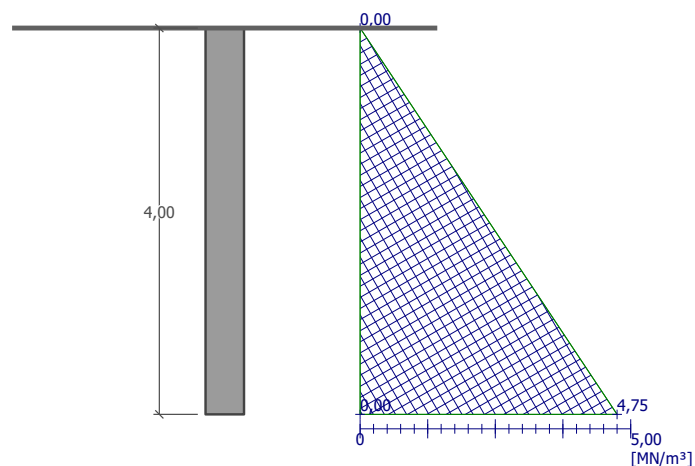
Modul posmika $G = 12500,00 \text{ MPa}$

Armatura, čelik : B500

Vlačna čvrstoća $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Horizontalni modul reakcije tla po dubini

Dubina [m]	k_h [MN/m ³]
0.00	0.00
4.00	4.75






Slika 4.29. Horizontalni modul reakcije tla po dubini

Determinacija vertikalnih opruga

Tipično opterećenje (za analizu opruga) : Opterećenje No. 1

Geološki profil

No.	Layer	Assigned soil	Pattern
	[m]		
1	5,00	Silty gravel (GM)	
2	8,00	Well graded grave (GW), medium dense	
3	-	Well graded grave (GW), medium dense	

Opterećenje

No.	Opterećenje		Naziv	Tip	N [kN]	M _x	M _y	H _x	H _y	M _z
	ново	promjena				[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	Da		Load No. 1	Design	800,00	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00
2	Da		Potres	Service	152,00	0,00	10,00	30,00	0,00	0,00

Global postavke

Analiza tip : metoda opruga

Vrsta pilota : lebdeći piloti - izračun krutosti opruga iz parametri tla

Vrsta veze piloti / pilot glava : fiksirano

Postavke faze konstrukcija

Proračunsko situacija : trajna

Analiza rezultata

Maksimalne unutarnje sile (svi slučajevi opterećenja)

Max tlačna sila	=	-761,48	kN
Max vlačna sila	=	-233,67	kN
Max. moment savijanja	=	31,45	kNm
Max. posmična sila	=	13,14	kN

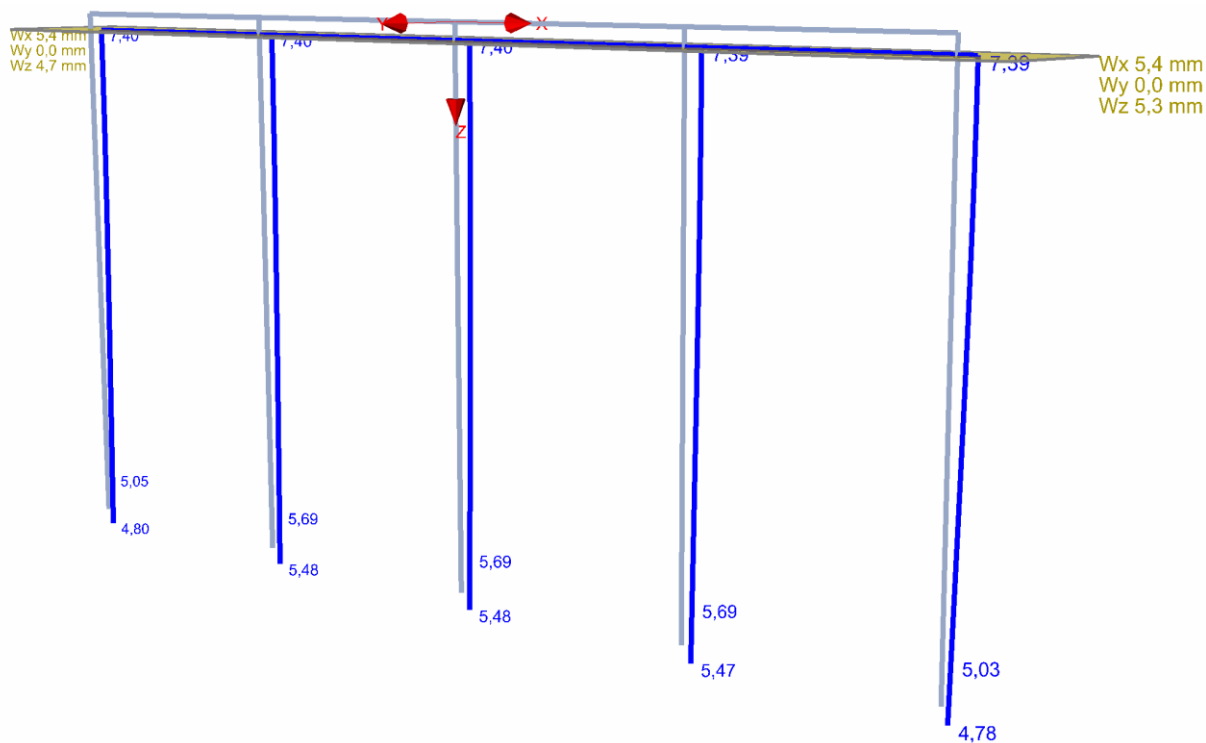
Maksimalni pomaci

Max. slijeganje	=	3,2	mm
Maximum horizontal pomak	=	3,3	mm
Max. rotacija	=	2,2E-03	°

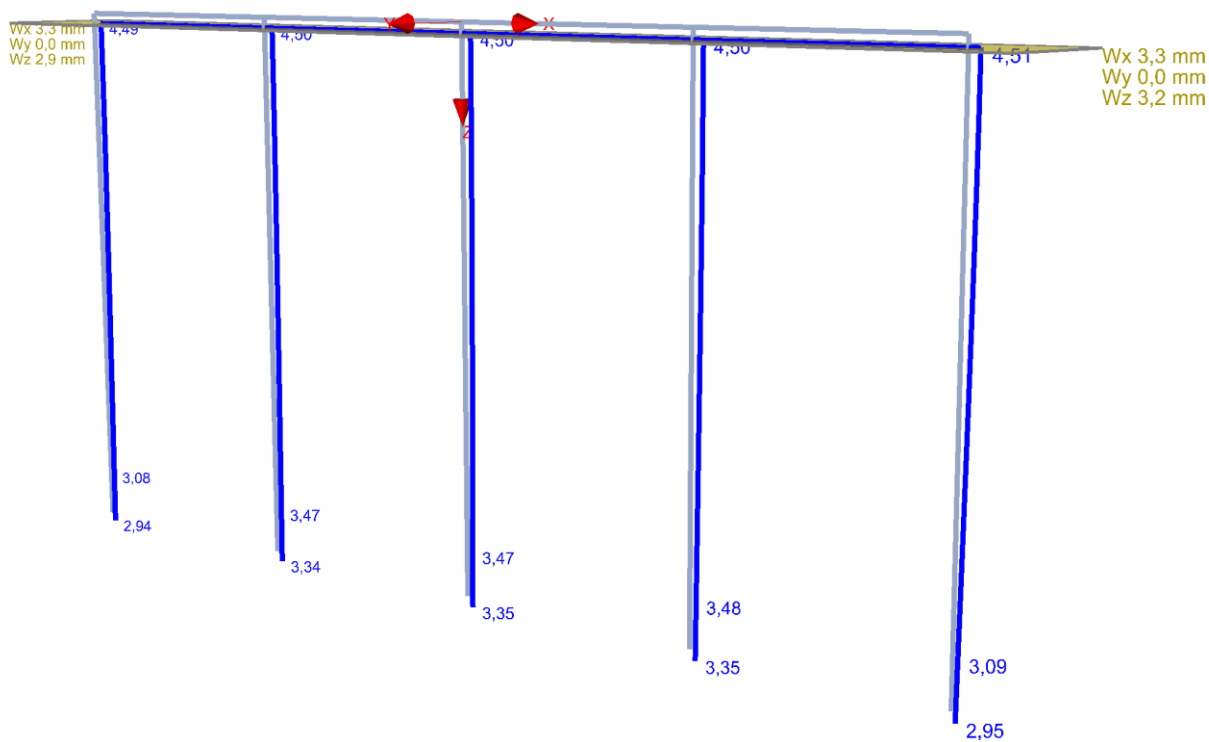
Max unutarnje sile (sva opterećenja)

Opterećenje : 1	N_{max}	N_{min}	M_{max}	Q_{max}
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]
pile 1 - 1	-746,49	-387,09	31,45	13,14
pile 1 - 2	-619,69	-379,48	19,90	7,91
pile 1 - 3	-622,95	-381,35	19,90	7,91
pile 1 - 4	-626,01	-383,09	19,90	7,91
pile 1 - 5	-761,48	-394,03	31,45	13,14

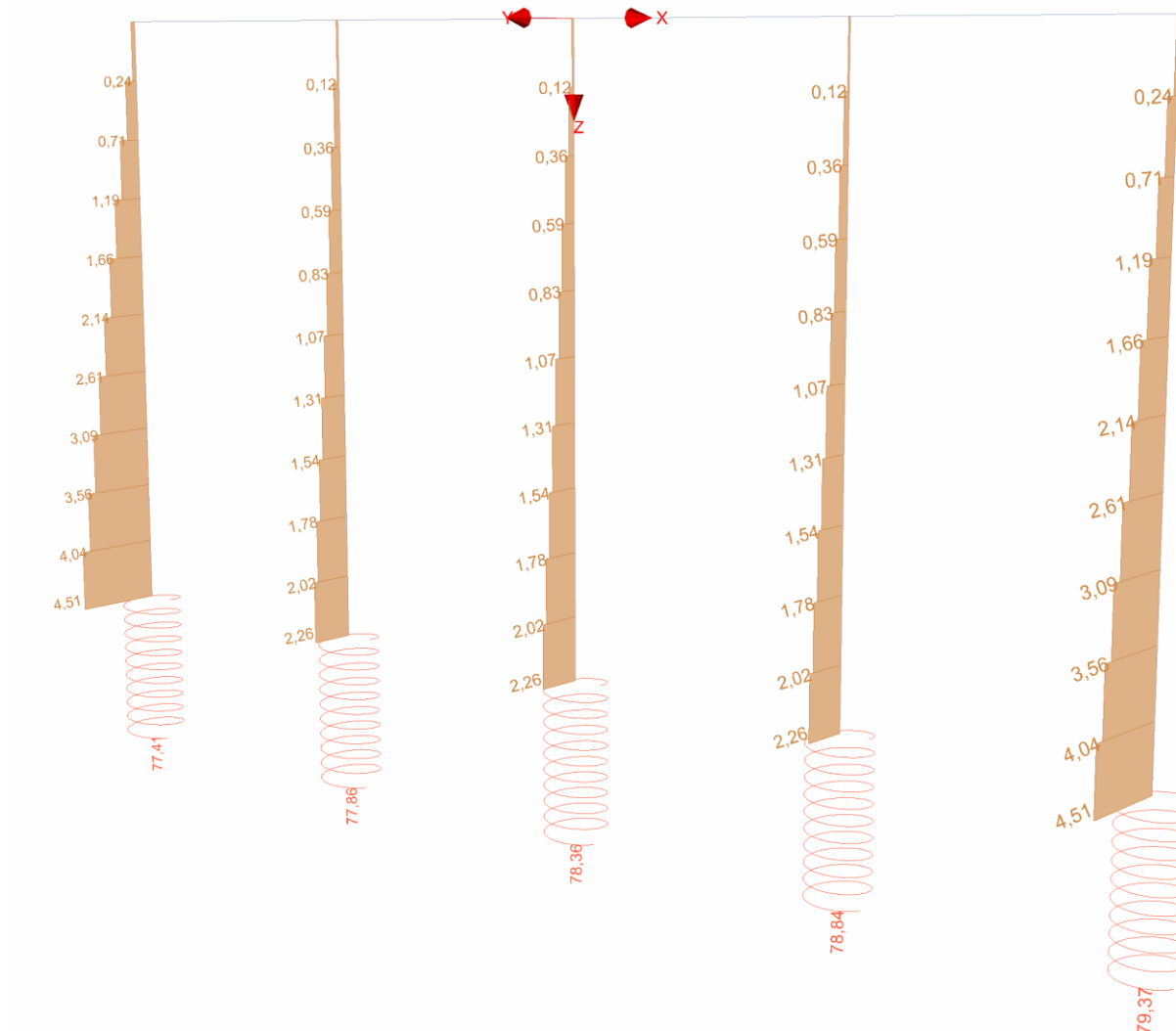
Opterećenje : 2	N_{max}	N_{min}	M_{max}	Q_{max}
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]
pile 1 - 1	-454,10	-237,86	18,86	7,88
pile 1 - 2	-376,99	-233,67	11,93	4,74
pile 1 - 3	-379,80	-235,30	11,93	4,74
pile 1 - 4	-382,50	-236,86	11,93	4,74
pile 1 - 5	-467,22	-244,12	18,86	7,88



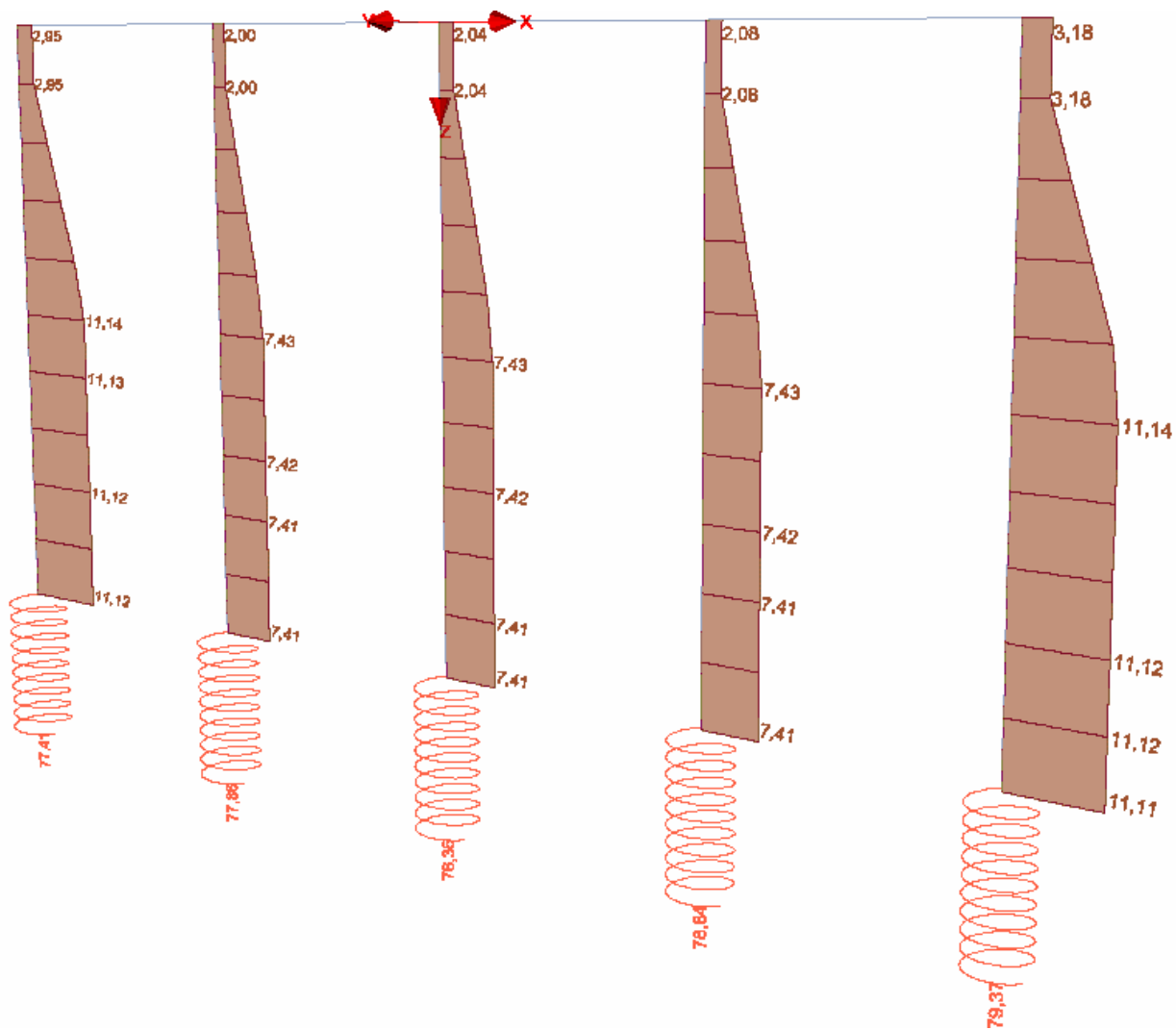
Slika 4.30. Mreža deformacija od opterećenja 1



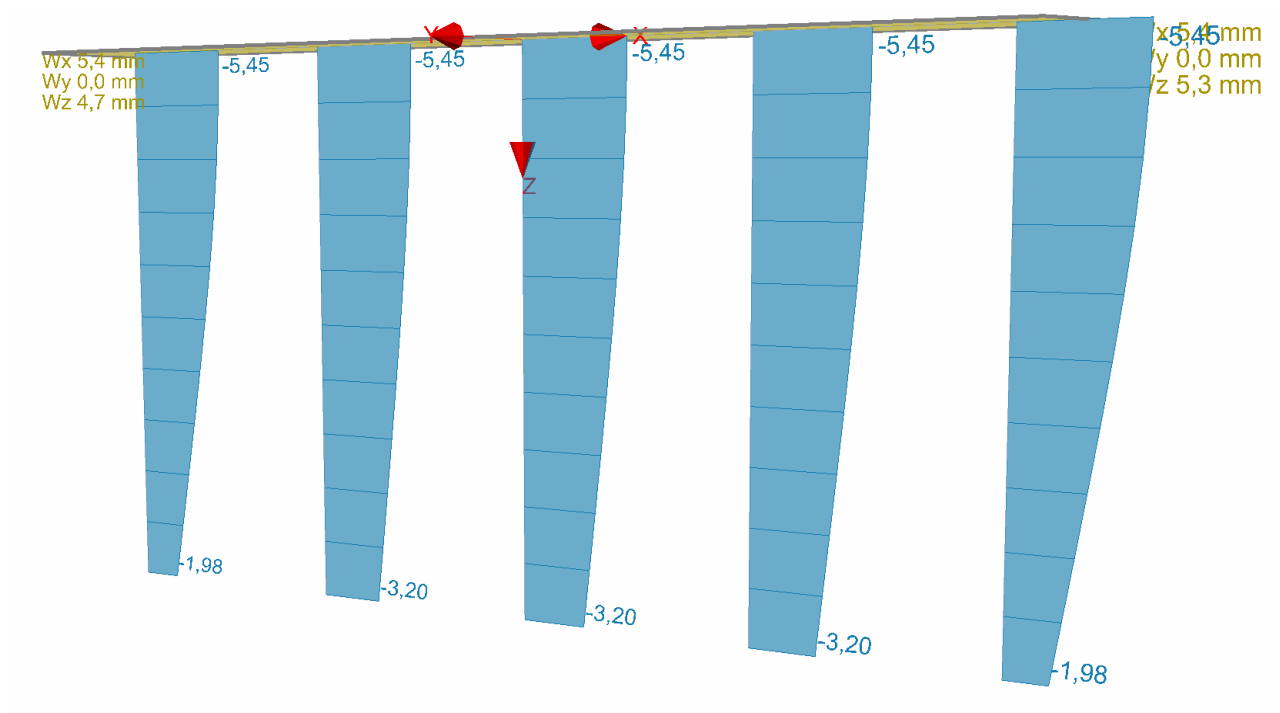
Slika 4.31. Mreža deformacija od opterećenja 2



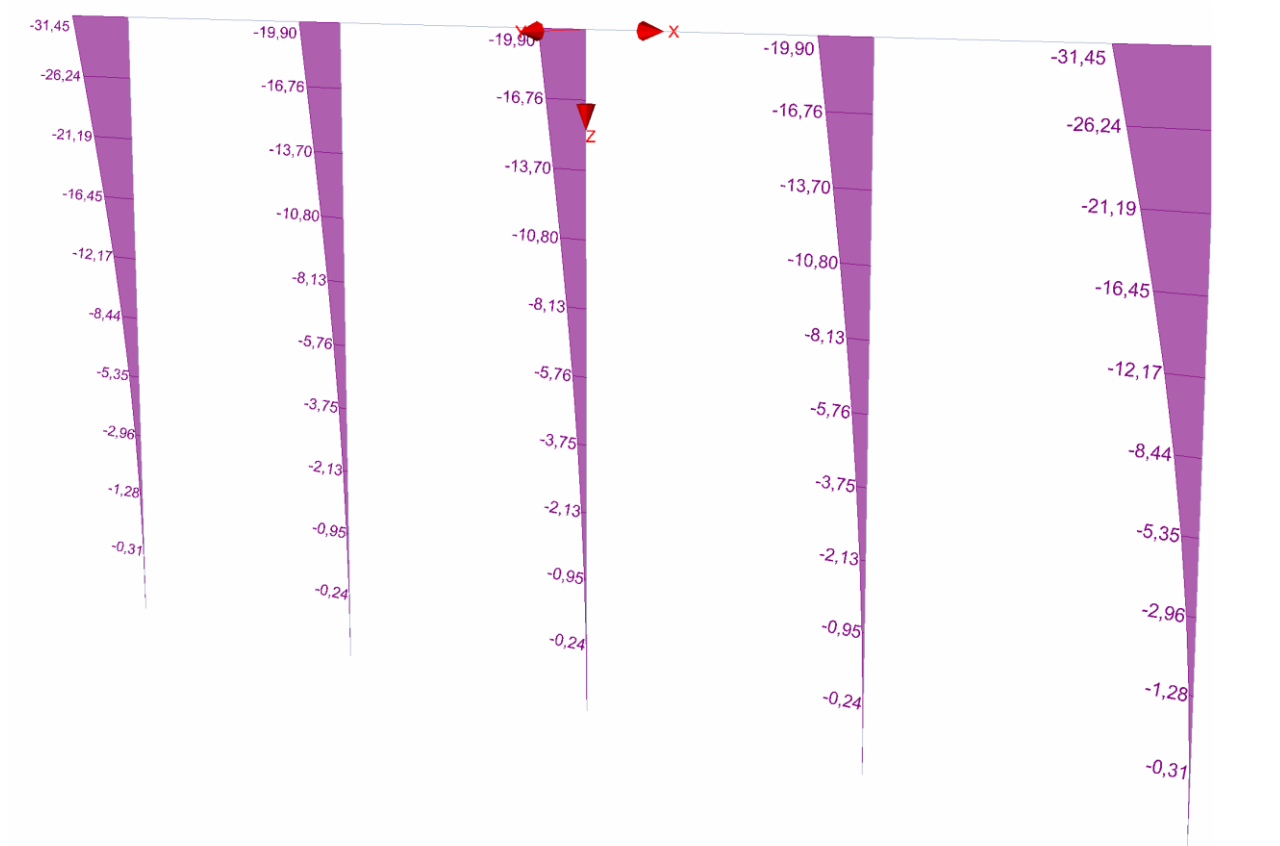
Slika 4.32. Horizontalne opruge



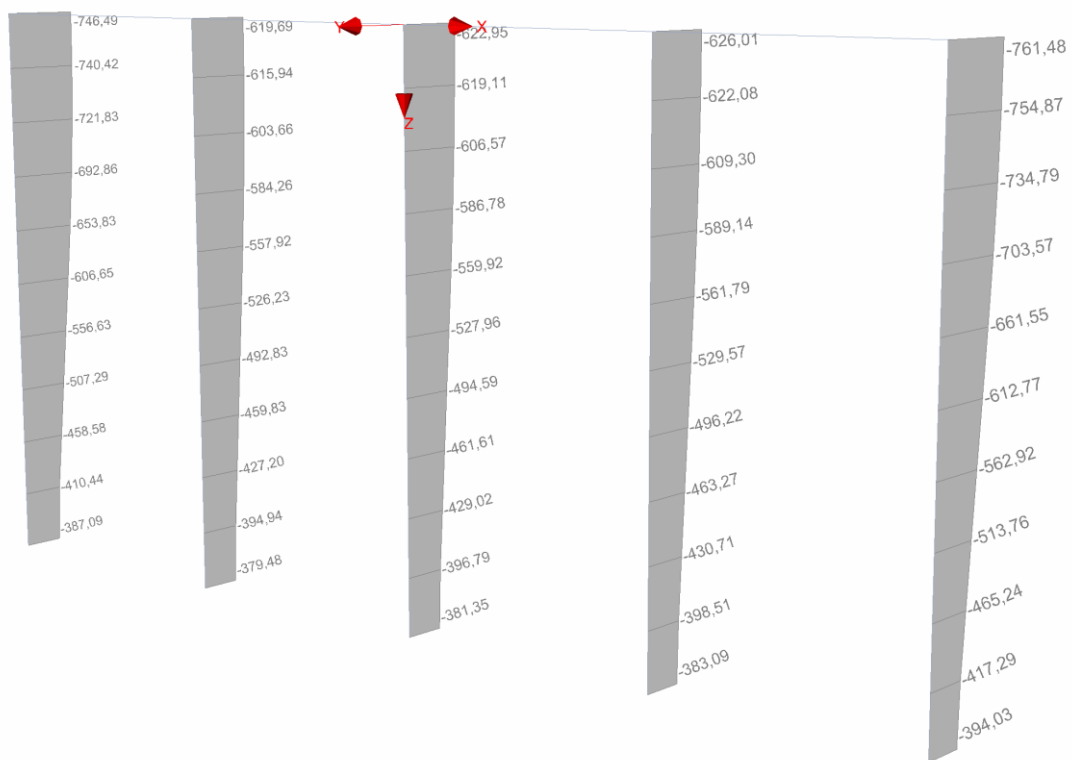
Slika 4.33. Vertikalne opruge



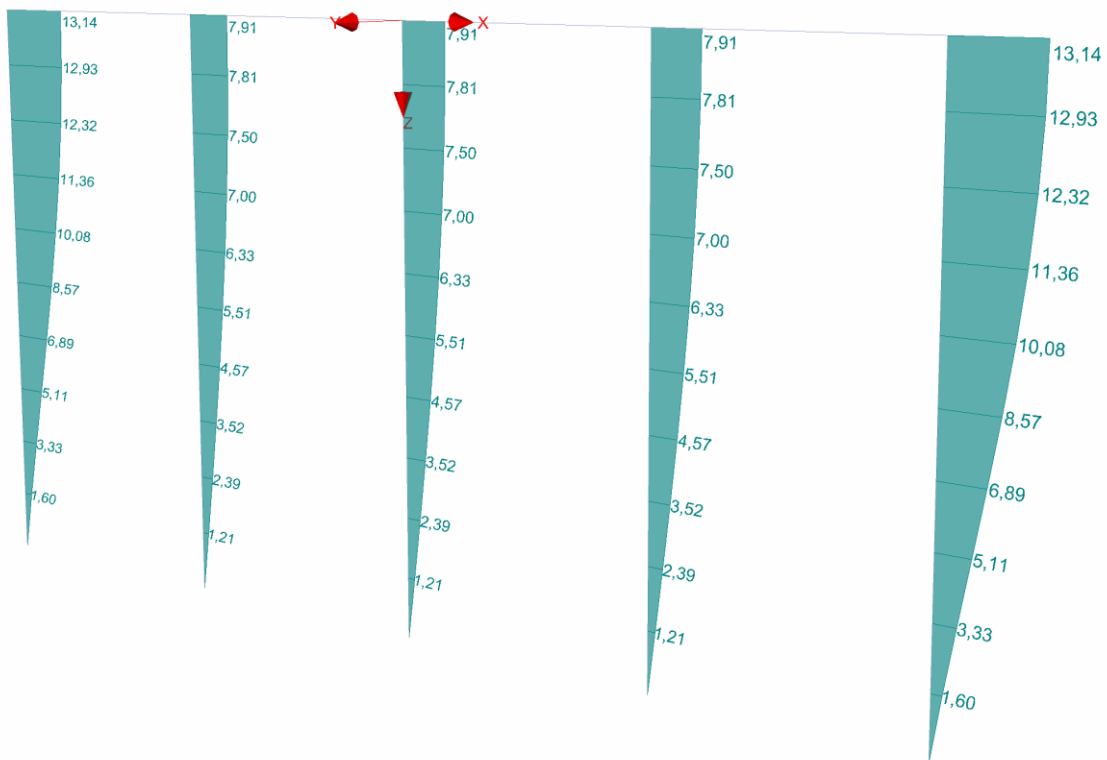
Slika 4.34. Pomaci grupe pilota



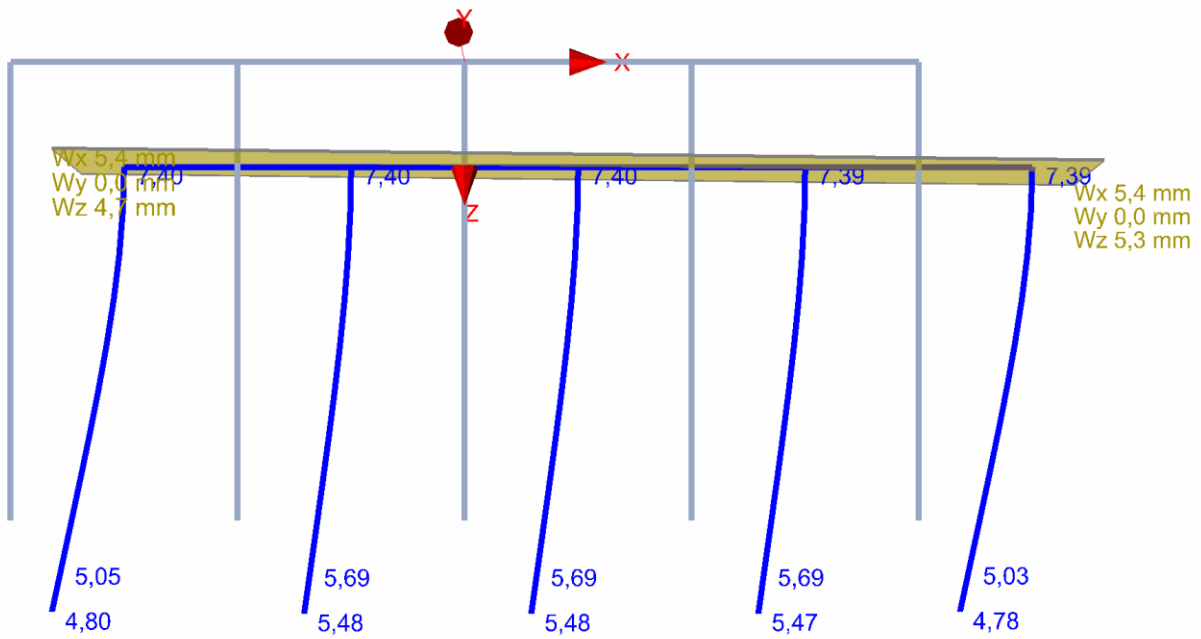
Slika 4.35. Moment Y



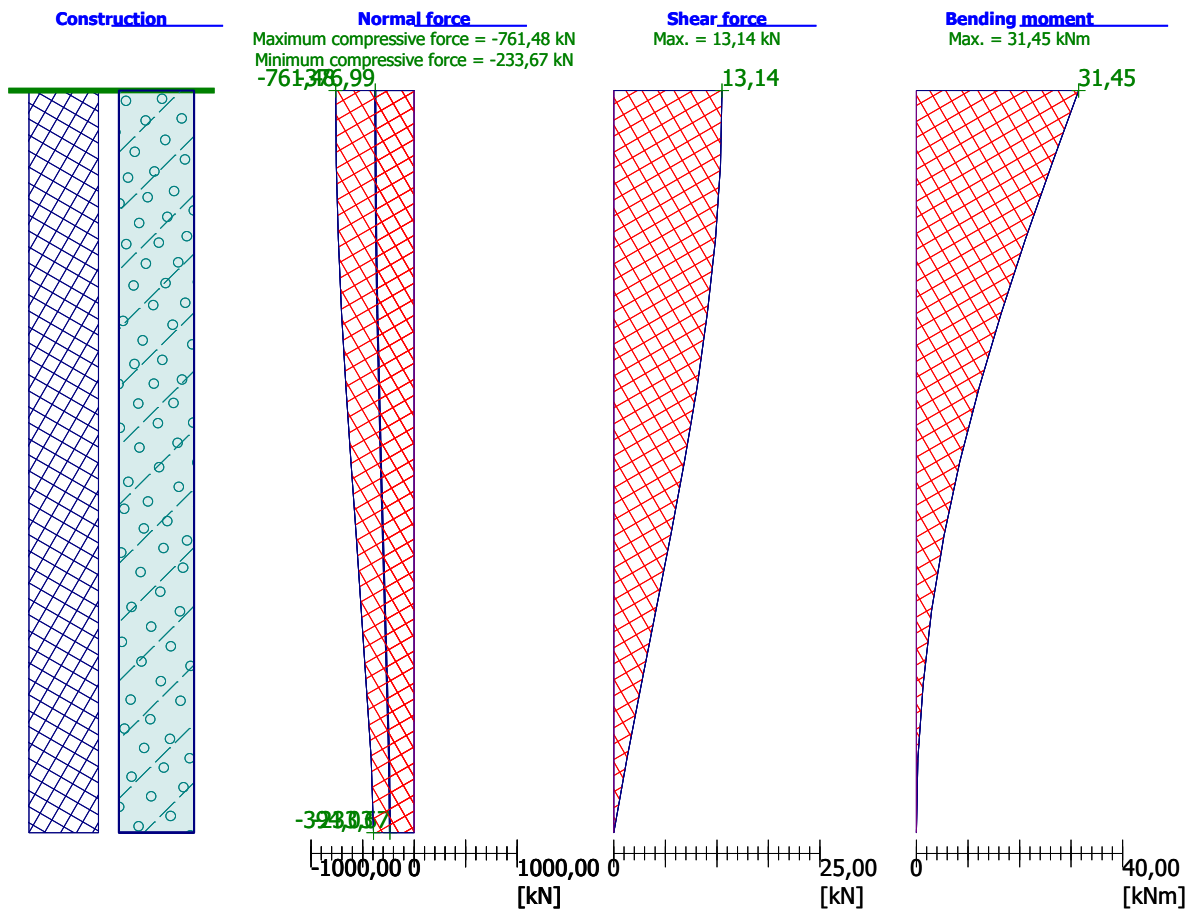
Slika 4.36. Normalna sila



Slika 4.36. Posmična sila



Slika 4.38. Maksimalne deformacije pilota



Slika 4.39. Dimenzioniranje pilota

PROVJERA

Dimenzioniranje piloti - ulazni podaci

Analiza na temelju najnepogodnijeg slučaja opterećenja.

Armiranje za sve pilote u grupi

Dimenzioniranje armatura:

Armatura - 6 fi 16,0 mm; zaštitni sloj 40,0 mm

Armatura omjer $\rho = 0,960 \% > 0,500 \% = \rho_{\min}$

Opterećenje:

$N_{Ed} = -761,48 \text{ kN}$ (compression)

$M_{Ed} = 31,45 \text{ kNm}$

Nosivost:

$N_{Rd} = -1534,96 \text{ kN}$

$M_{Rd} = 63,39 \text{ kNm}$

Proračunsko pilot armatura **ZADOVOLJAVA**

Verifikacija stremenovi armatura:

Stremenovi. - profile 8,0 mm; razmak 200,0 mm

Maksimalna poprečna sila: $V_{Rd} = 89,84 \text{ kN} > 13,14 \text{ kN} = V_{Ed}$

Presjek **ZADOVOLJAVA**

- potrebna minimalna armatura

5. Rekapitulacija i prijedlog provedbe hitnih mjera konstruktivne sanacije

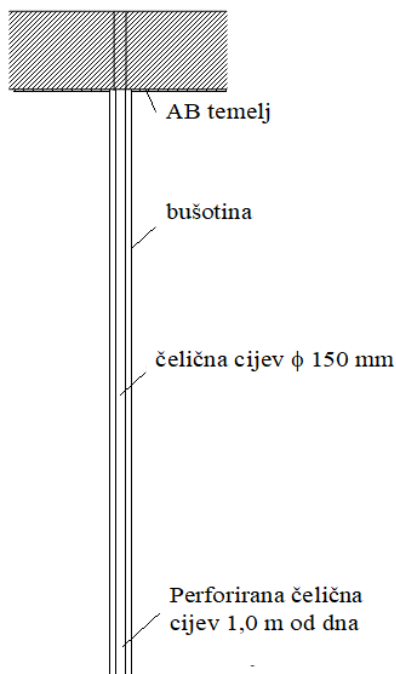
5.1.1. Ojačanje temeljnog tla ispod temelja bočnih kapela crkve

Uzrok nastanka vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa. Vertikalne pukotine su vidljiva manifestacija svega navedenoga te se osnovna hitna sanacija treba usmjeriti na stabilizaciju temelja i temeljnog tla kasnije prigradenih bočnih kapela, odnosno direktno mjesta u kojima se pojavio uzrok ovih oštećenja.

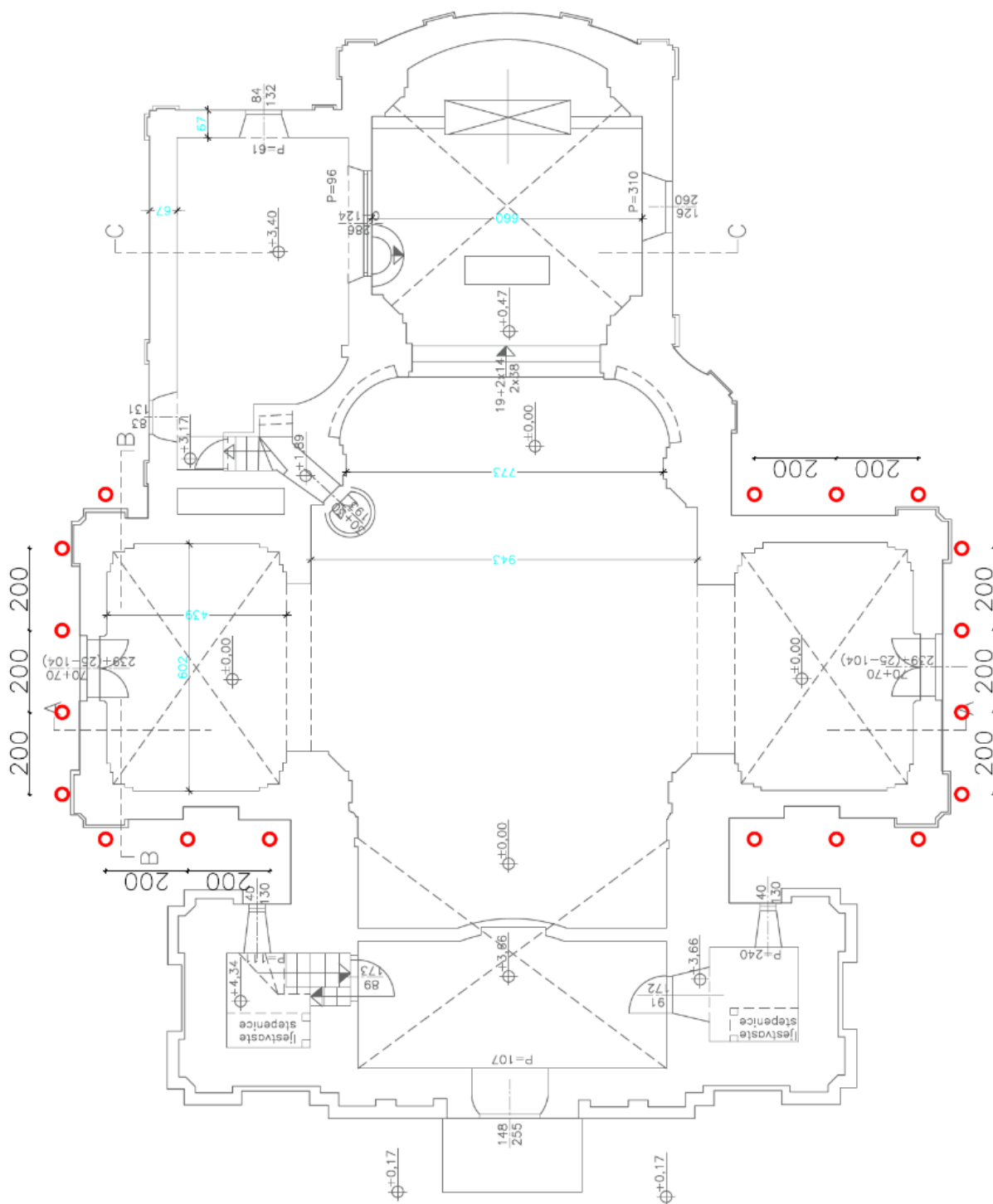
Prijedlog hitne sanacija temelja i temeljnog tla sjeverne i južne kapele podbetoniranjem temelja i izvedbom pilota.

Izrada čeličnih bušenih pilota dubine 5 m kao hitne sigurnosne mjere stabilizacije crkve.

- Bušenje bušotina promjera 400 mm na razmacima od 2,0 m, 5,00 m dubine prema projektu;
- Injektiranje injekcijskom smjesom pod tlakom te ispunjavanje bušotine.
- Umetanje čelične cijevi promjera 150 mm, debljine stijenke 4 mm duljine 5,0 m.
- Prilikom ugradnje potrebno je osigurati centričnost uz primjenu pripadajućih distancera.



Slika 5.1. Skica pilota; temelj, bušotina, čelična cijev



Slika 5.2. Tlocrtni raspored injektiranih cijevnih pilota kao mjera hitne sanacije temelja bočnih kapela

Nakon postavljanja pilota uz temelj crkve pristupa se hitnoj stabilizaciji temelja i temeljnog sustava sjeverne i južne kapele podbetoniravanjem temelja, odnosno **izvedbom naglavne grede pilota**.

5.1.2. Sanacija pukotina na konstrukciji crkve

SANACIJA PUKOTINA I OŠTEĆENJA U ZIDOVIMA I SVODOVIMA CRKVE

Sanacije se sastoje iz više faza izvedbe:

- pripremni radovi: postavljanje skela, priprema površine zida svodova, lukova ili zidova
- obrada pukotina ovisno i njihovoj širini

Preporučeni radovi:

1. Sanacija većih pukotina (od 2-3 cm ili šire) u svodovima (i eventualno lukovima) izvest će se čišćenjem isprašivanjem ili ispiranjem istih, kontroliranim močenjem i punjenjem produžnim mortom 1:3:9 uz dodatak za bubrenje. Svi ti radovi uz kontinuirani nadzor građevinske, te istovremeno i konzervatorske nadzorne službe.
2. Ostale, manje pukotine (od 0,2 do 2 tj 3 cm) u svodovima također se trebaju sanirati s donje strane i to dubinskim injektiranjem pod kontroliranim pritiskom.
3. Sanacija pukotina svih širina u zidovima izvađaju se na slične načine kao što je naprijed rečeno za svodove. Prije samog injektiranja potrebno je skinuti odvojenu i degradiranu žbuku s podgleda svoda ili sa zida. Kod toga će se otvoriti veći dijelovi svoda i moći će se na temelju njih odrediti pravilnost postavljanja cjevčica na ostalim dijelovima sa žbukom.
4. Sanacija pukotina svih širina u zidovima izvode se na slične načine kao što je naprijed rečeno za svodove. Prije samog injektiranja potrebno je skinuti odvojenu i degradiranu žbuku s podgleda svoda ili sa zida. Kod toga će se otvoriti veći dijelovi svoda i moći će se na temelju njih odrediti pravilnost postavljanja cjevčica na ostalim dijelovima sa žbukom
5. Ponovno žbukanje zidova s vanjske strane izvađa se u 3 faze: Prvo vezni sloj ("špric") iz grubog pijeska (sipine) debljine sloja do 5 mm, zatim grube vapnene žbuke omjera 1:3, uz dodatak cementa prema dogovoru s konzervatorima, u debljini oko 50 mm i završno fina žbuka (1:2 do 1:3) debljine max. do 10 mm. Sve se mora izvađati sa sanir žbukom radi zaštite od kapilarne vlage, tako da se kroz nju zid može uisušivati, a da ne bude močen od atmosferilija.
6. Žbukanje vanjskih zidova otvorenim na mjestima sanacije pukotina u njima najbolje bi bilo obavljati nakon skidanja cjelokupne žbuke s tih vanjskih površina zidova, kako iz financijskih razloga, tako i zbog dugotrajno bolje kvalitete izvedbe nove žbuke na cijeloj površini zida.

POVEZIVANJE KONSTRUKCIJE SIDRIMA I ZATEGAMA

Hitna sanacija pukotina istočnog zabatnog zida u potkrovlju crkve.

Ugradnja spiralno oblikovanih sidra u horizontalne sljubnice na mjestima pukotina uzrokovanih potresom. Uklanjanje žbuke na mjestima pukotina. Čišćenje horizontalnih sljubnica do dubine 4-5 cm te njihovo čišćenje od prašine kako bi se uklonile sve nečistoće. Spiralno oblikovana sidra profila 6 mm postavljati u sljubnice tako da s obje strane pukotine imaju duljinu od min. 50 cm. Postavljanje sidara u svaku četvrtu sljubnicu. Nakon toga u sljubnice se unosi sloj morta na bazi hidrauličnog vapna ili pucolanskog cementa debljine do 2 cm. Postavljanje spiralnih sidara u prvi sloj morta s time da treba voditi računa da ostane min. 15 mm dubine u sljubnici kako bi bilo dovoljno mjesta za drugi sloj morta.

Privremene stabilizacije krovne konstrukcije na mjestima gdje su nastala oštećenja u potresu.

Spoj kosnik-stup-razupora. Treba provesti kontrolu svih spojeva krovne konstrukcije te sanirati pojedine spojeve. Spojeve rogova na krovne podrožnice i nadzidnice treba provjeriti te po potrebi dodatno ojačati (sidriti) vijcima za drvo. Spajanje se vrši pocinčanim limenim trakama (spojni lim) koji se učvršćuje M16 vijcima. Predviđa se 6 vijaka sa svake strane spoja konstrukcije.

6. Zaključak

Drvena krovišta

Naprijed prikazani rezultati pokazuju da postojeće drvene krovne konstrukcije globalno, dakle ako su elementi zdravi i nemaju oštećenja na sebi, po svojim dimenzijama i ulogama u statičkim sistemima krovišta zadovoljavaju provjeru na nosivost i stabilnost. I samim pregledom krovišta ove crkve to se potvrđuje, budući da su krovišta, velika većina rogova, podrožnica te glavnih vezova krovišta u očuvanom stanju, osim na pojedinim mjestima gdje je su zbog oštećenja pokrova ili loših opšava dugoročno bili izloženi utjecaju vode i vlage, te su od nje oštećeni. Dio tih mjesta već je i saniran, da li zamjenom trulih elemenata ili njihovih dijelova, ili još dodatno ojačan dodavanjem pomoćnih elemenata kao potpora ili ojačanja koje povećavaju statičku neodređenost krovne konstrukcije na tom mjestu.

Zbog toga je sanacija lokalno evidentiranih dotrajalih elemenata, (i dosadašnjih provizornih rješenja „ojačanja“ u bivšim intervencijama na krovštima) predviđena ovdje samo lokalno, koliko se evidentiralo mjesta gdje su spoj roga s kosnikom i vezne grede s rogom oštećeni od prije, a u potresu su vjerojatno te dislokacije povećane.

Radovi na sanaciji ostalih dijelova krovišta predviđeni su u mjerama dugoročne, ne tako hitne sanacije, budući da pregledom tih krovišta nije ustanovljen veći broj kritičnih mjesta koja bi bez hitne sanacije ili rekonstrukcije predstavljala statičku nestabilnost krovne konstrukcije na sadašnja opterećenja. Ipak, u svim potkrovljima treba stalno i kontinuirano obavljati preglede, kako stanja konstrukcije tako i limene opšave, te pokrove, da ne dođe do curenja na konstrukciju i dalje na svodove crkve, te u takvom slučaju mjesta curenja treba hitno sanirati.

Zidovi i zidani svodovi i lukovi

Za proračun zidanih svodova ovdje razvijeni 3D model može pokazati nivo globalnog stanja naprezanja u njima, ali zbog ograničenja u točnosti modeliranja geometrije svodova u ovako kompleksnom 3D model konstrukcije crkve, iz njegovih rezultata (usporednih naprezanja na donjem i gornjem rubu svodova) može se očitati da se stanje naprezanja u njima do sada i nakon sanacije neće bitno promijeniti niti za mirna, pretežno vertikalna opterećenja niti pod djelovanjem potresa.

Za zidove crkve ovdje su iz 3D modela prikazane diname sila za dvije mjerodavne kombinacije opterećenja - samo vertikalna, te anvelopa svih sila uključujući utjecaj potresa koji se može dogoditi na ovom području – opet za stanje bez većih pukotina i oštećenja u zidovima i svodovima. To nije sadašnje stanje prije sanacije pukotina, već buduće stanje sa zidovima saniranim injektiranjem pukotina (i ojačanim zategama tamo gdje se ustanovi da sadašnje zatege nemaju

svoju funkciju, pa ih je potrebno sanirati ili zamijeniti novima). U presjeku +0,00 su kod rezultata iz proračunskog 3D modela cijele konstrukcije priložene diname sila za sve zidove u tom nivou tlocrta, i to za dva slučaja mjerodavnih opterećenja (I+II+III+IV+V, te Anvelopa svih kombinacija opterećenja). Te prikazane diname sila pokazuju red veličine stvarnih (nefaktoriziranih) sila pri dnu zidova za mjerodavne kombinacije bez i sa potresom. One su kasnije verificirane u kasnije priloženoj kontroli zidanih zidova.

Temelji

Provjera naprezanja u tlu provedena je prema rezultatima 3D modela i ona je pokazala moguća naprezanja u tlu (uz sve nepoznanice o točnoj geometriji temelja). Razlika između intenziteta naprezanja zidova ispod zvonika i ostalih zidova je očita i logična kada se predstavlja samo linijsko opterećenje.

Ipak, stanje konstrukcije potvrđuje da većini oštećenja i pukotina nije uzrok samo temeljenje, već dogradnja i stanje dograđenih dijelova i njihovih temelja. Izuzetak tome jesu pukotine u uzdužnim zidovima blizu spoja visokih i teških zvonika sa zidovima same crkve, pa se razlika u težini nije mogla pratiti s bitnim povećanjem temeljnih stopa i nastale su (povijesne) pukotine, koje će se nažalost, i nakon injektiranja i sprežanja, možda i vjerojatno ponovo pojavljivati nakon svakog većeg potresa.

7. Literatura

- [1] Krleža, M. (2016): Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod.
- [2] Orešković, M. (2021) Elaborat ocjene postojećeg stanja nosive konstrukcije za crkvu u Draškovcu (Ured ovaštenog inženjera građevinarstva dr.sc. Matije Oreškovića, dipl.ing.građ. (br.ovl. G5670), oznaka elaborata PR/2021/15-E, kolovoza 2021. Godine)
- [3] Odluka o donošenju programa mjera obnove zgrada oštećenih potresom na području grada Zagreba, Krapinsko-Zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-Moslavačke županije i Karlovačke županije (Narodne novine 137/2021)
- [4] "zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području grada Zagreba, Krapinsko-Zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-Moslavačke županije i Karlovačke županije " (Narodne novine 102/20, 10/21, 117/21)
- [5] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (Narodne novine 17/17, 75/20 i 7/22)

Internet izvori:

- [6] https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/
- [7] <https://zupa-sveti-rok.hr/>
- [8] <https://www.prelog.hr/zupa-draskovec/a855>
- [9] <https://www.prelog.hr/prostorni-plan-uredjenja-града-preloga/a4163>

Popis slika

Slika 2.1. Prikaz mikrolokacije katastarske čestice (izvor: https://geoportal.dgu.hr)	3
Slika 2.2. Prikaz makrolokacije katastarske čestice (izvor: https://geoportal.dgu.hr).....	4
Slika 2.3. Prikaz lokacije prema PPUG-a Preloga.....	4
Slika 2.4. Sjeverno pročelje	6
Slika 2.5. Južno pročelje	6
Slika 2.6. Istočno pročelje	7
Slika 2.7. Zapadno pročelje	7
Slika 2.8. Prikaz tlocrta prizemlja	8
Slika 2.9. Prikaz tlocrta na nivou kora, +4,00 m	9
Slika 2.10. Tlocrt krovništva	10
Slika 2.11. Prikaz tlocrta s prejecima zvonika na koti + 12,59 m	11
Slika 2.12.. Istočno pročelje	12
Slika 2.13. Južno pročelje.....	13
Slika 2.14. Sjeverno pročelje.....	14
Slika 2.15. Zapadno pročelje	15
Slika 2.16. Presjek zvonika po visini.....	16
Slika 2.16.. Presjek A-A	17
Slika 2.17. Presjek B-B.....	18
Slika 2.18. Presjek C-C.....	19
Slika 3.1. Prikaz unutarnjih oštećenja	22
Slika 3.2. Prikaz vanjskih oštećenja	23
Slika 4.1. Opterećenje snijega na krov (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)	30
Slika 4.2. Tlocrt i presjek krovništva prema eurocod-u	31
Slika 4.3. Brzine vjetra obzirom na zonu (Eurocode 1 (EC1) Actions na structures, Wind actions , EN1991-1-4:2005).....	32
Slika 4.4. Grafički prikaz faktora izloženosti $c_{e(z)}$ za $c_o=1,0$, $k_1=1,0$	33
Slika 4.5. Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$	34
Slika 4.6. Smjer vjetra $\theta = 90^\circ$	35
Slika 4.7. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1 g = 9.81 m/s^2$) – Izvor: http://seizkarta.gfz.hr/karta.php	36
Slika 4.8. Izometrija modela crkve	39
Slika 4.9. Izometrija – Opterećenje 1 – g	41

Slika 4.10. Izometrija – Opterećenje 2 – p	41
Slika 4.11. Izometrija – Opterećenje 3 – $s/2$	42
Slika 4.12. Izometrija – Opterećenje 4 – $s/2_L$	43
Slika 4.13. Izometrija – Opterećenje 5 – $s/2_D$	44
Slika 4.14. Izometrija – Opterećenje 6 – w_L	45
Slika 4.15. Izometrija – Opterećenje 6 – w_D	46
Slika 4.16. Prikaz opterećenja – kombinacija osnovnih opterećenja I+II+III+IV+V	56
Slika 4.17. Prikaz najveće sile i najvećeg momenta - kombinacija osnovnih opterećenja I+II+III+IV+V.....	56
Slika 4.18. Prikaz opterećenja – Anvelopa svih kombinacija	57
Slika 4.19. Lokalni koordinatni sustav ploče za radijalno izgeneriranu mrežu konačnih elemenata	58
Slika 4.20. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.1) - izometrija	59
Slika 4.21. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.1) - pogled.....	59
Slika 4.22. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.10) - izometrija	60
Slika 4.23. Prikaz naprezanja na glavne svodove (opt.10) – pogled	60
Slika 4.24. Usporedna naprezanja na gornjim rubovima svodova(Poz Sv-1_1 do 3).....	61
Slika 4.25. Usporedna naprezanja na donjim rubovima svodova (Poz Sv-1_4)	62
Slika 4.26. 3D proračunski model krovništa crkve u Draškovcu	77
Slika 4.27. Shema pilota	78
Slika 4.28. Tlocrt naglavne grede pilota.....	79
Slika 4.29. Horizontalni modul reakcije tla po dubini.....	79
Slika 4.30. Mreža deformacija od opterećenja 1	82
Slika 4.31. Mreža deformacija od opterećenja 2	82
Slika 4.32. Horizontalne opruge	83
Slika 4.33. Vertikalne opruge	84
Slika 4.34. Pomaci grupe pilota.....	85
Slika 4.35. Moment Y.....	85
Slika 4.36. Normalna sila	86
Slika 4.36. Posmična sila.....	86
Slika 4.38. Maksimalne deformacije pilota	87
Slika 4.39. Dimenzioniranje pilota	87
Slika 5.1. Skica pilota; temelj, bušotina, čelična cijev	89
Slika 5.2. Tlocrtni raspored injektiranih cijevnih pilota kao mjera hitne sanacije temelja bočnih kapela.....	90

Popis tablica

Tablica 4.1. Kategorizacija tla prema seizmičnosti (Eurocode 8, HRN EN 1998-1:2008 en).....	37
Tablica 4.2. Lista slučajeva opterećenja	40

Prilozi

- Prilog 1. Detaljni prikaz ulaznih podataka 3D proračunskog modela konstrukcije
- Prilog 2. Tlocrt zvonika sa pozicijama
- Prilog 3. Tlocrt krovišta sa pozicijama – zvonici i konstrukcije drvenih krovišta
- Prilog 4. Tlocrt u razini kora sa pozicijama – glavni svodovi i lukovi crkve
- Prilog 5. Tlocrt svodova i lukova pod korom i nad sakristijom
- Prilog 6. Tlocrt prizemlja sa pozicijama – postojeći temelji, te nove naglavne grede i piloti
- Prilog 7. Presjeci A-A i C-C sa pozicijama

Prilog 1.

Detaljni prikaz ulaznih podataka 3D proračunskog modela konstrukcije

Shema nivoa

Naziv	z [m]	h [m]
gornji rub lanterne krova zvon	32.00	2.00
druga ploča a krovu zvonika	30.00	7.13
nazidnice krovu zvonika	22.87	14.87
zatege u crkvi	8.00	1.69
strop sakristije	6.31	2.81
zatega sakristije	3.50	3.50
0,00	0.00	1.00
stope temelja	-1.00	3.00
	-4.00	

Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m ²]	μ	γ [kN/m ³]	α [1/C]	Em[kN/m ²]	μ_m
1	Drvo-Listari-Masivno	1.250e+7	0.20	7.00	1.000e-5	1.250e+7	0.20
2	Opeka - srednje stanje	3.790e+4	0.20	25.00	1.000e-5	2.275e+6	0.20
3	C 12/15	2.700e+7	0.20	25.00	1.000e-5	2.700e+7	0.20
4	Čelik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

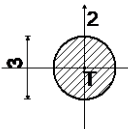
Setovi ploča

No	d[m]	e[m]	Materijal	Tip proračuna	Orotropija	E2[kN/m ²]	G[kN/m ²]	α
<1>	0.020	0.010	1	Tanka ploča	Izotropna			
<2>	0.300	0.300	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<3>	0.680	0.340	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<4>	0.800	0.625	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<5>	0.800	0.175	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<6>	0.800	0.400	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<7>	0.900	0.450	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<8>	1.250	0.625	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<9>	1.300	0.650	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
<10>	1.500	0.750	2	Opeka/Blokovi	Anizotropna	0.000e+0	0.000e+0	90.00
>								

Setovi greda

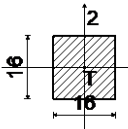
Set: 1 Presjek: D=30, Jednostavni štap, Fiktivna ekscentričnost		Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	3 - C 12/15	7.069 e-2	6.362 e-2	6.362 e-2	7.952 e-4	3.976 e-4	3.976 e-4	3.976 e-4
Set: 2 Presjek: b/d=30/30, Fiktivna ekscentričnost, zidani lukovi		Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	2 - Opeka - sredn...	9.000 e-2	7.500 e-2	7.500 e-2	1.141 e-3	6.750 e-4	6.750 e-4	6.750 e-4
Set: 3 Presjek: b/d=80/60, Fiktivna ekscentričnost, zidani lukovi		Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	2 - Opeka - sredn...	4.800 e-1	4.000 e-1	4.000 e-1	3.110 e-2	2.560 e-2	1.440 e-2	1.440 e-2
Set: 4 Presjek: b/d=19/17, Fiktivna ekscentričnost, pajante		Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	1 - Drvo-Listari...	3.230 e-2	2.692 e-2	2.692 e-2	1.451 e-4	9.717 e-5	7.779 e-5	7.779 e-5
Set: 5 Presjek: b/d=16/16, Fiktivna ekscentričnost, rogovi		Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	1 - Drvo-Listari...	2.560 e-2	2.133 e-2	2.133 e-2	9.230 e-5	5.461 e-5	5.461 e-5	5.461 e-5
Set: 6 Presjek: b/d=12/12, Fiktivna ekscentričnost, sliemenjače		Mat.	1 A	2 A	3 A	1 I	I2	3 I
	1 - Drvo-Listari...	.440e-2	1.200e-2	1.200e-2	.920e-5	728e-5	1.728e-5	1.728e-5
Set: 7 Presjek: b/d=20/20, Fiktivna ekscentričnost, nazidnice		Mat.	1 A	2 A	3 A	1 I	I2	3 I
	1 - Drvo-Listari...	.000e-2	333e-2	.333e-2	.253e-4	333e-4	1.333e-4	1.333e-4
Set: 8 Presjek: b/d=19/17, Fiktivna ekscentričnost, podrožnice (grebeni)		Mat.	1 A	2 A	3 A	1 I	I2	3 I
	1 - Drvo-Listari...	.230e-2	692e-2	.692e-2	.451e-4	748e-5	1.748e-5	1.748e-5
Set: 9 Presjek: b/d=19/17, Fiktivna ekscentričnost, pajante		Mat.	1 A	2 A	3 A	1 I	I2	3 I
	1 - Drvo-Listari...	.230e-2	692e-2	.692e-2	.451e-4	613e-5	1.883e-5	1.883e-5
Set: 10 Presjek: b/d=14/16, Fiktivna ekscentričnost, bočni rogovi		Mat.	1 A	2 A	3 A	1 I	I2	3 I
	1 - Drvo-Listari...	.240e-2	867e-2	.867e-2	.961e-5	659e-5	1.779e-5	1.779e-5

Set: 11 Presjek: D=3, Jednostavni štap, Fiktivna ekscentričnost, zatege



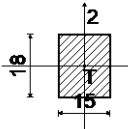
Mat.	1		2		3		1		2		3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
4 - Čelik												
	.069e-4	7	362e-4	6	.362e-4	6	.952e-8	7	976e-8	3	.976e-8	3

Set: 12 Presjek: b/d=16/16, Fiktivna ekscentričnost, stupovi



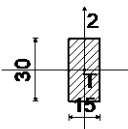
Mat.	1		2		3		1		2		3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
1 - Drvo- Listari...												
	.560e-2	2	133e-2	2	.133e-2	2	.230e-5	9	461e-5	5	.461e-5	5

Set: 13 Presjek: b/d=16/18, Fiktivna ekscentričnost, kosnici kosnika vezova



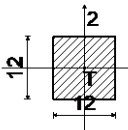
Mat.	1		2		3		1		2		3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
1 - Drvo- Listari...												
	.700e-2	2	250e-2	2	.250e-2	2	.005e-4	1	062e-5	5	.290e-5	7

Set: 14 Presjek: b/d=15/30, Fiktivna ekscentričnost, kosnici vezova



Mat.	1		2		3		1		2		3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
1 - Drvo- Listari...												
	.500e-2	4	750e-2	3	.750e-2	3	.317e-4	2	437e-5	8	.375e-4	3

Set: 15 Presjek: b/d=12/12, Fiktivna ekscentričnost, stupovi



Mat.	1		2		3		1		2		3	
	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I
1 - Drvo- Listari...												
	.440e-2	1	200e-2	1	.200e-2	1	.920e-5	2	728e-5	1	.728e-5	1

Setovi točkastih ležajeva

Set	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
-----	------	------	------	------	------	------

1	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			
---	-----------	-----------	-----------	--	--	--

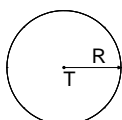
Setovi linijskih ležajeva

Set	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	Tlo [m]
-----	------	------	------	------	---------

1	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10		
2	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10		
3	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10		
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10		
5	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10		

3D površine

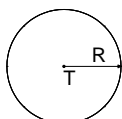
1. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

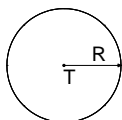
2. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

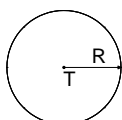
3. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

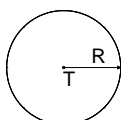
4. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

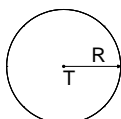
5. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

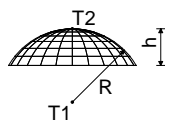
6. Cilindar



$$R = 6.443$$

$$T = (19.392, 0.000)$$

7. Kupola



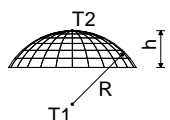
$$R = 3.415$$

$$h = 3.415$$

$$T1 = (1.840, -3.030, 0.695)$$

$$T2 = (1.840, -3.030, 4.110)$$

8. Kupola



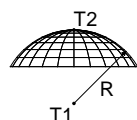
$$R = 3.415$$

$$h = 3.415$$

$$T1 = (1.840, 2.945, 0.695)$$

$$T2 = (1.840, 2.945, 4.110)$$

9. Kupola



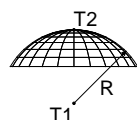
$$R = 3.415$$

$$h = 3.415$$

$$T1 = (1.840, -0.085, 0.695)$$

$$T2 = (1.840, -0.085, 4.110)$$

10. Kupola



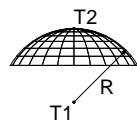
$$R = 4.600$$

$$h = 4.600$$

$$T1 = (20.570, 6.010, -0.199)$$

$$T2 = (20.570, 6.010, 4.401)$$

11. Kupola



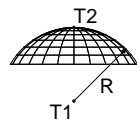
$$R = 6.396$$

$$h = 6.396$$

$$T1 = (3.415, 0.000, 5.565)$$

$$T2 = (3.415, 0.000, 11.961)$$

12. Kupola



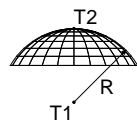
$$R = 6.260$$

$$h = 6.260$$

$$T1 = (16.405, -0.000, 4.691)$$

$$T2 = (16.405, -0.000, 10.951)$$

13. Kupola



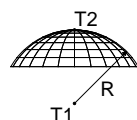
$$R = 6.365$$

$$h = 6.365$$

$$T1 = (21.425, 0.000, 5.404)$$

$$T2 = (21.425, 0.000, 11.769)$$

14. Kupola



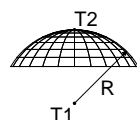
$$R = 6.365$$

$$h = 6.365$$

$$T1 = (21.425, 0, 5.404)$$

$$T2 = (21.425, 0, 11.769)$$

15. Kupola



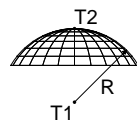
$$R = 7.640$$

$$h = 7.640$$

$$T1 = (10.980, 0, 4.685)$$

$$T2 = (10.980, 0, 12.325)$$

16. Kupola



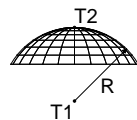
$$R = 7.750$$

$$h = 7.750$$

$$T1 = (10.195, 7, 1.832)$$

$$T2 = (10.195, 7, 9.582)$$

17. Kupola



$$R = 7.750$$

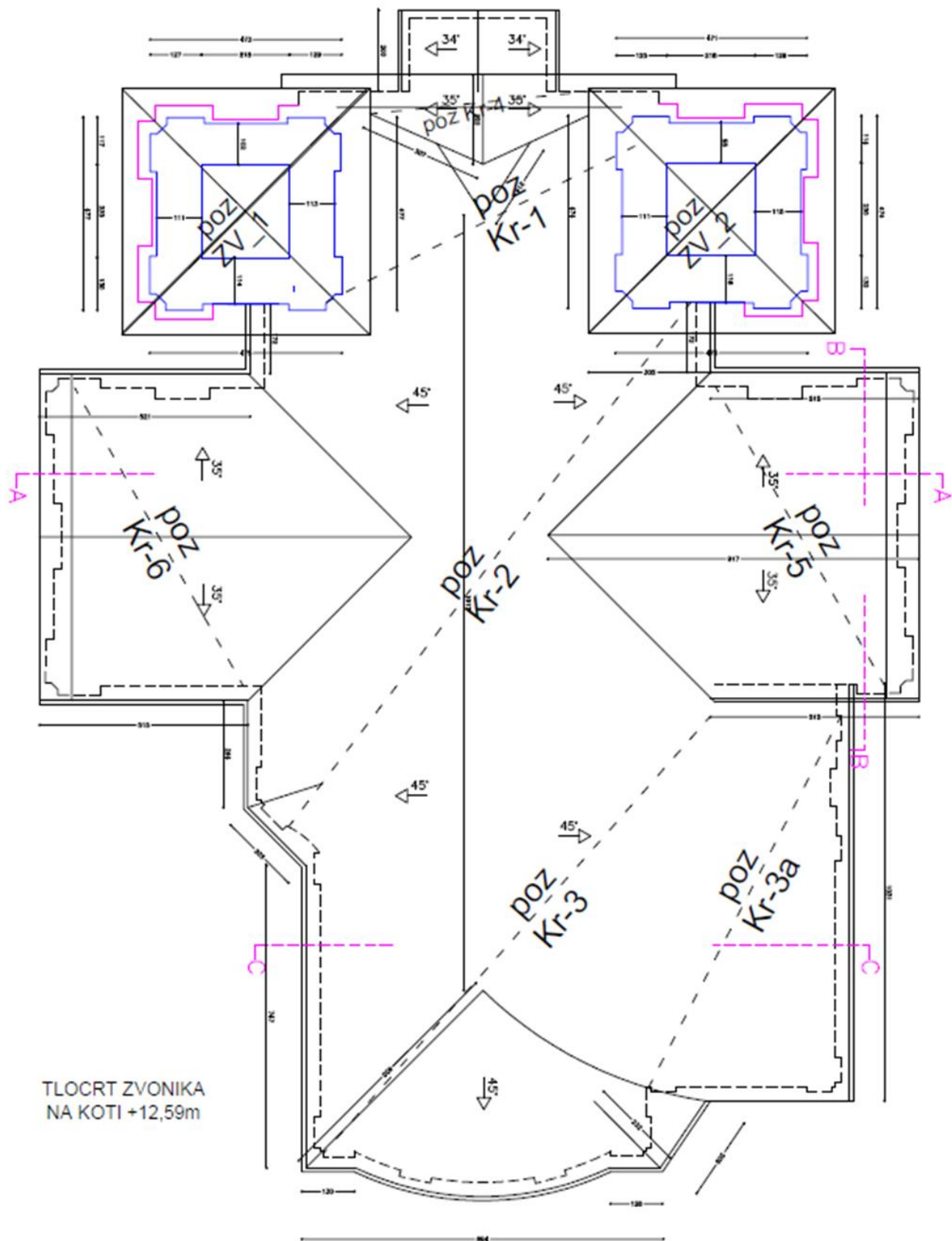
$$h = 7.750$$

$$T1 = (10.195, -7, 1.832)$$

$$T2 = (10.195, -7, 9.582)$$

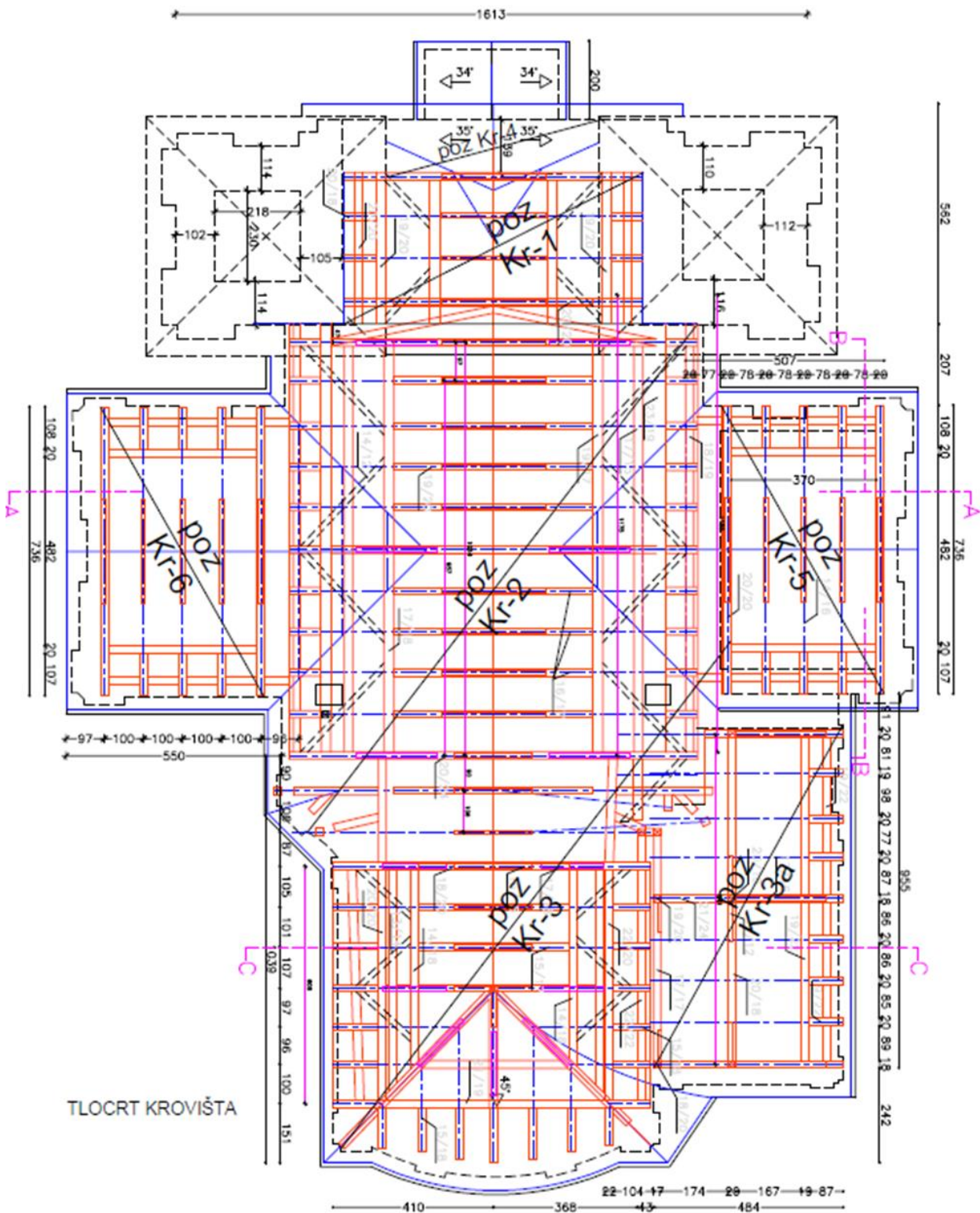
Prilog 2.

Tlocrt zvonika sa pozicijama



Prilog 3.

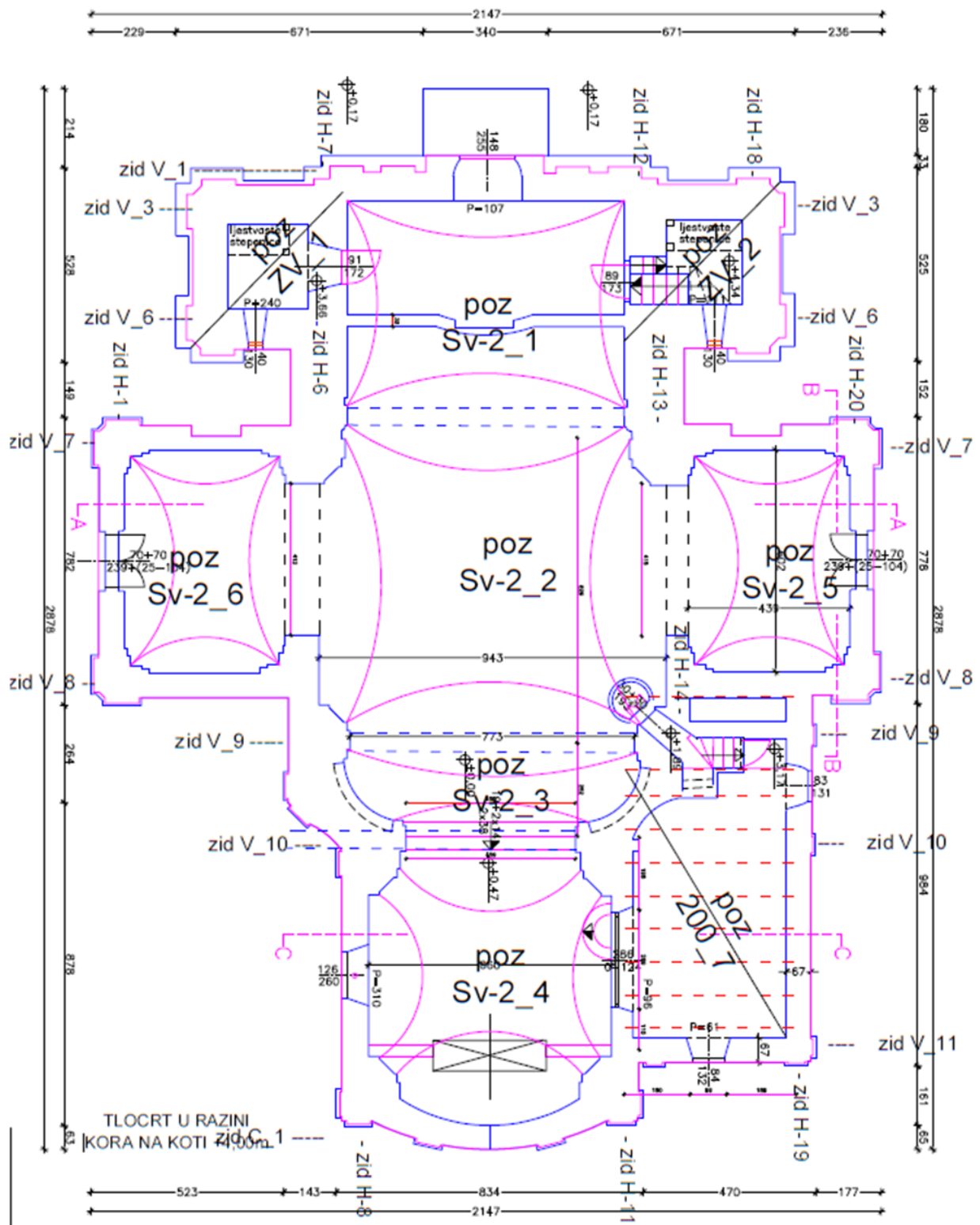
Tlocrt krovišta sa pozicijama – zvonici i konstrukcije drvenih krovišta



D.2. POZ 300
ZVONICI I KONSTRUKCIJE DRVENIH KROVIŠTA

Prilog 4.

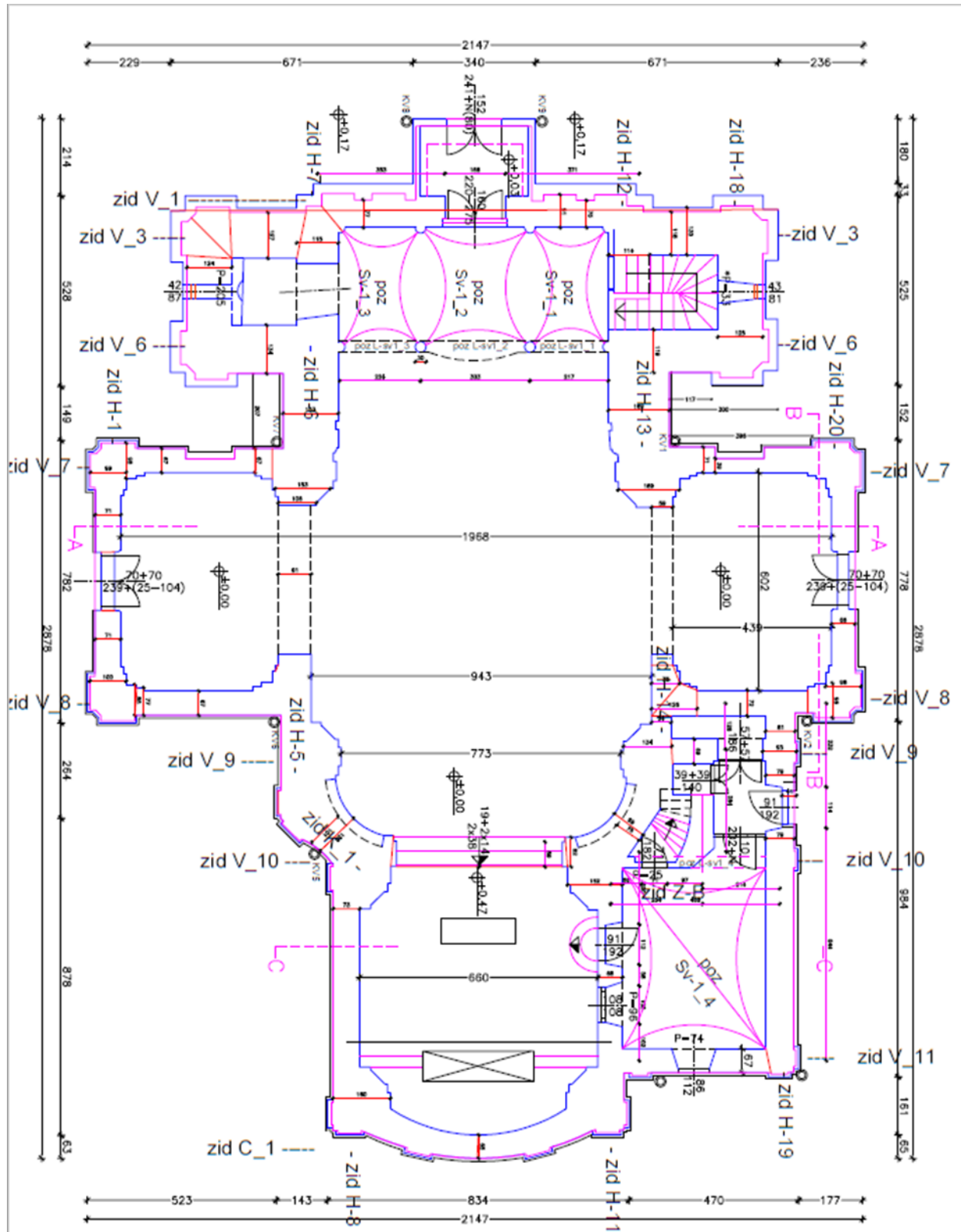
Tlocrt u razini kora sa pozicijama – glavni svodovi i lukovi crkve



GLAVNI SVODOVI I LUKOVI CRKVE

Prilog 5.

Tlocrt svodova i lukova pod korom i nad sakristijom

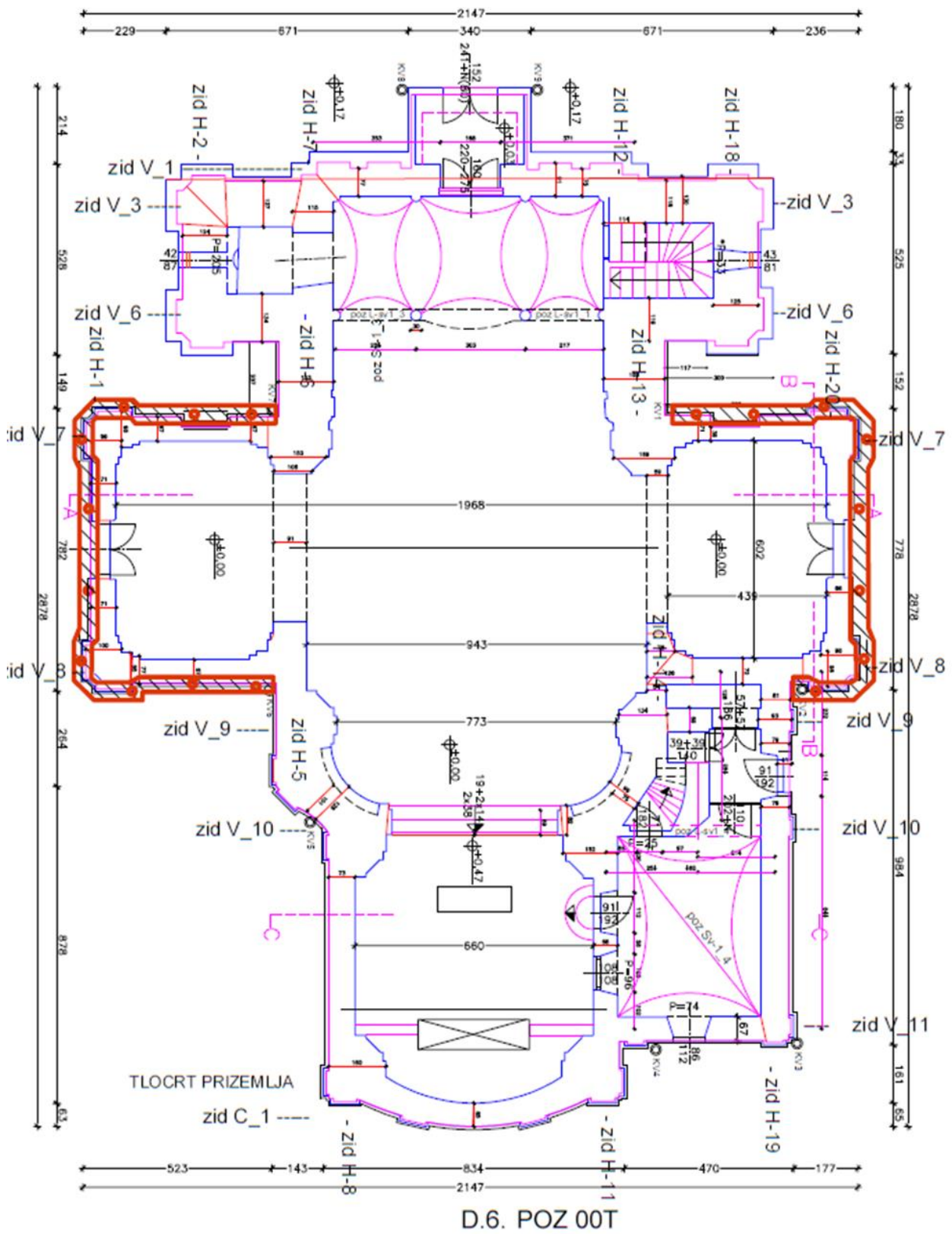


D.5. POZ 100

SVODOVI I LUKOVI POD KOROM I NAD SAKRISTIJOM

Prilog 6.

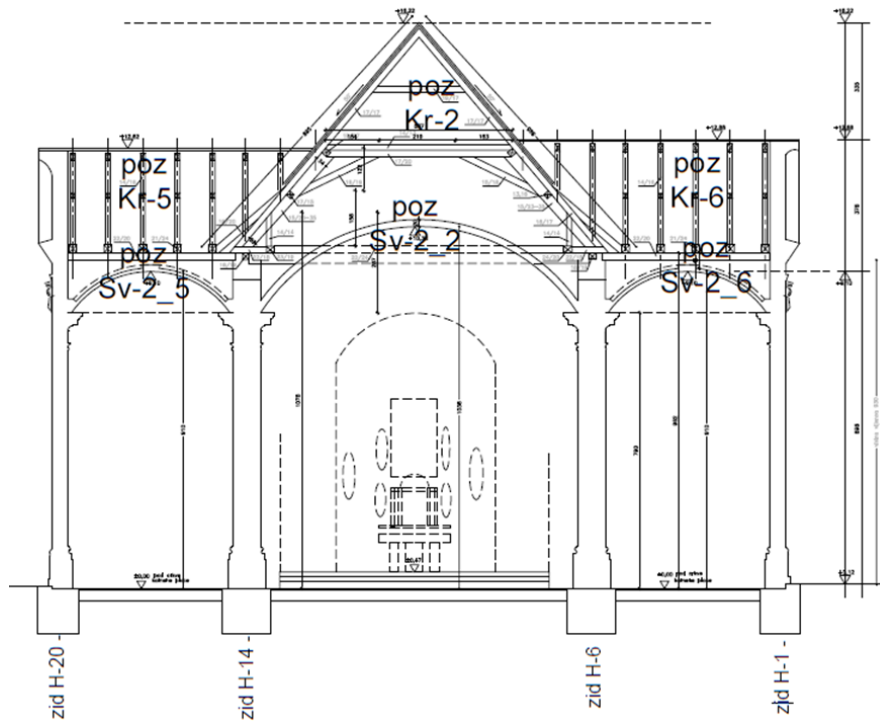
Tlocrt prizemlja – postojeći temelji, te nove naglavne grede i piloti



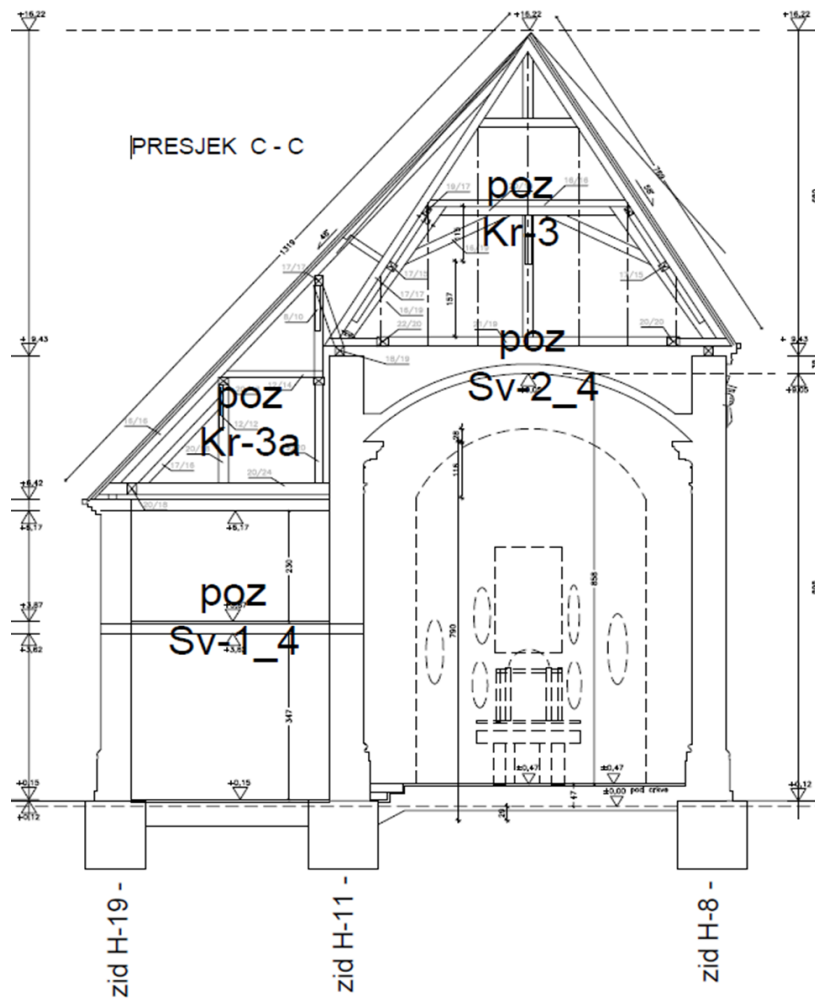
POSTOJEĆI TEMELJI, TE NOVE NAGLAVNE GREDE I PILOTI

Prilog 7.

Presjeci A-A i C-C sa pozicijama



PRESJEK A - A
MJ 1:50



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, **Jurica Dodlek** pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom **Hitna obnova nosive konstrukcije crkve sv. Roka u Draškovcu** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Jurica Dodlek


(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, **Jurica Dodlek** neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom **Hitna obnova nosive konstrukcije crkve sv. Roka u Draškovcu** čiji sam autor.

Student:
Jurica Dodlek


(vlastoručni potpis)