

Sanacija stambene zgrade oštećene potresom u Zagrebu

Novak, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:754758>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br.017/GRD/2020

**SANACIJA STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE
POTRESOM U ZAGREBU**

Sara Novak, 0836/336D

Varaždin, rujan 2021.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij Graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 017/GRD/2020

**SANACIJA STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE
POTRESOM U ZAGREBU**

Student:
Sara Novak, 0836/336D

Mentor:
doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2021.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------|---|
| ODJEL | Odjel za graditeljstvo | | |
| STUDIJ | diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo | | |
| PRISTUPNIK | Sara Novak | MATIČNI BROJ | 0836/336D |
| DATUM | 19.01.2021. | KOLEGIJ | Revitalizacije, konzervacije i restauracije građevina |
| NASLOV RADA | Sanacija stambene zgrade oštećene potresom u Zagrebu | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Rehabilitation of an earthquake-damaged residential building in Zagreb | | |

| | | | |
|--------|-------------------------|--------|--------|
| MENTOR | dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ | ZVANJE | docent |
|--------|-------------------------|--------|--------|

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. prof.dr.sc. Božo SOLDO |
| | 2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ |
| | 3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN |
| | 4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ |
| | 5. _____ |

Zadatak diplomskog rada

| | |
|------|--------------|
| BROJ | 017/GRD/2020 |
| OPIS | |

U diplomskom radu je potrebno izraditi projekt obnove stambene zgrade pogođene potresom u Zagrebu. Stambena zgrada se nalazi u samom centru Zagreba te je potresom u ožujku 2020. god. pretrpjela znatna strukturalna oštećenja. Pregledom oštećenja potrebno je izvesti zaključke o ugroženosti građevine prema današnjoj korištenoj regulativi uz prijedlog hitnih mjera sanacije i osnovnih radova koje je potrebno izvesti kako bi se objekt doveo u uporabljivo stanje. Potrebno je napraviti projekt obnove zgrade na Razinu obnove 2. U radu je potrebno detaljno odraditi statički proračun zgrade prije i poslije strukturalne obnove. Proračun je potrebno napraviti na bazi 3d modeliranja i simulacije na potres. Tip i vrste obnove je potrebno prikazati grafički, nacrtima i detaljima. Također je potrebno prikazati sve vrste radova koji bi se radili na zgradi. Diplomski rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.

ZADATAK URUČEN

23.04.2021.



[Handwritten signature]

ZAHVALA

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svom mentoru, dr.sc. Matiji Oreškoviću, dipl.ing.građ., koji mi je svojim savjetima pomogao pri izradi ovog diplomskog rada, koji je uvijek imao strpljenja i vremena za moje brojne upite, koji je iskazao veliku podršku, koji mi je, unatoč svim svojim obavezama, pružio povjerenje, bio moj najveći oslonac, te koji me, kroz samu izradu diplomskog rada, naučio biti uporan, da se upornost uvijek isplati, te mu hvala na njegovoj vlastitoj.

Veliko Vam hvala na pomoći, vodstvu i suradnji!

Posebnu zahvalnost iskazujem svim profesorima odjela graditeljstva, koji su sudjelovali u stručnom širenju mog znanja. Hvala Vam!

Najveću zahvalnosti za ono što sam postigla pripisujem svojoj obitelji, posebno svojim roditeljima, majci Gordani, ocu Damiru, sestri Damiri i suprugu Borisu, koji su mi pružali bezuvjetnu podršku i neizmjernu vjeru u moj uspjeh. Hvala im što su vjerovali u mene, moje ciljeve i poticali me ka ostvarenju tih ciljeva. Vama posvećujem ovaj rad.

Naposljetku bih se zahvalila svim svojim prijateljima i kolegama, koji su mi bili neizmjerno velika podrška tijekom cijelog studiranja.

Velika HVALA svima!

Sažetak

Tema ovog diplomskog rada odnosi se na sanaciju stambene zgrade oštećene potresom u Zagrebu koja je pretrpjela znatna strukturalna oštećenja. Terenskim pregledom zgrade utvrđena su oštećenja te dani zaključci o ugroženosti građevine prema današnjoj korištenoj regulativi uz prijedlog mjera sanacija kako bi se stambena zgrada dovela u stanje uporabljivosti.

Napravljen je projekt obnove temeljem Zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 102/20, 10/21) i Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20) na razini 2, detaljno razrađen statički proračun prije i poslije strukturalne obnove.

Izvedbom zahvata koji su opisani u ovom diplomskom radu postići će se razina obnove 2.

Ključne riječi: potres, uporabljivost, oštećenje, rekognosciranje, sanacija, obnova

Abstract

The topic of this thesis is the rehabilitation of a residential building damaged in the earthquake in Zagreb, which suffered significant structural damage. The field inspection of the building determined the damage and conclusions were reached on the endangerment of the building according to the regulations in force today, with a proposal for remediation measures in order to bring the residential building into a condition of usability.

A reconstruction project was made pursuant to the Act on the Reconstruction of Earthquake-Damaged Buildings in the City of Zagreb, Krapina-Zagorje County, Zagreb County, Sisak-Moslavina County and Karlovac County (OG 102/20, 10/21) and the Technical regulation for building structures (OG 17 / 17, 75/20) at level 2, a detailed static calculation before and after structural reconstruction. The implementation of the procedures described in this thesis will achieve the level of restoration 2.

Keywords: earthquake, usability, damage, reconnaissance, rehabilitation, reconstruction

Popis korištenih kratica

g Stalno djelovanje

q Promjenjivo djelovanje

qsd' Simetrično opterećenje

qsd'' Asimetrično opterećenje

qsd Računsko opterećenje

f_{cd} Računska čvrstoća betona

f_{ck} Karakteristična čvrstoća betona

γ_c Koeficijent sigurnosti za beton

L_y Duljina stranice ploče u y smjeru

L_x Duljina stranice ploče u x smjeru

λ Omjer duljina stranica

ρ Koeficijent armiranja

κ Koeficijent raspodjele opterećenja

i Koeficijent ovisan o položaju ležaja

M Moment savijanja

\emptyset Promjer armature

b Širina presjeka

H_f Duljina presjeka ploče

c_{nom} Nominalni zaštitni sloj betona

d_1 Udaljenost težišta vlačne armature od ruba presjeka

d_x Statička visina presjeka

μ_{sd} Bezdimenziionalni koeficijent armiranja

ϵ_{c2} Deformacija tlačnog ruba

ϵ_{s1} Deformacija u vlačnoj armaturi

ξ Koeficijent položaja neutralne osi

ζ Koeficijent kraka unutrašnjih sila

A_s Površina armature

A_c Površina presjeka

f_{yd} Računska čvrstoća čelika

f_{yk} Karakteristična granica popuštanja čelika

f_{bd} Računska čvrstoća prionljivosti

l_b Osnovna duljina sidrenja

R_d Računska vrijednost nosivosti

V_{ed} Računska poprečna sila

l_b Dužina sidrenja armature

V_{rd} Računska nosivost na poprečne sile

z Krak unutrašnjih sila

s Razmak vilica

b_w Širina hrpta I i T presjeka

b_{eff} Sudjelujuća širina ploče

ω Mehanički koeficijent armiranja

1. UVOD

Zemlja, kao planet, od svog nastanka nije se prestala mijenjati manifestirajući svoju aktivnost različitim pojavama, odnosno elementarnim nepogodama kao što su vulkanske erupcije, potresi, tsunamiji i dr. Međutim, u novije vrijeme nam sve više pokazuje svoju moć izazivajući tako učestala događanja na Zemljinoj površini, koja se mogu označiti kao prirodne elementarne nepogode, katastrofe. Potresi su jedna od tih elementarnih nepogoda koji su u današnje vrijeme na našim prostorima česta pojava. Unatoč razvijenoj znanosti i tehnici potresa, nije moguće predvidjeti, spriječiti i ublažiti rizik nastanka moguće katastrofe. Nažalost, posljedica toga su zapravo znatne žrtve i velika materijalna šteta.

Tektonska zbivanja u litosferi su intenzivna osobito na rubovima tektonskih ploča, odnosno gdje se pojavljuju veliki poremećaji Zemljine kore. Riječ je o silama koje pokreću tektonske ploče, u nekim slučajevima jedna ploča tone i podvlači se pod drugu, u drugim slučajevima dolazi do smicanja ploča ili pak se horizontalno razmiču jedna uz drugu u suprotnim smjerovima. U takvim slučajevima oslobađa se velika količina energije koja se manifestira u pojavi potresa.

Područje Grada Zagreba izloženo je djelovanju potresa jer se nalazi u seizmički aktivnom području. Za povratni period od 500 godina izračunati intenziteti potresa kreću se u intervalu od 7.0 do 7.5 stupnjeva (jugozapadni dio grada), do 8,5-10 stupnjeva MCS ljestvice (sjeveroistočni dio grada). Grad Zagreb nalazi se u pojasu omeđenom s više seizmički aktivnih epicentralnih područja. Najznačajnije epicentralno područje, s obzirom na dosadašnje potrese intenziteta u epicentru 7o-10o MCS ljestvice te njihovu neposrednu blizinu Grada Zagreba je epicentralno područje Medvednice. Sjeverni a pogotovo sjeveroistočni dio Zagreba, tj. područje Markuševca, Remeta i Dubrave seizmički je jače aktivan u odnosu na zapadni i južni dio Grada.

Potres u Zagrebu dogodio se 22.ožujaka 2020. godine u 6:24 sati. Zabilježeno je podrhtavanje tla jačine 5,4 po Richteru. Epicentar se nalazio 7 kilometara sjeverno od središta Zagreba u gradskom naselju Markuševac na dubini 10 kilometara. Temeljem analiza smjera i amplitude prvog pomaka P-vala sa 144 očitanih seizmograma zabilježenih u Hrvatskoj, izračunati je žarišni mehanizam najjačeg potresa. U 7:01 sati uslijedio je još jedan potres jačine 5,0 po Rihteru. Treće podrhtavanje tla zabilježeno je u 7:41 sati jačine 3,7 po Rihteru, slabije magnitude,

no njegov epicentar se nalazio puno bliže od prva dva potresa, 8 kilometara bliže sa samo 2 kilometara dubine te je prijenos potresne energije bio jači. Nakon navedenih potresa uslijedila je serija potresa manje jačine.

Većina građevina starijih od 100 godina građena u centru grada Zagreba znatno su oštećena. Materijalna šteta je značajna, ali na sreću većina oštećenih građevina može se obnoviti i rekonstruirati kako bi zadovoljile protupotresne propise i izdržale i jače potrese od prethodnih. Zakonom je propisan postupak obnove zgrada oštećenih u potresu, te je postavljen uvjet da konstrukcija zgrada bude pouzdana i kod potresa većih i razornijih magnituda jer se želi u budućnosti smanjiti moguća stradanja, materijalnu štetu i gubitke ljudskih života.

2. IDENTIFIKACIJA STAMBENE ZGRADE

2.1. ORTOFOTO SNIMAK



Slika 1. Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice (Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)



Slika 2. Prikaz makrolokacije predmetne katastarske čestice (Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

2.1. PROSTORNO PLANSKA DOKUMENTACIJA

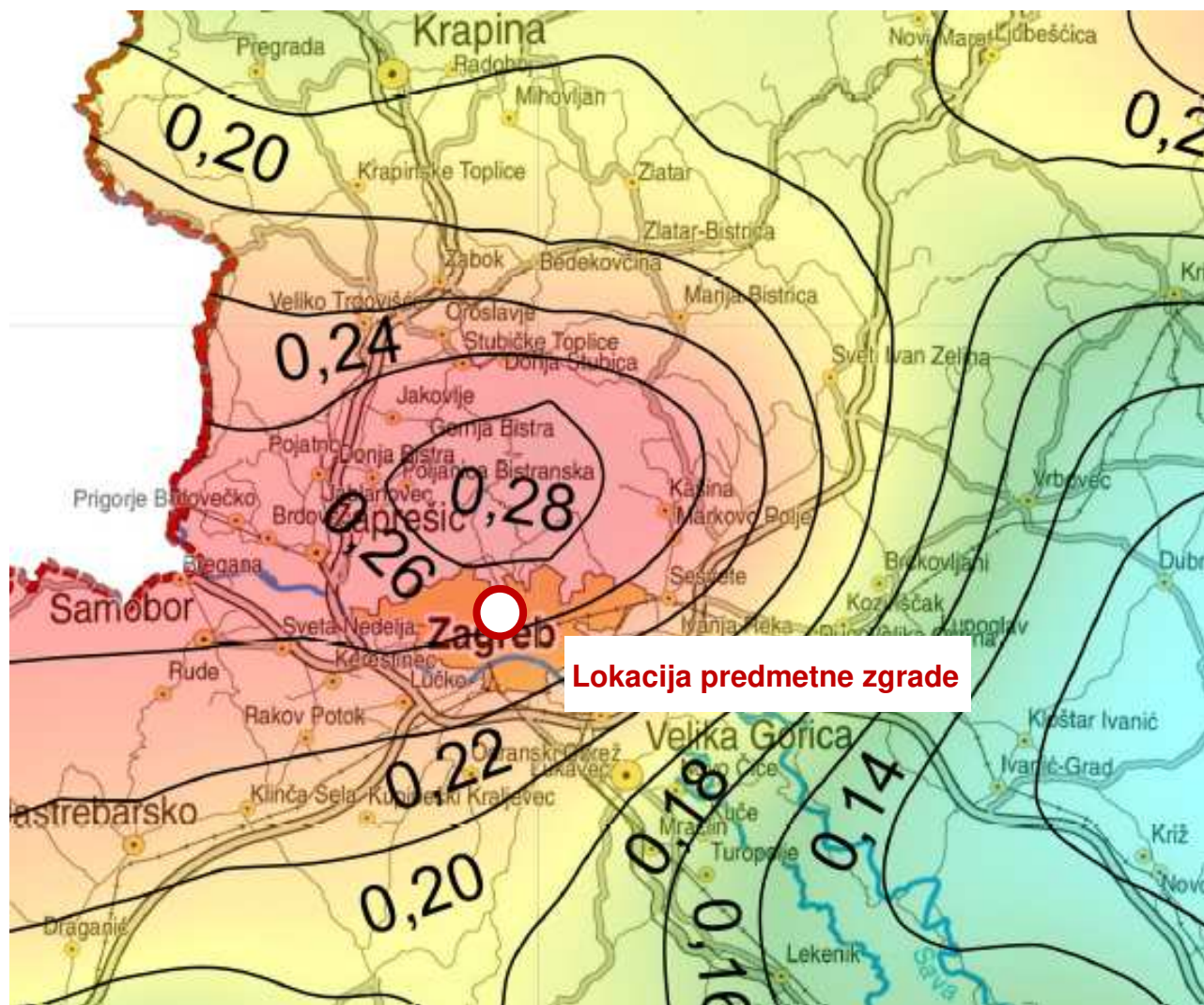
Prema Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba (16/07, 8/09, 7/13, 9/16, 12/16-pročišćeni tekst), predmetna katastarska čestica nalazi se unutar građevinskog dijela grada Zagreba unutar zone mješovite namjene - pretežito stambena označeno oznakom M1 (slika 3).



Slika 3. Prikaz mikrolokacije prema namjeni u GUP-u Grada Zagreba
(Izvor: <https://geoportal.zagreb.hr/Karta?tk=2>)

3. SEIZMIČKE KARAKTERISTIKE OBUHVAĆENOG PODRUČJA

Podaci o seizmičnosti šireg područja nalaze se u "Seizmološkoj karti Republike Hrvatske" (slika 5). Ta je karta izrađena za različite povratne periode, a stupnjevi seizmičnosti pojedinih područja izraženi su stupnjevima MCS ljestvice.



Slika 4. Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina)

Prema karti seizmičnosti, za područje na kojem se nalazi istraživana lokacija, osnovni stupanj seizmičnosti za 500-godišnji povratni period je 7° prema MCS ljestvici (HRN EN 1998-2, NAD, tablica NAD.1).

Detaljno očitavanje iznosa horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (agR) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$) (<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>) daje nam uvid u iznos gravitacijskog

ubrzanja za predmetnu lokaciju koje za povratno razdoblje od $T_p = 475$ god. iznosi $a_{gR} = 0,251g$. Na temelju tih vrijednosti moguće je (a kod današnjeg projektiranja nužno potrebno!) izračunati vršno ubrzanje za tip tla na kojem se građevina nalazi te nakon toga izračunati koliki doprinos to ubrzanje ima na pojavu horizontalne sile kao opterećenja na konstrukciju a posljedično tome i na pojave momenata itd.

Prema Eurocodu 8 svaka zemlja je podijeljena na seizmičke zone ovisno o tektonskim svojstvima. Ovisno o seizmičkoj zoni definirana je vrijednost maksimalnog ubrzanja „ a_g “ u stjenovitom ili drugom tlu. Potresno djelovanje određuje se preko proračunskog ubrzanja „ a_g “, koje odgovara povratnom periodu od 500 godina. Utjecaj potresnog djelovanja koji se odnosi na tlo, općenito se uzima u obzir razmatranjem razreda tla. Tlo je podijeljeno u pet osnovnih razreda (A, B, C, D i E), te 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 EN 1998-1:2011/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: $a_{gR} = 0,26 \cdot g$ [m/s] (povratni period 475 godina).

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

| Tip tla | Opis geotehničkog profila tla | $v_{s,30}$ [m/s] | NSPT [n/30cm] | C_u [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 (s 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 v_s tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 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 | – | – | – |

$v_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;

N_{spt} - standardni penetracijski test (broj udaraca); C_u - posmična čvrstoća tla

| Tip tla | S | TP(s) | TC(s) | TD(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 |

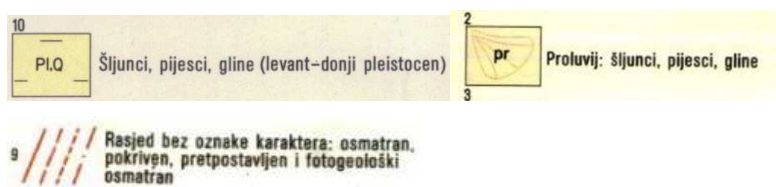
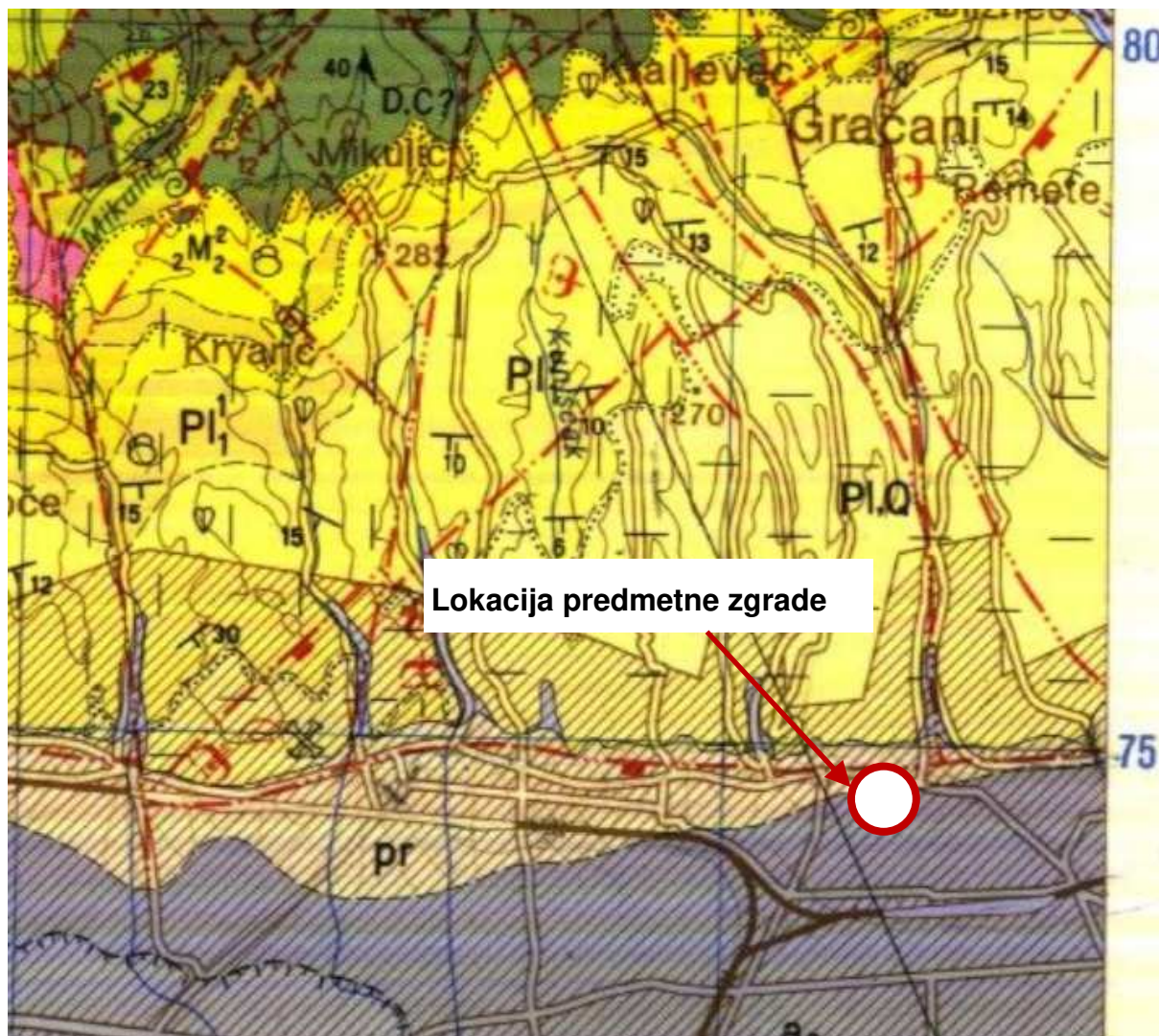
- horizontalna komponenta sile: $F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W = 0,5 \cdot 0,26g \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 0,156 \text{ g}$

- vertikalna komponenta sile: $F_V = 0,5 F_H = 0,5 \cdot 0,156 \text{ g} = 0,08 \text{ g}$

Iz gornjeg izraza možemo zaključiti koliki je doprinos horizontalnog ubrzanja tla na pojavu horizontalne sile koja djeluje na građevinu. Drugim riječima, sama vertikalna sila na zid se povećava za 50% horizontalne sile koja je uzrokovana potresom! Ta dodatna vertikalna sila predstavlja novo opterećenje na temelj i temeljno tlo dok „nova“ horizontalna sila predstavlja sasvim novo opterećenje na kompletni nosivi sustav zgrade koji još dodatno uzrokuje i momente u konstrukciji koji se najviše okarakteriziraju na samim temeljima i vertikalnim nosivim sustavima (ako oni postoje!).

3.1. GEOGRAFSKI PREGLED LOKACIJE

Pregledom Osnovne geološke karte promatranog područja List Zagreb (autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.) (slika 5), vidljivo je da se predmetna zgrada nalazi na području kraja neogenskog perioda i početka pleistocena.



- Q₁** - Pleistocen: kopneni prapor. Pleistocene: continental loess.
- PI,Q** - Srednji i gornji pliocen - donji pleistocen i slatkovodni sedimenti (klastiti).
- PI₁** - Pont: Braktični sedimenti (klastiti)

Slika 5. Osnovna geološka karta promatranog područja (autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.)

Promatrano područje ima geološku građu koja se sastoji od šljunka, pijeska i gline (levant, proluvij).

Proluvijalne naslage nalaze se u manjim količinama na južnim i zapadnim padinama Medvednice, zatim kod samobora i kod D.Pirošice. Razvijene su uglavnom u obliku krupnozrnatih slabozaobljenih šljunaka, koji su pomiješani s pijeskom i glinom. U ovim naslagama nije nađena nikakva makro ili mikrofauna. Njihova debljina ne prelazi 10 m.

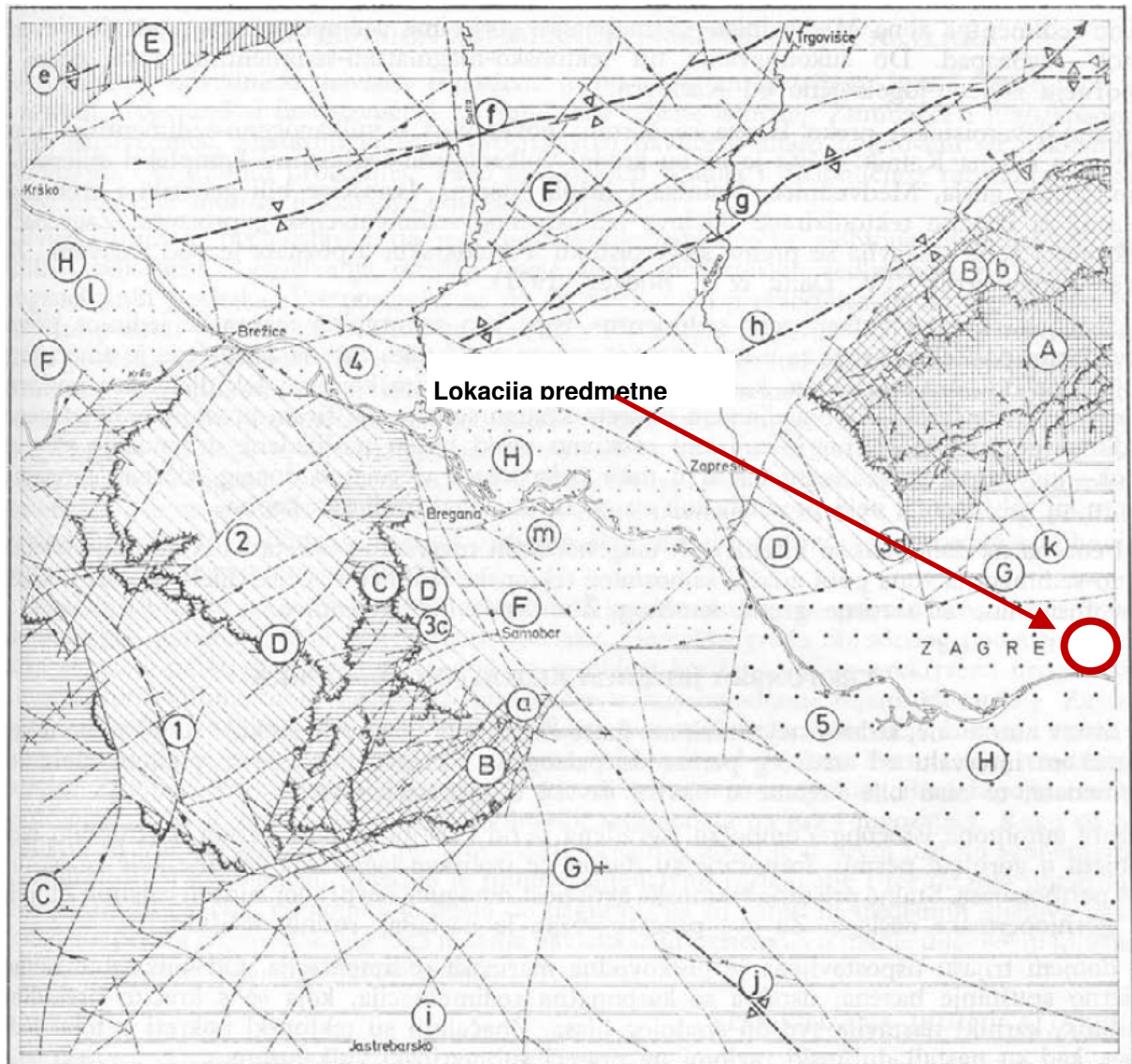
Naslage levanta su slatkovodni fluvijalno-jezerski sedimenti, molasnog tipa, koji leže diskordantno na različitim članovima tercijara, mezozoika i paleozoika. To su bočni ekvivalenti gornjoplaudinskih naslaga. Gornja granica im nije definirana, te postoji mogućnost kontinuiranog prelaza u donju pleistocen. Izgrađene su od šljunka, pijeska i glina u međusobnoj izmjeni. Rijede se mogu naći ulošci pješčenjaka i konglomerata. U pojedinim partijama ovih naslaga izražena je jaka limontizacija u vidu cm proslojaka limonitnih konkrecija, okorina i pješčenjaka vezanih limonitnim vezivom. Gline dolaze u obliku tanjih proslojaka ili leća te su mjestimice i ugljevite. O sadržaju limonitne ili organske supstance ovisi šarena boja ovih sedimenata. Šljunci su pretežito nesortirani, sastoje se od valutica različitih stijena najčešćeg promjera do 5 cm. Rijede su pojave valutica od 5-20cm. Valutice su mjestimice uložene u glinom onečišćene, nevezane, krupnozrne pijeske. Zapažen je pad zaobljenosti i povećanje promjera valutica u područjima, koja leže bliže današnjim planinskim predjelima. U tim se područjima smanjuje sortiranost, a povećava broj vrsta pretaloženih stijena (karbonati, pješčenjaci, rožnjaci, kvarc, metamorfne stijene, eruptivi i dr.). Na većoj udaljenosti od izdignutih predjela valutice su manje i pretežno izgrađene od kvarca i subzaobljenih fragmenata rožnjaka. Mjestimice su u šljuncima zapažene pojave graduirane i unakrsne slojevitosti.

Ovakva litofacijalna diferencijacija navodi na zaključak, da se je dio levantskih naslaga taložio na širim prostorima rubnih dijelova postojećih jezera, dok su nesortirani, krupnozrnati i slabije zaobljeni šljunci odlagani u neposrednoj blizini obala i djelomice možda na kopnu, pa predstavljaju fosilne proluvijalne naplavinske konuse. Očito se radi o brzom spiranju i snažanju materijala sa strmih padina tadašnjeg izdignutog reljefa.

Sitnozrni sedimenti determinirani su kao pijesci, krupnozrnati pijesci, siltozni pijesci, glinoviti pijesci, siltopvi, glinoviti siltovi i siltozne ili pjeskovite gline.

4. TEKTONIKA PODRUČJA

Područje lista Zagreb, podijeljeno je u 8 tektonskih jedinica. Podjela je izvršena na temelju rekonstrukcije tektonskih pokreta, koji su svojim intezitetom i u pojedinim odsječcima vremena prouzrokovali paleogeografske promjene i na taj način neposredno utjecali na genezu i na cjelokupnu evoluciju područja.



Slika 6. Pregledna tektonska karta lista Zagreb

F. Tektonska jedinica: Kristalin Medvednice. **B.** Tektonska jedinica: Vulkanogeno-sedimentna zona, **a.** Vulkanogeno-sedimentni kompleks Samoborskog gorja, **b.** Vulkanogeno-sedimentni kompleks Medvednice, **C.** Tektonska jedinica: Autohton Žumberka, **D.** Tektonska jedinica Žumberačko-medvednička navlaka, **1.** Strukturna jedinica Japetić, **2.** Strukturna jedinica Goli Crnik, **3.** Strukturna jedinica Vrhovčak-Zakličnica. **c.** Vrhovčak, **d.** Zakićnica, **E.** Tektonska jedinica Posavske bore, **e.** Antiklinala Orlica, **F.** Tektonska jedinica Zagorski tercijalni bazen, **f.** Sinklinala Breznica, **V.** Trgovišće, **g.** Antiklinala Marija Gorica, **D.** Stubica, **h.** Sinklinala Brdovec Stubičko podgorje, **G.** Tektonska jedinica Savski tercijalni bazen, **i.** Depresija Crna Mlaka, **j.** Antiklinala Vukomeričke gorice, **k.** Zagrebačko prigorje, **H.** Tektonska jedinica Savska potolina, **4.** Strukturna jedinica Krško i Brezničko-Samoborsko polje, **1.** Krško polje, **m.** Brezničko-Samoborsko polje, **5.** Strukturna jedinica Zagrebačka depresija

Vrijeme pojave takvih značajnih kretanja ujedno determinira početak diferencijacije određenog stijenskog kompleksa koji tada, u odnosu prema okolini, poprima karakter tektonske jedinice.

Novi poremećaji mogu narušiti njenu osebnost i ona tada gubi raniji struktirni značaj. Postoji mogućnost da se u kasnim fazama, zajedno sastrukturnim elementima okoline, ponovno formira u novi oblik određenog tektonskog ranga. Takvo shvaćanje tektonske jedinice zahtijevalo je da u njenu interpretaciju uđu elementi, koji objašnjavaju uzrok postanka, genezu, funkciju i današnji položaj u odnosu prema okolnim strukturama. Samim tim je građa reventnog strukturnog sklopa, iako veoma značajna, prestala biti najvažnijim kriterijem u tektonskoj rajonizaciji područja. Kao primjer može se navesti horst Medvednice, koji danas predstavlja samostalnu strukturu formu, a u biti je izgrađen od dijelova triju različitih tektonskih jedinica.

Tektonska jedinica SAVSKA POTOLINA (izvadak iz Basch Oto i dr.)

Na području između Krškog na sjeverozapadu i Zagreba na jugoistoku leži dolina Save ispunjena nevezanim, aluvijalnim sedimentima. Postanak obrađenog dijela Savske potoline uvjetovan je tektonskim pokretima čija je aktivnost počela krajem pleistocena i početkom holocena. Tada je na jugu Hrvatskog zagorja u jugoistočnim padinama Medvednice i Žumberka, duž značajnih rubnih rasjeda dinarskog pružanja, došlo do spuštanja blokova i djelomičnog razlamanja neogenskih donjopleistocenskih struktura prostorne orijentacije sjeveroistok-jugozapad. Razorena su i uzvišenja između Podsuseda i Sv. Nedelje kao i kod Brezica. Ta su uzvišenja u toku neogena i većeg dijela pleistocena povremeno razdvajala prostore Savskog i Zagorskog bazena, odnosno sinklinalna područja unutar depresije Hrvatskog zagorja. Istovremeno iil možda nešto kasnije nastali su rasjedi protezanja sjever-jug, duž kojih su formirane doline donjeg toka Sutle i Krapine. Ta tektonska aktivnost, zajedno s razlamanjem pretercijarnih stijena na današnjem prostoru Krške klisure, omogućilo je prodor vodenih masa u netom formirane nizinske prostore Krškog polja, Brezičko-Samoborskog polja i Zagrebačke depresije. Tada je izvršeno i najjače nasipavanje aluvijalnog materijala u ove nizinske prostore. Stvaranje rubnih terasnih odsjeka nastalih urezivanjem vodenog toka u neogenske ili pretercijarne stijene kontrolirano je rasjedima koji leže uz bokove savske doline. Rubni terasni odsjeci predstavljaju

granicu ove tektonske jedinice prema jugozapadu i sjeveroistoku i ujedno markiraju područje van kojega vode savskog toka nisu nikada doprle.

Seizmičnost sjeverozapadne Hrvatske može se okarakterizirati kao umjerena s rijetkim pojavama jačih potresa. Medvednica i šira okolica Zagreba pripadaju seizmotektonski aktivnom području. Na tu činjenicu ukazuju povijesni podatci o potresima i ne tako davna seizmička aktivnost. Kada govorimo o geološkom položaju, navedeno je područje smješteno na granici između zapadnog i središnjeg dijela Panonskog bazena. Njegovu granicu određuje žumberačko-medvednički rasjed širine 12–25 km, duljine 100 km i orijentacije sjeveroistok–jugozapad (Kuk i dr, 2000).

Općenito, tektonska aktivnost Zagreba uvjetovana je pokretima u regionalnom strukturnom sklopu u kojem vrlo važnu ulogu igra Jadranska mikroploča koja uzrokuje jaku kompresiju u području Alpa i sjevernog dijela Dinarida. Regionalni stres dodatno pokazuje najjaču kompresiju u području žumberačko-medvedničkog rasjeda, Ivanščice i Kalnika. Područje samog grada Zagreba presijeca zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda: Podsused–Markuševac–Kašina–Zelina i Kerestinec–Ilica–Maksimir–Sesvete (slika 7).



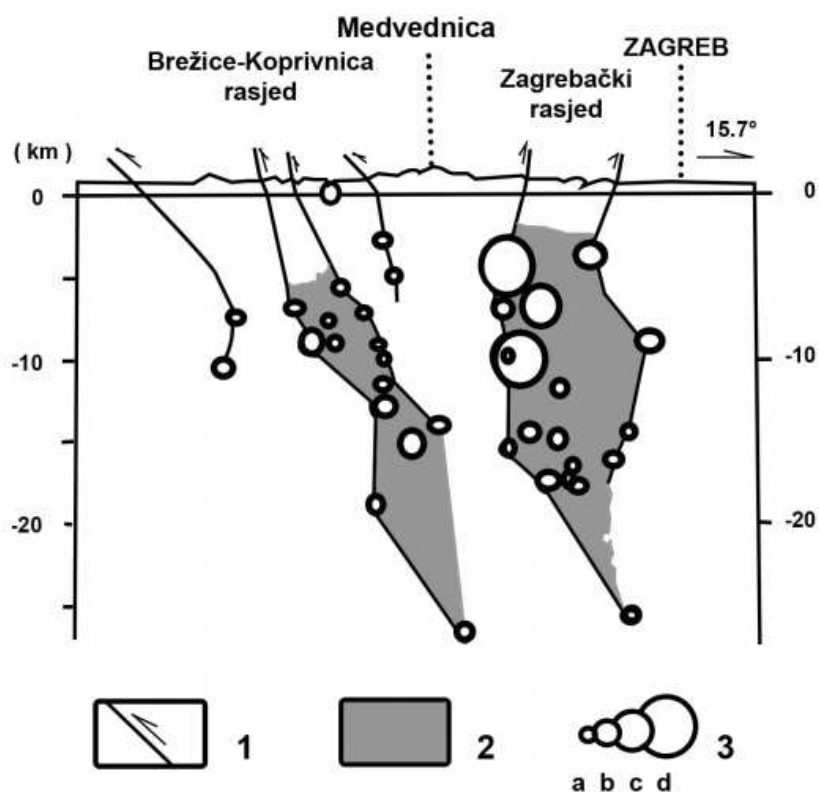
Slika 7. Zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda

Zajedno, oni čine snop paralelnih rasjeda različita karaktera i nagiba. Najčešći nagibi u prostoru su između 70° i 80° (Herak i dr, 2009). U dolini Save su još dva reversna rasjeda orijentacije jug–jugoistok. U Medvednici se ističe rasjed Bistra–Laz,

orijentiran sjever–zapad, širok 1 km. Uz njega, veliku važnost ima rasjed Stubica–Kašina koji Medvednicu dijeli na dva dijela. Pojave potresa prema pravilu ovise o rasporedu masa stijena u dubini (u Medvednici su relativno velike gustoće) i mogućim deformacijama izazvanim kompresijom (zapadnog dijela Panonskog bazena). Najveće koncentracije žarišta potresa na ovom području su na dubini između 5 i 15 km (slika 8).

Ako uzmemo u obzir kompresiju prostora u zoni žumberačko-medvedničkog rasjeda, tektonske pomake dijelova Medvednice, amplitude pokreta i potrese koji su se dogodili, možemo izdvojiti seizmički najaktivniji prostor, odnosno dionicu zagrebačkog rasjeda između Markuševca i Moravča, u duljini od oko 20 km. Također, koncentraciji žarišta potresa pridonose i pomaci blokova Medvednice u zoni rasjeda Stubica–Kašina.

Upravo to možemo povezati sa zagrebačkim potresom dana 22.III.2020. koji je tematika ovog diplomskog rada.



Slika 8. Žarišta potresa na ovom području

5. PRIKAZ OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJE GRAĐEVINE

Izvršen je detaljan pregled konstrukcije građevine. Konstrukcija je značajno oštećena.






U sklopu akcije civilne zaštite Grada Zagreba uz akciju inženjera volontera, nakon potresa snage 5.5 prema Richteru koji se dogodio 22.3.2020., provedeni su brzi pregledi konstrukcija građevina u svrhu prvog pregleda narušene nosivosti i stabilnosti uz prve procjene rizika i potrebe iseljenja građevine za možebitni slučaj ponovljenog potresa. Nakon provedenih brzih pregleda, koji su morali biti brzi radi velikog broja građevina, građevinama su dodjeljivane naljepnice s već dobro poznatim bojama: zelena, žuta i crvena. S tim da je u početnom periodu veliki broj građevina dobio žutu i crvenu oznaku zbog narušene nosivosti i stabilnosti zabata i dimnjaka.

Procjena uporabljivosti zgrade rađena je na temelju detaljnog pregleda zgrade, pregleda i ocjenjivanja konstruktivnih elemenata, procjene stanja nosivosti konstruktivnih elemenata, procjene i detekcije nastalih deformacija (pomaka, progiba, pukotina) te sveopće specifikacije oštećenja i zgrade prema stupnjevima oštećenja. Definicija promatrane razine štete vrlo je relevantna i temelji se na europskoj makroseizmičkoj skali EMS98 (Europska makroseizmička skala) koja je osnova za procjenu seizmičkog intenziteta u europskim zemljama, a koristi se i u velikom broju zemalja izvan Europe. EMS-98 je prva ljestvica seizmičkog intenziteta namijenjena poticanju suradnje između građevinskih inženjera i seizmologa, umjesto samo za seizmološko korištenje.

5.1. KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA

Način na koji se zgrada deformira pri potresnom opterećenju ovisi o vrsti zgrade. Za opću kategorizaciju možemo zgrade grupirati u osnovne dvije skupine: zidane zgrade (konstrukcije) te armirano-betonske konstrukcije (zgrade). Jasno je da je većina zgrada konstruirana kombinacijom ab konstrukcije i zidanih elemenata, ali u tom smislu pravilna ab konstrukcija (ab okvir) na sebe preuzima potresno djelovanje, odnosno potresnu otpornost (horizontalne sile).

Nastala te detektirana oštećenja formirat ćemo u 5 razreda prema tablicama u nastavku. Pri tom treba imati u vidu da je predmetna zgrada građena pretežito od zidanih elemenata te je u tom smislu i potrebno klasificirati strukturalna i nestrukturalna oštećenja.

| Kategorija | Skica | Detaljan opis |
|------------|---|--|
| I |  | <p>Neznatno do blago oštećenje</p> <ul style="list-style-type: none"> - zanemarljivo konstruktivno oštećenje - blago nekonstruktivno oštećenje <p>Vrlo tanke pukotine u ponekim zidovima Otpadanje malih komada žbuke Vrlo rijetko otpadanje pojedinačnih odvojenih dijelova zida</p> |
| II |  | <p>Umjereno oštećenje</p> <ul style="list-style-type: none"> - blago konstruktivno oštećenje - umjereno nekonstruktivno oštećenje <p>Pukotine u brojnim zidovima Otpadanje većih komada žbuke Djelomično otkazivanje dimnjaka</p> |
| III |  | <p>Značajno do teško oštećenje</p> <ul style="list-style-type: none"> - umjereno konstruktivno oštećenje - teško nekonstruktivno oštećenje <p>Velike, razvedene pukotine u većini zidova Otpadanje crijepa Otkazivanje dimnjaka u razini krova Otkazivanja pojedinačnih nekonstruktivnih elemenata (pregradni, zabatni zidovi)</p> |
| IV |  | <p>Vrlo teško oštećenje</p> <ul style="list-style-type: none"> - teško konstruktivno oštećenje - vrlo teško nekonstruktivno oštećenje <p>Značajno otkazivanje zidova Djelomično otkazivanje konstrukcija krovova i međukatnih konstrukcija</p> |
| V |  | <p>Otkazivanje</p> <ul style="list-style-type: none"> - vrlo teško konstruktivno oštećenje <p>Potpuno ili gotovo potpuno rušenje</p> |

Slika 9. Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima

Imajući u vidu sve gore navedeno, detektirana ćemo oštećenja svrstati u sljedeće razrede:

D1 LAGANO OŠTEĆENJE

Ovaj stupanj oštećenja ne utječe značajno na nosivost konstrukcije i ne ugrožava sigurnost stanara zbog pada nestrukturnih elemenata ili predmeta. Oštećenja se smatraju laganim čak i kada se pad predmeta može hitro izbjeći.

D2-D3 SREDNJE-TEŠKO OŠTEĆENJE

Ovaj stupanj oštećenja mogao bi značajno promijeniti nosivost konstrukcije bez približavanja granici djelomičnog urušavanja osnovnih strukturnih komponenti konstrukcije/zgrade.

D4-D5 VRLO VELIKA OŠTEĆENJA

Ovaj stupanj oštećenja značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti. Ovu razinu karakteriziraju oštećenja veća od prethodnih, uključujući i potpuna urušavanja/urušavanje.

6. REKOGNOSCIRANJE STAMBENE ZGRADE

Za sam početak potrebno je naglasiti kako je kompletna vertikalna nosiva konstrukcija zgrade načinjena od zidova zidanih u vapnenom mortu s punom opekom formata 1/1. Nosivi zidovi su većih dimenzija, no razlog tome nalazi se u nedostatku horizontalnih i vertikalnih serklaža (ukruta) koje bi povezivale konstrukciju. Kako je detaljnim pregledom i razgovorom sa stanarima utvrđeno da zgrada u cijelosti ne sadrži armiranobetonsku konstrukciju, zgradu ćemo tretirati kao konstrukciju od zidanog nosećeg sustava te ćemo ocjenu i razradu oštećenja i uporabljivosti zgrade i pojedinih dijelova također specificirati po tom principu. Predmetna stambena zgrada izgrađena je 1895. godine, kao objekt katnosti Po+Pr+2+Pot.2004.g. je napravljena rekonstrukcija potkrovlja, pri čemu je tavanski prostor prenamijenjen u stambeni.



Slika 10. Zapadno pročelje zgrade – ulaz 2a



Slika 11. Istočno pročelje zgrade s detektiranim „X“ pukotinama nadvoja



Slika 12. Istočno pročelje zgrade

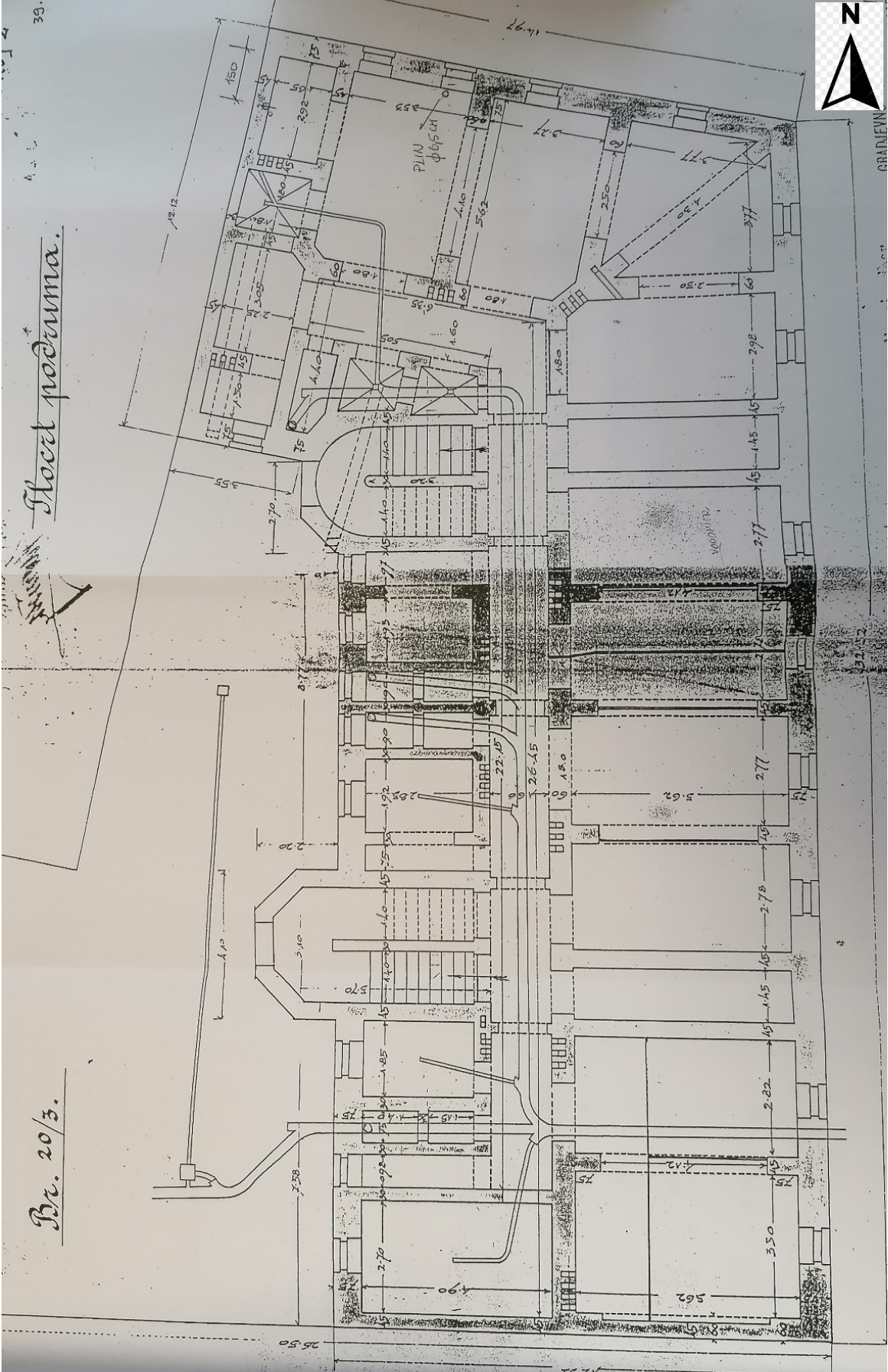


Slika 13. Južno pročelje zgrade, zabatni zid



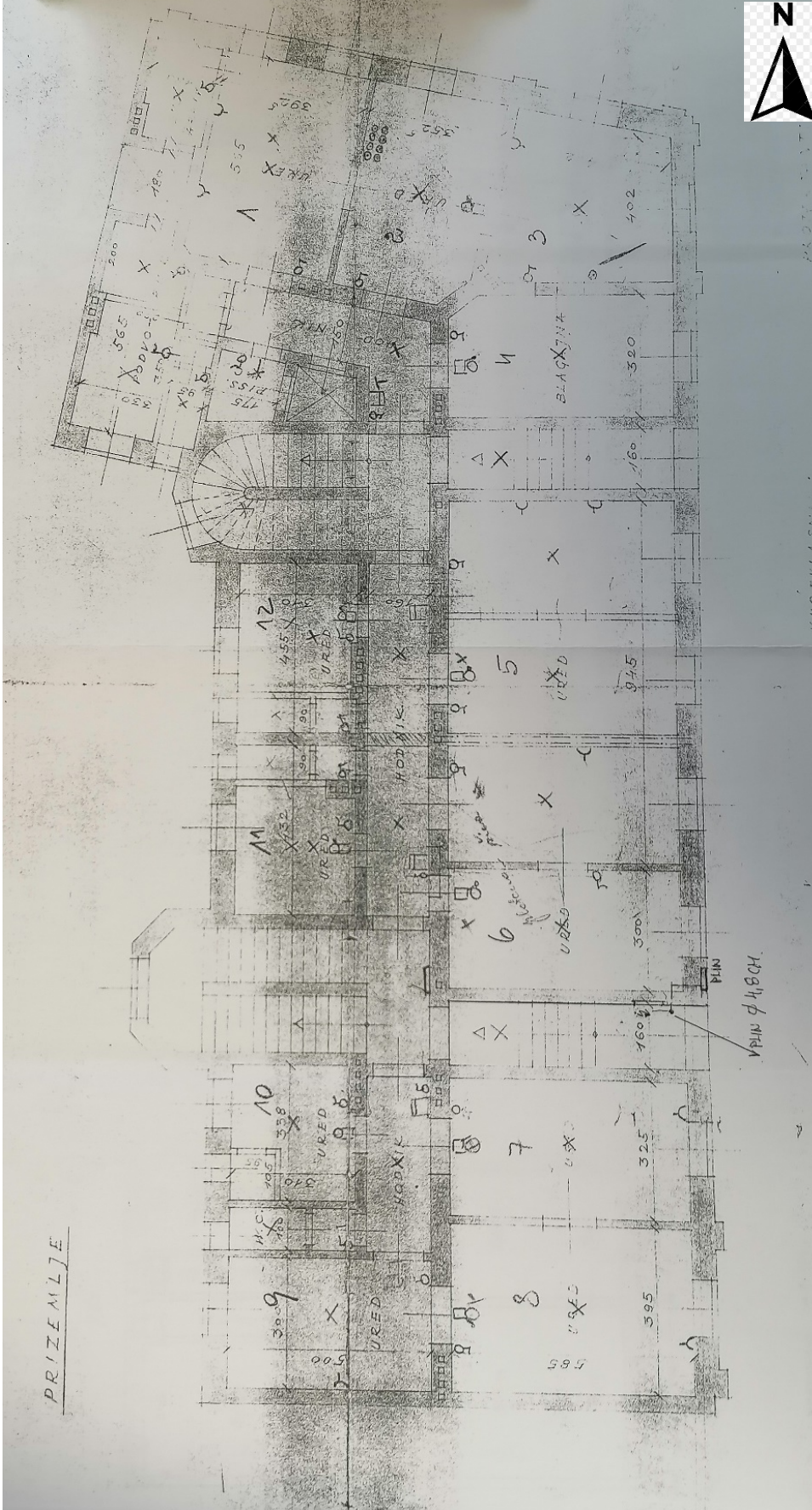
Slika 14. Sjeverno pročelje zgrade koje gleda na Ilicu

TLOCRT PODRUMA



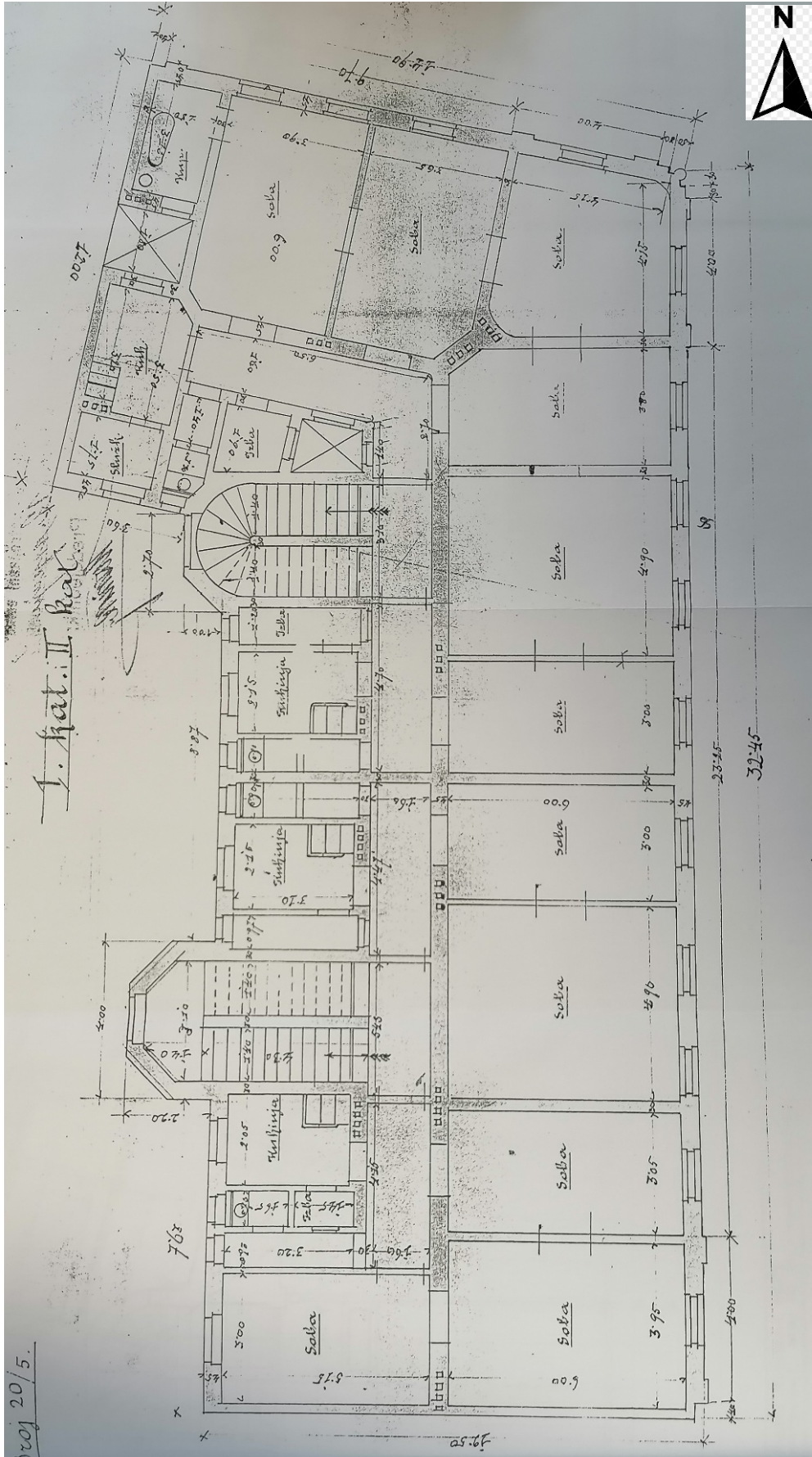
Slika 15. Tlocrt podruma

TLOCRT PRIZEMLJA



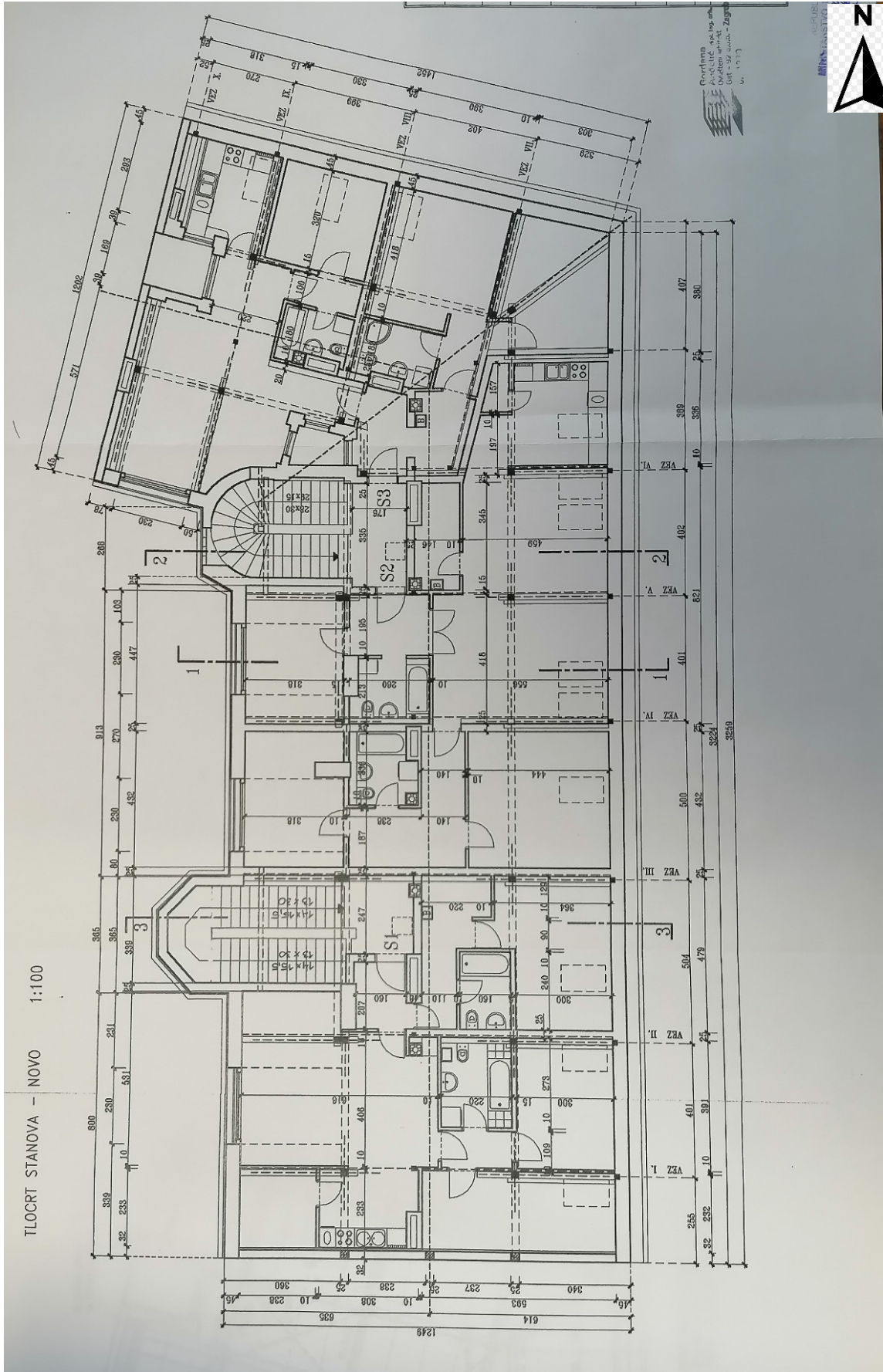
Slika 16. Tlocrt prizemlja

TLOCRT I i II KATA



Slika 17. Tlocrt I i II kata

TLOCRT POTKROVLJA



Slika 18. Tlocrt potkrovlja

U nastavku su dana neka od znatnih oštećenja stambene zgrade.



Slika 19. Pukotina nadvoja lijevo i desno duboka pukotina nosivog zida prema stubištu.

Pukotine na nosivom elementu slika desno, odnosno na strukturalnom oslabljenju zida (vrata značajnog raspona). Naime, na tim mjestima a zbog vremena i načina izgradnje nedostaju strukturalni elementi (ab serklaži, nadvoji, grede) koji na sebe preuzimaju nosivost a imaju određenu duktilnost. Samim time, oni povezuju konstruktivni sklop u zajednički sustav koji jednolično oscilira tijekom potresa. Pošto ti dijelovi u ovom slučaju nedostaju, pukotinska strukturalna oštećenja u potresu ove jačine su neizbježna. Sanacija ovakvih dijelova zgrade (zajednički nosivi sustav) trebala bi se izvesti kompletno (od podruma do krova) ne štedeći pritom priliku za značajna konstruktivna ojačanja.

Oštećenje na unutarnjem nosivom zidu, Slika lijevo, pruža se u smjeru sjever-jug. Oštećenja se nalaze iznad vratiju. U ovom slučaju se iznad otvora može prepoznati širenje pukotina, od jednog ugla prema drugom. Uzmemo li u obzir orijentaciju zida (paralelno sa širenjem potresnog vala), materijal i način gradnje (opeka, starosti više od 100 godina), možemo zaključiti da je opeka u zidu formirala pseudoluk kao jedini mogući nosivi tlačni element u ovom slučaju. Naime, formiranje pseudolukova (nije pravi lučni element) primjećuje se kod starih zgrada na mjestima oslabljenja zidova (otvor, vrata, prozori) gdje je opeka drugačije ugrađena nego na ostalim mjestima (okomito) te ona kao takva formira nosač tipa grede. Takav tip oštećenja proteže se cijelom predmetnom zgradom na mjestima oslabljenja zidova (otvori).



Slika 20. Pukotina s obje strane nosivog zida prema stubištu



Slika 21. Pukotina nadvoja nosivog zida



Slika 22. Pukotinska oštećenja nadvoja nad prozorom

Pukotinska oštećenja Slike 8. nalaze se na položajnim mjestima nadvoja nad vratima i prozorom. Evidentno je koliko oslabljenje predstavlja nedostatak konstruktivnog nosivog elementa na mjestima oslabljenja zidova (prozori, vrata). Sva ova oštećenja možemo svrstati u razinu stupnja oštećenja koji značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog gubitka uporabljivosti strukturalnih komponenti.

Zaključno, sva ova mjesta trebalo bi sanirati kompletno, podići razinu nosivosti (i uporabljivosti) na višu nego je to bilo prvotno zamišljeno te samim time zgradu osigurati za buduću eksploataciju.



Slika 23. Pukotina nosivog luka

Oštećenje Slika 9. predstavlja strukturalno oštećenje nosivog luka koji je nastavak unutarnjeg dijela nosivog zida (sjever-jug). Ova lokacija je identična na svim katovima iznad i ispod predmetnog, sve do IV. kata. Pukotina je strukturalna, okomita na nosivi element te predstavlja razinu oštećenja D3-D4. Ovo mjesto bi svakako trebalo podrediti konstruktivnoj sanaciji uz određeni tip pojačanja.



Slika 24. Dijagonalna pukotina južnog nosivog zida stana

Pukotina na Slici 10. koja se nalazi na nosivom južnome zidu stana, orijentirana Z-I, poprima svoj najveći intenzitet. Možemo zaključiti kako je zid na tom dijelu izgubio uporabljivost te se nalazi u području rezidualne nosivosti. Njegova sanacija predstavlja prioritet konstruktivne sanacije ove zgrade kao cjelokupnog sustava. Sanacija bi u svakom pogledu trebala uzeti u obzir i određenu vrstu pojačanja nosivosti i stabilnosti zida zbog buduće eksploatacije zgrade. Ovdje se praktički više ne može govoriti o pukotinama već o razdvajanju unutar strukture nosivog zida te gubitku strukturalnog integriteta južnog zida ulaza 2. Konstruktivna sanacija cijelog ovog nosivog sustava predstavljat će prioritet konstruktivne sanacije zgrade (od nižih etaža prema višima) uz potrebna ojačanja mehaničke otpornosti i stabilnosti sustava.



Slika 25. Formiranje lukova na zidovima desno, lijevo pukotina nadvoja

Oštećenje Slika 11 desno razvidno prikazuje formiranje lučnog elementa unutar nosivog zida. U ovom slučaju se na zidu može prepoznati lučno širenje pukotina, od jednog ugla prema drugom. Uzmemo li u obzir orijentaciju zida (paralelno sa širenjem potresnog vala), materijal i način gradnje (opeka, starosti više od 100 godina), možemo zaključiti da je opeka u zidu formirala pseudoluk kao jedini mogući nosivi tlačni element u ovom slučaju. Naime, formiranje pseudolukova (nije pravi lučni element) primjećuje se kod starih zgrada na mjestima oslabljenja zidova (otvor, vrata, prozori) gdje je opeka drugačije ugrađena nego na ostalim mjestima (okomito) te ona kao takva formira nosač tipa grede. U tom slučaju gredni (ravninski) element prelazi u lučni i na taj način formira sam sebi nosivost, jer zbog veličine raspona opeka koja je tlačni element ne može više izdržati vlačna naprezanja koja se potresom dodatno u njoj javljaju. Luk kao element prenosi generalno tlačna

naprezanja te tako za isti raspon opeka kao tlačni element može izdržati tu količinu naprezanja. Raspucavanja i strukturalne pukotine su tom prilikom, neizbježne.



Slika 26. Pukotine gipskartonskih obloga

Pukotine gipskartonskih obloga ukazuju na pomake krovne konstrukcije ostvarene tijekom potresa. Kako je kompletni stan u nadograđenom potkrovlju (drveno potkrovlje), on je zbog same konstrukcije pretrpio manja oštećenja. Naime, drvo kao konstruktivni element, tijekom potresa oscilira znatno drugačije nego zidovi (kruti elementi) te kao takvo i znatno elastičnije i plastičnije no opeka. U tom smislu, pruža znatno veći otpor mogućim oštećenjima uslijed potresa.

Sanacija ovog stana trebala bi se orijentirati na površinsku sanaciju te krpanje zidnih obloga. Što se tiče površinskih pukotina na zidovima, njih je potrebno također površinski sanirati.

7. OPIS POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

7.1. OPĆENITO

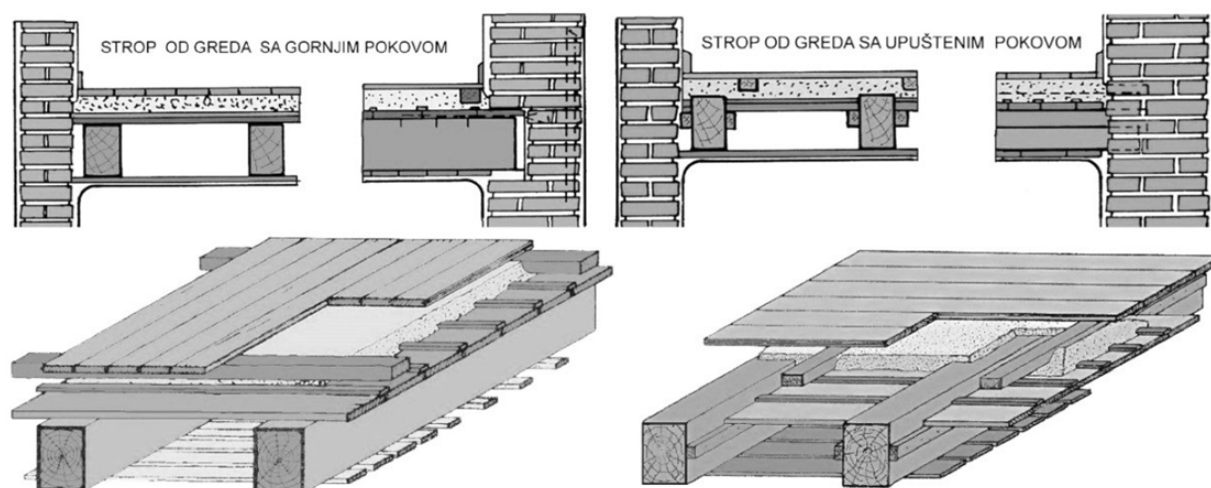
Predmetna građevina nalazi se na adresi Primorska ulica 2 i 2a, Zagreb. Katnost objekta je podrum, prizemlje, 2 kata i potkrovlje.

S aspekta konstrukcije, radi se o zidanoj zgradi sa zidovima od pune opeke (format 1/1) u vapnenom mortu, s međukatnim konstrukcijama od drvenih greda, osim iznad podruma, gdje je sustav lučnih greda i svodova.

Krovnna konstrukcija objekta iz 1895.g. rekonstruirana je 2004.g. na način da je na drvenu međukatnu konstrukciju ugrađena laka sitnorebrasta konstrukcija „Bijeli strop“, a drvena konstrukcija krova zamijenjena i ojačana. Na mjestima oslanjanja krovnih stolica izvedene su plitke AB grede. Zidovi unutar potkrovlja su izvedeni od lakih porobetonskih blokova (Ytong) i kao gips-kartonski zidovi. Slojevi krova su izvedeni u skladu s novom namjenom prostora, a kao pokrov je postavljen biber crijep.

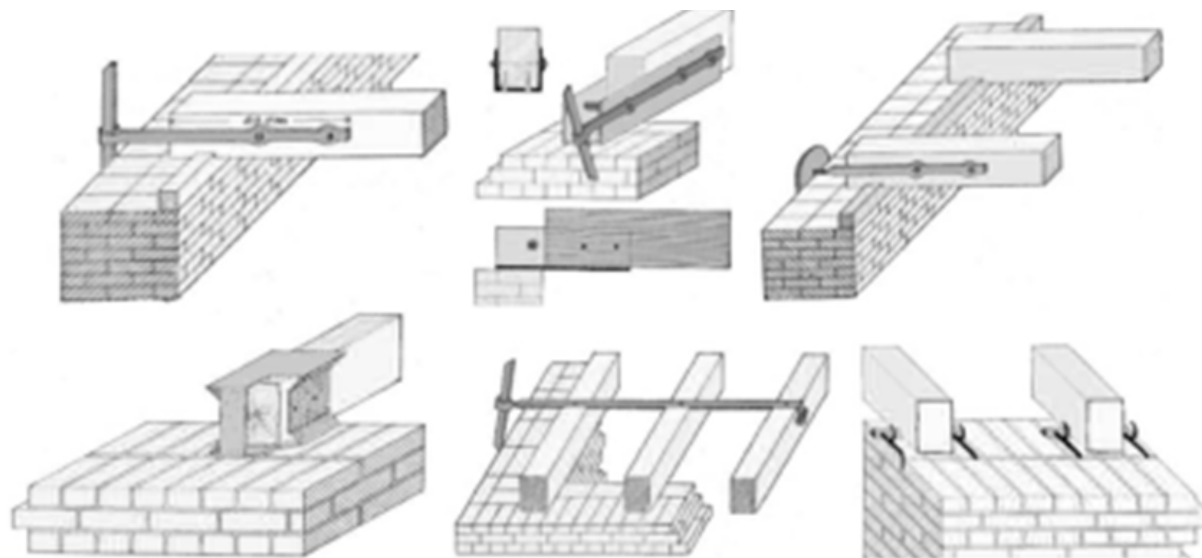
7.2. MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA

Međukatne konstrukcije od prizemlja do 2 kata su drvene međukatne konstrukcije, osim na prostorima mokrih čvorova, gdje su izvedene ploče od zbijenog betona na čeličnim nosačima.

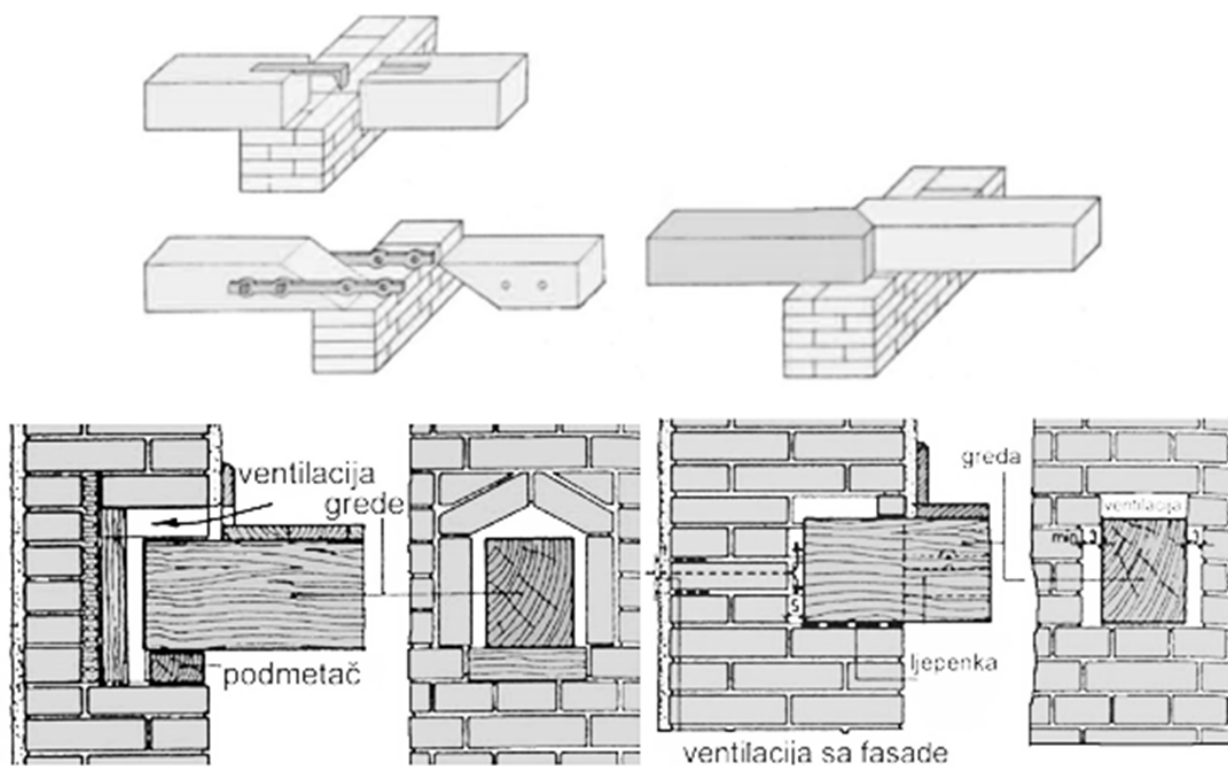


Slika 27. Drvene međukatne konstrukcije

Dodatne elemente drvenih stropova čine ispune i nasipi i čvrste daščane podloge iznad nosivih greda, te konstrukcije stropova (ožbukana trstika na potkonstrukciji od letvica).



Slika 28. Način povezivanja greda međukatnih konstrukcija sa zidovima



Slika 29. Način povezivanja greda na središnjim osloncima

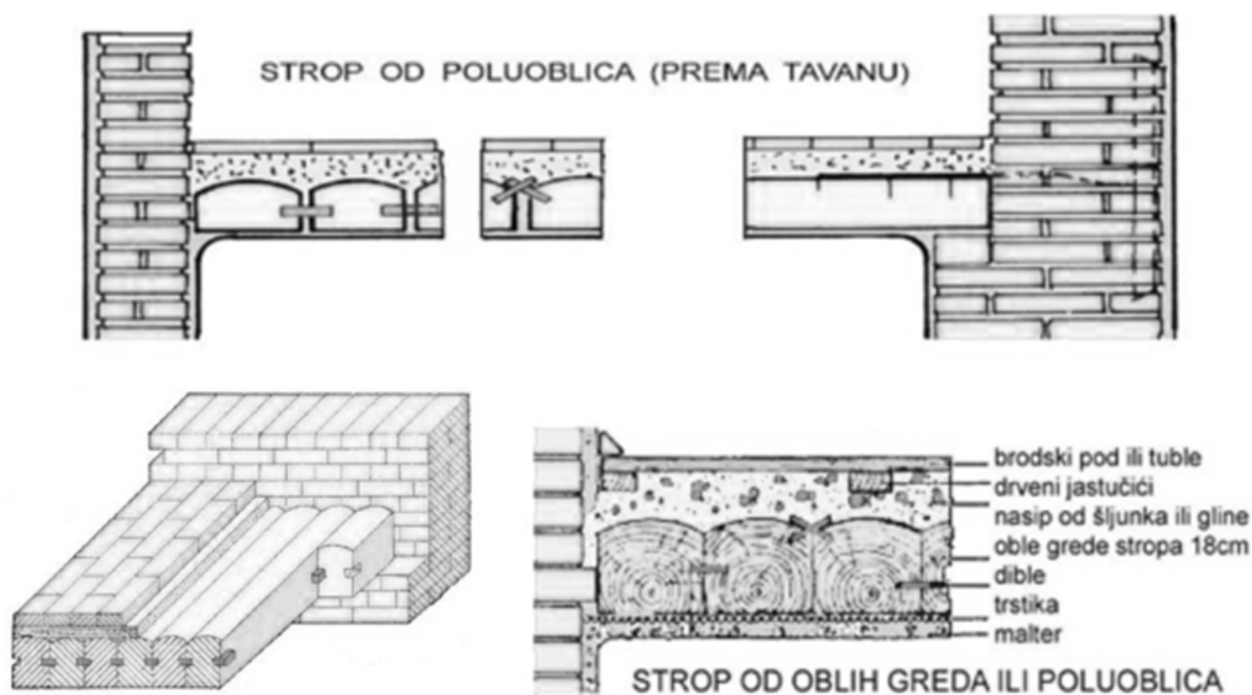
Međukatna konstrukcija iznad podruma je izvedena sustavom svodova na nosivim zidovima povezanim s lukovima, sve zidano punom opekom, prema pravilima iz

vremena gradnje (iznad podrumskih etaža, zbog zaštite od požara i zbog veće nosivosti od međukatnih konstrukcija od drvenih greda).



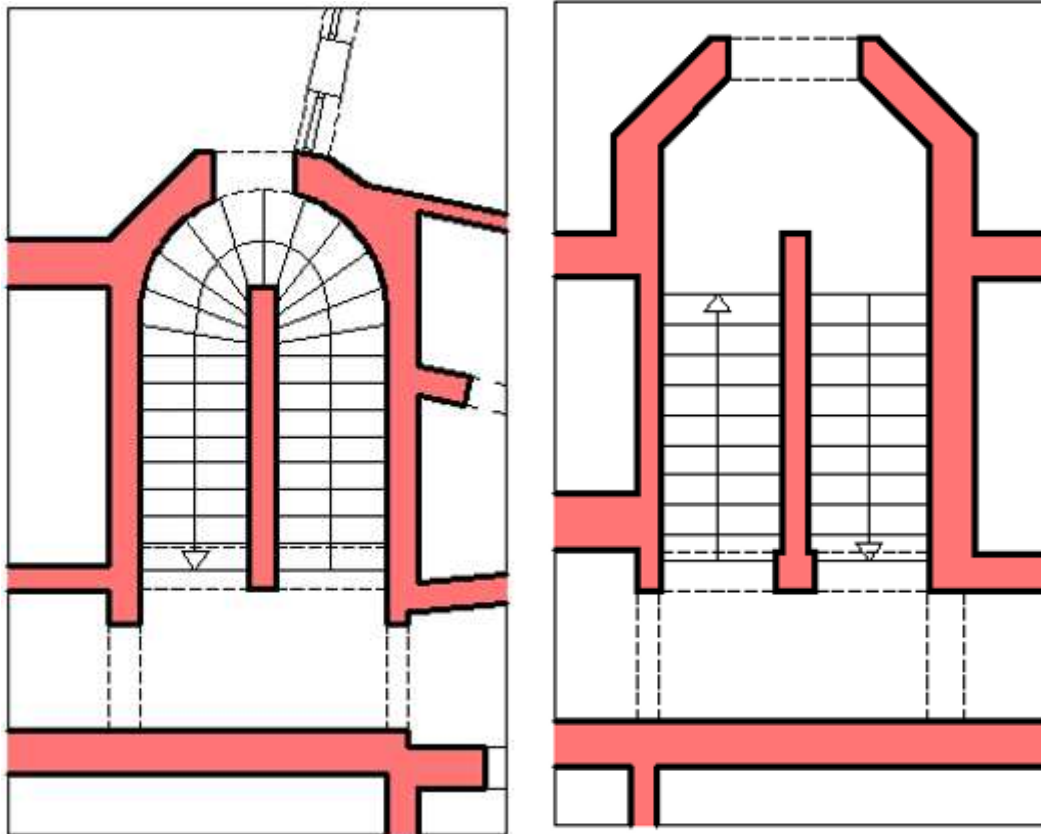
Slika 30. Sustav svodova

Za pretpostaviti je da je međukatna konstrukcija iznad 2. Kata (u originalu ploča prema tavanskom prostoru) izvedena od drvenih oblica, prema pravilima iz vremena gradnje (kao i „Pruski svod“ iznad podrumskih etaža, zbog zaštite od požara).



Slika 31. Drvena međukatna konstrukcija od oblica iznad 3. kata

Zgrada ima 2 stubišne jezgre, izvedene sa središnjim zidom između krakova. Stube su većim dijelom kamene, obostrano oslonjene.



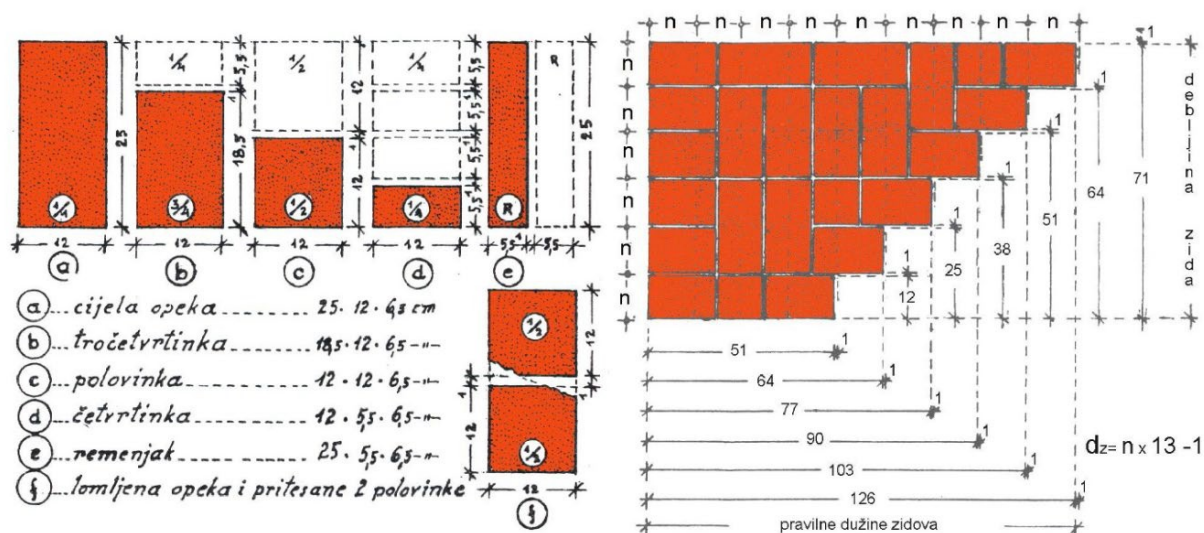
Slika 32. Tlocrt stubišta stambene zgrade ulaza 2a i 2b

5.3. NOSIVI ZIDOVI

Osnovni vertikalni elementi zgrada s kraja 19. i početka 20. stoljeća su masivni zidovi zidani od pune pečene opeke standardnih dimenzija 6,5 x 12 x 25 cm u produžnom mortu. U izgradnji objekata, najčešći primjenjivani sistem je s uzdužnim nosivim zidovima i to uličnim, dvorišnim i srednjim nosivim zidom. Kod predmetne zgrade takav način gradnje nije slučaj jer je tlocrtni raspored zidova razveden i pomalo neuredan, što je posljedica želje da se maksimalno iskoristi površina čestice za gradnju.

Uobičajena debljina nosivih zidova je 51 i 64 cm u podrumu i nižim etažama, te 38 cm (1½ opeke) kroz tri najviše etaže, slagano na različite načine (engleski, nizozemski, češki, poljski (gotski) vez, vez vežnjaka ili dužnjaka itd.). Za predmetnu zgradu nije poznata vrsta veza, ali se mogu odrediti debljine zidova. One su, očekivano, različite po visini objekta i kod različitih zidova, te se kreću od 71 cm (75 sa žbukom), pa do 38 cm (45 cm sa žbukom).

Vanjski uzdužni zidovi su u podrumu širine 71 cm, a na nadzemnim etažama 38 cm. Ostali nosivi zidovi, u poprečnom smjeru, u podrumu su 38 cm, osim nekoliko zidova na uglu zgrade. Središnji nosivi zid je zbog dimnjaka u podrumu 51 cm (60 cm ožbukani), a na nadzemnim etažama 38 cm, kao i ostali nosivi zidovi.



Slika 33. Prikaz debljine zidova

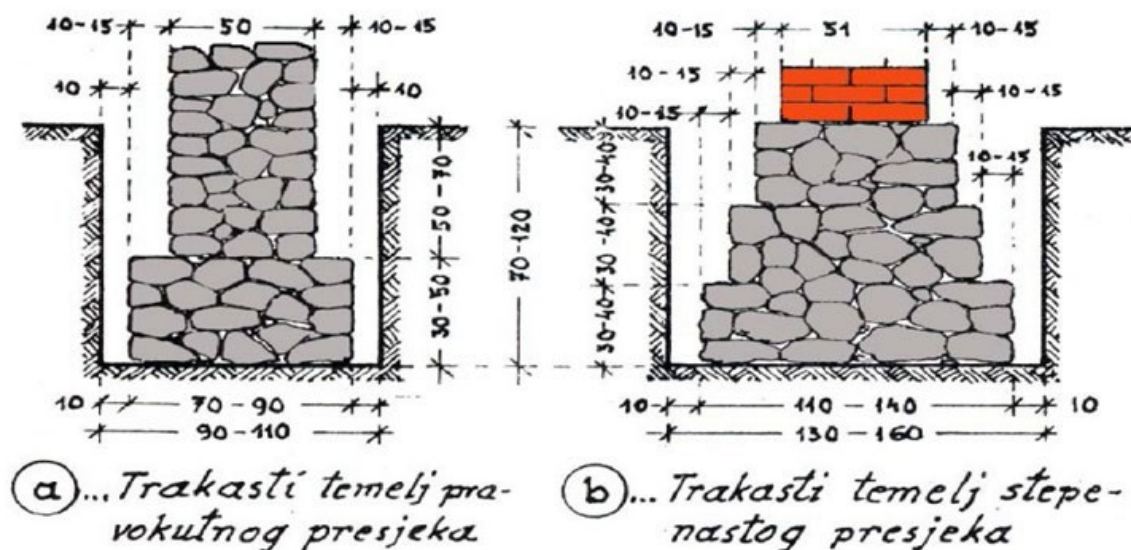
Novi dio zgrade, potkrovlje, konstruktivno kombinacija drvene krovne konstrukcije, međukatne konstrukcije od „Bijelog stropa“ debljine 15 cm i lakih Ytong blokova širine 25 cm, izvedeno je u skladu s današnjim propisima o zidanim konstrukcijama, odnosno s AB serklažima postavljenima na prikladno mjesto i dobrih dimenzija ($a \cdot b = 25 \cdot 25$ cm).

Pregledom objekta nisu uočeni naknadni zahvati na unutrašnjim nosivim zidovima koji bi utjecali na originalnu mehaničku stabilnost i otpornost: nema uočenih uklanjanja nosivih zidova ili njihovih dijelova, neprikladnih dogradnji i sl. Primjetni su brojni zahvati na vanjskim otvorima na pročeljima koji gledaju na unutrašnje dvorište, dogradnja zatvorenih balkona na 4. i 5. katu, balkoni na 4. i 5. katu uz lift.

5.4. TEMELJI

U trenutku pregleda zgrade, temeljna konstrukcija nije bila dostupna za pregled, te nije poznata dubina temeljenja ni geometrija temeljne konstrukcije. Za očekivati je da je objekt temeljen trakastim temeljima od grubo priklesanog kamena u vapnenom mortu ili kao suhozid, čime se sprječavala kapilarna vlage u zidovima. Širina temelja je 10-15 cm veća od širine nosivog zida. Ispod poda podruma iz istog razloga se

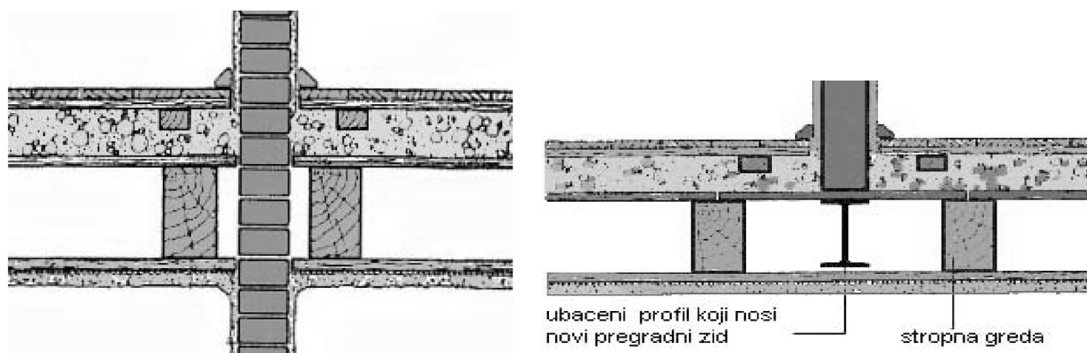
može očekivati kameni nabačaj. Kamen za temelje je biran da bude čvrst, otporan na mraz i lako obradiv, a dimenzije elemenata takve da 2 radnika mogu s njima raditi.



Slika 34. Prikaz gradnje trakastih temelja

5.5. PREGRADNI ZIDOVI

Većina pregradnih zidova koji su svojim dimenzijama značajni su originalni zidovi, bez zahvata na njima (otvaranja novih otvora i sl.).

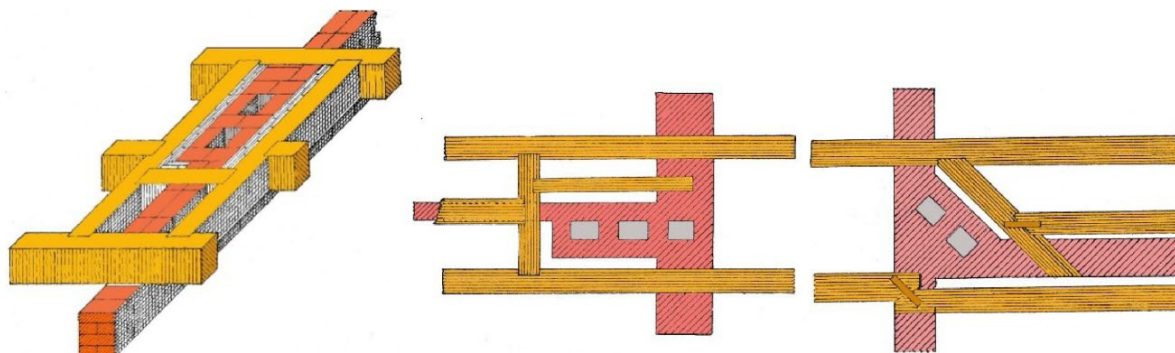


Slika 35. Mogući načini oslanjanja pregradnih zidova

5.6. DIMNJACI

Na objektu postoji niz dimnjaka, većinom višecijevnih.

Grede međukatnih konstrukcija su udaljene bar 15 cm od dimnjaka (slika 33.)



Slika 36. Prikaz udaljenosti dimnjaka od grede međukatne konstrukcije

5.7. KROVNA KONSTRUKCIJA

Krovna konstrukcija je drvena, izvedena kroz rekonstrukciju 2004.g. Konstruktivno se radi o 10 vezova, odnosno stolica, na međusobnom razmaku 4-5 m, osim prve i zadnje koje su na 2.5 m od zabatnih zidova. Stupovi koji čine stolicu su dimenzija $a*b=20*20$, na međusobnoj udaljenosti 5.3m.

Visina krovne konstrukcije je prilično velika, tako da su pajante na visini 2.5-2.8 m, a sljemena 6m od nove međukatne konstrukcije „Bijeli strop“.



Slika 37. Krovna konstrukcija u potkrovlju stambene zgrade

5.8. ZAHVATI NA ORIGINALNOJ KONSTRUKCIJI

Pregledom objekta nisu uočeni naknadni zahvati na unutrašnjim nosivim zidovima koji bi utjecali na originalnu mehaničku stabilnost i otpornost: nema uočenih uklanjanja nosivih zidova ili njihovih dijelova, neprikladnih dogradnji i sl. Primjetni su brojni zahvati na vanjskim otvorima na pročeljima koji gledaju na unutrašnje dvorište, dogradnja zatvorenih balkona na 4. i 5.katu, balkoni na 4. i 5. katu uz lift.

8. STANJE KONSTRUKCIJE NAKON POTRESA

8.1. OPĆENITO

Obične zidane konstrukcije su konstrukcije sa zidovima od opeke ili glinenih blokova drugih materijala međusobno povezanih produžnim malterom, kod kojih je za vertikalna opterećenja koeficijent sigurnosti veći nego kod modernih konstrukcija. Međutim, kod horizontalnih opterećenja se cijeli otpor zgrade svodi na krutost i čvrstoću zidanih dijelova konstrukcije, koje su zbog svoje nehomogenosti izrazito nelinearne prirode. Homogenost krutosti i čvrstoće zidanih konstrukcija je teško ostvariva u praksi jer ovise o kvaliteti zidanja, njegovanju i klimatskim karakteristikama lokacije (temperatura, vlažnost itd.). Takvo stanje uvelike poboljšava postojanje dovoljnog broja međusobno okomitih zidova, te dovoljna krutost međukatnih konstrukcija, što kod starijih građevina koje nikada nisu rekonstruirane najčešće nije slučaj, te su dinamičke karakteristike takvih objekata vrlo nepovoljne.

Većina oštećenja postojećeg stanja okarakterizirana su kao oštećenja stupnja D3 i D4, koja značajno mijenjaju i narušavaju nosivu sposobnost konstrukcije, dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti.

8.2. TEMELJNA KONSTRUKCIJA

Na zgradi nisu uočene pukotine i oštećenja koja bi ukazivala na popuštanje temeljne konstrukcije. S obzirom na to da je međukatna konstrukcija iznad podruma izvedena kao „pruski svod“, te da su nosivi zidovi suterena značajnih dimenzija, što je sve uobičajeno za vrijeme i način gradnje, može se zaključiti da su suterenski dio objekta i temeljna konstrukcija prikladno izvedeni i dostatne kvalitete. Prije početka radova na sanaciji svakako tu pretpostavku treba potvrditi penetracijskim ispitivanjem nosivosti temeljnog tla.

8.3. MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

Na većem dijelu objekta su vidljive pukotine na spoju nosivih i pregradnih zidova sa stropnim konstrukcijama.

8.4. NOSIVI ZIDOVI

Najveća oštećenja koja su se dogodila na nosivoj konstrukciji su na zidovima stubišta, te lučnim nadvojima. Pukotine su značajnih dimenzija i prostiru se u punoj širini zida.

Na svim ostalim nosivim zidovima bez izuzetka se mogu uočiti veća i manja oštećenja nadvoja, spojeva s međukatnim konstrukcijama i pregradnim zidovima.

8.5. OSTALO

Glavne instalacijske dovodne i odvodne vertikale nisu do sada zamijenjene, što bi bilo uputno napraviti tijekom radova na konstruktivnoj sanaciji.

Osim glavnih konstruktivnih dijelova (međukatnih konstrukcija i nosivih zidova), dovoljnu pažnju u sanaciji treba posvetiti:

- pregradnim zidovima koji su svi doživjeli odvajanje od međukatnih konstrukcija
- uličnim fasadama koje treba obnoviti i restaurirati prikladnim konzervatorskim metodama, koje su neophodne i zbog konstruktivne sanacije

9. ANALIZA POTREBNIH ZAHVATA

Prema Tehničkom propisu o izmjeni i dopunama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 75/2020) u Prilogu III su definirane razine obnove potresom oštećenih konstrukcija zgrada u odnosu na mehaničku otpornost i stabilnost:

9.1. OPĆENITO O RAZINAMA OBNOVE

Razina obnove 1 – popravak nekonstrukcijskih elemenata

Svrha radova je osposobljavanje građevine za boravak i vraćanje objekta u stanje prije potresa uz određene poboljšice.

- popravak ili uklanjanje i ponovna izvedba oštećenih dimnjaka, krovnih vijenaca i parapeta, balkonskih ogradnih zidova
- popravak ili uklanjanje i ponovna izvedba dijelova zabatnih zidova na tavanu ili potkrovlju
- djelomično ili potpuno prezidavanje nenosivih (pregradnih) zidova materijalom iste ili manje mase
- popravak krovišta (lokalna zamjena rogova, letvi, kosnika)
- zamjena dijelova pokrova (crijepa, sljemenjaka)
- popravak pukotina u nekonstrukcijskim elementima
- popravak ili zamjena dijelova krovne limarije, krovnih prodora, popravak krovne izolacije i sl.
- ostale slične mjere.

Razina obnove 2 – pojačanje građevine

Osim svih mjera navedenih kod Razine 1, treba izvesti pojačanje kritičnih mjesta u objektu i elemenata koji su oštećeni u potresu. Zahvatima se ne mijenja bitno krutost i masa objekta, te se očekuje razina otpornosti objekta 50% razine koju traži EC, odnosno u skladu s Pravilnikom iz 1981 i 1987. (karta za 95-godišnji povratni period).

- Popravak većih pukotina u nosivim zidovima
- Značajniji popravci krovne konstrukcije

- Popravak stubišta
- Povezivanje i/ili stabilizacija zidova i međukatnih konstrukcija
- Izmjene dimnjaka vezano uz izvedbu kondenzacijskih uređaja
- Sva lokalna ojačavanja AB elementima, FRP-om ili sl.

Bitna karakteristika navedenih radova je da se omogući jednostavan nastavak radova potrebnih za Razinu 3.

Razina obnove 3 – dodatna otpornost u odnosu na razinu 2

Cilj je postizanje seizmičke otpornosti 75-100% EC (povratni period 225 g.) i obvezna je primjena za zgrade razreda važnosti III oštećene u potresu.

- Pojačanje ili izvedba novih međukatnih konstrukcija i krovišta, s propisanim sidrenjima u zidove
- Ugradnja čeličnih profila u nadvoje
- Pojačanje glavnih nosivih zidova, a po potrebi i pregradnih, različitim tehnologijama (injektiranje, fugiranje, prezidavanje, torketiranje, FRP ili sl.)
- Izrada dodatnih nosivih zidova
- Pojačanje temelja
- Izrada vertikalnih i horizontalnih serklaža

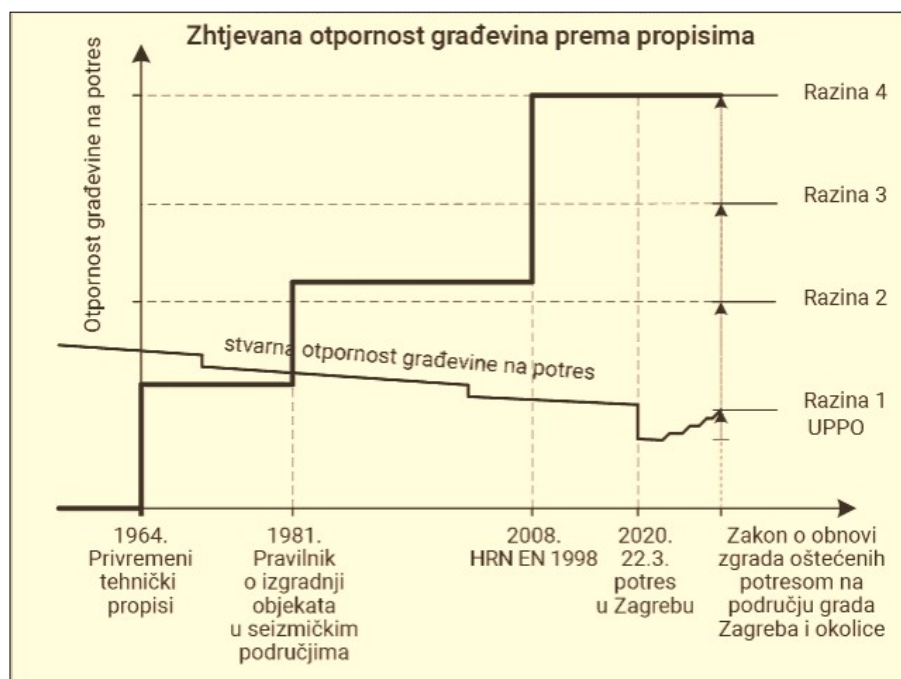
Svi ostali potrebni zahvati kojima se pojačava potresom oštećena konstrukcija, a potrebni su za poredbenu vrijednost premašaja od 20% u 50 g.

Razina obnove 4

Postizanje 90-100% zahtjeva EC, a odnosi se na zgrade razreda važnosti IV oštećene u potresu.

- Izvedba AB zidova uz postojeće nosive zidove i temelje
- Izvedba AB nadvoja u svim postojećim zidovima
- Izvedba spregnutih tlačnih ploča na svim međukatnim konstrukcijama
- Svi ostali radovi potrebni za cjelovitu obnovu zgrade

Prema Uputi Ministarstva graditeljstva (klasa: 360-01/20-01/106, ur.br.: 531-01-20-1 od 3.srpnja 2020.) radovima svih razina može se pristupiti temeljem glavnog projekta, bez ishoda građevinske dozvole. Za radove razine 3 i 4 potrebno je ishoditi uporabnu dozvolu na kraju radova.



Slika 38. Prikaz zahtjevnosti razina prema propisima

Tijekom razrade projekta, donošene su odluke o načinima i razini sanacije temeljem sljedećih kriterija:

- Objekt se koristi za stanovanje, te je neophodno odabrati vrstu radova i dinamiku njihove realizacije kojima će se vlasnici moći prilagoditi.
- Cijena - konačnu cijenu formiraju cijene radova konstruktivne, ali i cijena restauratorskih radova na obnovi zapadne i južne fasade, te svi unutrašnji zanatski radovi u stanovima koji će proizaći nakon konstruktivne sanacije. Stoga treba naglasiti da odabir skuplje radnje ne znači i veću konačnu cijenu.
- Jednostavnost izvedbe.
- Mogućnost budućih radova na poboljšanju seizmičke otpornosti

Tablica 2. Prednosti i mane tehnike ojačanja konstrukcije

| TEHNIKE OJAČANJA | PREDNOSTI | NEDOSTACI |
|----------------------------|---|--|
| FEROCEMENT | niski troškovi, jednostavna tehnologija, ograničeno dodana masa | smanjenje prostora, utjecaj na arhitekturu |
| OJAČANA ŽBUKA | jednostavna tehnologija, ograničeno dodana masa | smanjenje prostora, utjecaj na arhitekturu |
| MLAZNI BETON TORKRETIRANJE | značajno poboljšanje u smislu disipacije energije, velik prirast bočne otpornosti | smanjenje prostora, utjecaj na arhitekturu, značajno povećanje mase |
| INJEKTIRANJE | nema dodane mase, neremećenje funkcije zgrade, nema smanjenja prostora, ne utječe na arhitekturu | epoksidni kit stvara zone s različitim krutostima i čvrstoćama, velika cijena epoksidnog kita, zanemarivi prirast bočne otpornosti pri korištenju ispuna na bazi cementa |
| VANJSKO OJAČANJE | sprječava rušenje, velik prirast bočne otpornosti, poboljšava duktilnost i disipaciju energije | značajno povećanje mase, komplicirano izvođenje |
| OMEĐENO ZIĐE | sprječava rušenje, poboljšava duktilnost i disipaciju energije | zahtjevna primjena, ograničeni učinak u smislu bočne otpornosti |
| PREDNAPINJANJE | nema dodane mase, neremećenje funkcije zgrade, | veliki gubitci, sustav sidara, potencijalna korozija |
| KOMPOZITNI POLIMERI | mala dodatna težina, brza i neinvazivna primjena, značajna povećanja naprezanja, vlačne i posmične čvrstoće | tehnologija rada koja zahtjeva prethodna znanja i iskustvo, zbog cijene potrebno pažljivo projektiranje |

Ovim projektom se preferiraju zahvati popravka i ojačanja konstrukcije korištenjem karbonskih i staklenih mrežica i užadi zbog jednostavnijeg i bržeg izvođenja, s obzirom da se zgrada koristi za stanovanje.

Izvedbom zahvata koji su opisani u ovom projektu postići će se razina obnove 2. Za razinu obnove 3 treba još izvesti sprezanje svih drvenih međukatnih konstrukcija

tlačnom pločom, izvedba horizontalnih i vertikalnih serklaža na cijelom objektu, te injektiranje svih nosivih zidova. Radovi potrebni za postizanje razine obnove 3 se mogu izvesti u budućnosti ako se suvlasnici odluče na tu investiciju. Važno je tijekom svih radova opisanih u ovom projektu detaljno dokumentirati sve zahvate u svim fazama, kako bi u budućnosti bilo jednostavno razjasniti sve nejasnoće vezano uz postojeću konstrukciju.

9.2. PREDVIĐENI ZAHVATI

- Konstruktivna sanacija zidova stubišta. Sanacija zida predviđa prezidavanje jače oštećenih dijelova zida i radove ojačanja: obnovu fuga, ugradnju horizontalnih željeznih šipki u fuge,
- Površinsko ojačanje FRP platnima, te ojačanje uglova i spojeva sa zidovima iz drugog smjera karbonskim užadima.
- Povezivanje međukatnih konstrukcija s nosivim zidovima ugradnjom zatega, ankeri i sl.
- Poboljšanje horizontalne krutosti drvenih međukatnih konstrukcija: zahvat koji bitno povećava seizmičku otpornost zgrade je izrada spregnutih međukatnih konstrukcija (na postojeće drvene grede se izrađuje tlačna AB ploča debljine 5-7 cm), međutim takav zahvat nije moguće izvesti u zgradi u kojoj se odvija stanovanje. Stoga se ovim projektom predviđa stropna ugradnja dvostrukog sloja dasaka. Takav zahvat se može izvoditi etapno, stan po stan i prostorija po prostorija, kako bi se stanarima omogućilo funkcioniranje u svojim stambenim jedinicama. Unatoč tome, ovo je zahvat koji za posljedicu ima mnogo završnih zanatskih i instalaterskih radova u stanovima.
- Sanacija svih nadvoja na unutrašnjim nosivim zidovima, te vanjskim nosivim zidovima (bez obzira na oštećenja od potresa) ugradnjom karbonskih mrežica i užadi.
- Ojačanje nadvoja i lokalno povezivanje nosivih zidova na 3 mjesta u zgradi koja su detektirana kao slabe točke u potresu

10. PRORAČUN

Horizontalna vršna ubrzanja, prema podacima seizmičke karte Geofizičkog odsjeka PMF-a:

- $a_{gR}=0.126$ g za $T_p=95$ god.
- $a_{gR}=0.251$ g za $T_p=475$ god.

Predmetna zgrada je temeljena na temeljnom tlu tipa „B“. Iz HRN EN-1998.: $S=1.2$

Za opeku u vapnenom mortu:

- Tlačna čvrstoća: 2 N/mm²
- Vlačna čvrstoća: 0.09 N/mm²
- Modul elastičnosti: 800 N/mm²
- Modul posmika: 50 N/mm²
- Preporuka prema EN: $f_{vk,0}=0.1$ MPa

10.1. GRUBA SEIZMIČKA ANALIZA

Ukupna ploština stropa jedne etaže: 388 m² (posljednja etaža 270 m²)

Procjena: $q_{Ed}=15$ kN/m²

Masa građevine – 6 etaža zidane konstrukcije, 1 etaža laka drvena:

$$M = 6 \cdot 388 \cdot 15 + 1 \cdot 270 \cdot 7 = 36.810 \text{ kN}$$

Seizmička sila (HRN EN 1998), kategorija tla B, faktor ponašanja 1.5 :

$$S_d(T) = 0.251 \cdot 1.2 \cdot 2.5 \cdot 1 / 1.5 = 0.50 \text{ (50 \% mase građevine) za } T = 475 \text{ g}$$

$$S_x = S_y = 0.50 \cdot 36.810 = 18.405 \text{ Kn}$$

Ploština zidova prizemlja:

$$A_x = 43,37 \text{ m}^2 \text{ (11,18 \% ploštine etaže)}$$

$$A_y = 42,93 \text{ m}^2 \text{ (11,07 \% ploštine etaže)}$$

Prosječno naprežanje : $\sigma_x = 18.405 / 43370 = 0.424$ MPa, $\sigma_y = 18405 / 42930 = 0.429$ MPa

Karakteristična osnovna posmična čvrstoća ziđa : $f_{vk, 0} = 0.1$ MPa

Prosječno vertikalno naprežanje $\sigma_d = 0.4$ MPa

Računska posmična čvrstoća (otpornost) : $f_{v,d} = (0.1 + 0.4 \cdot 0.4) / 1.5 = 0.17$ MPa

Postotak u odnosu na računsko djelovanje prema HRN EN 1998 za 475 god

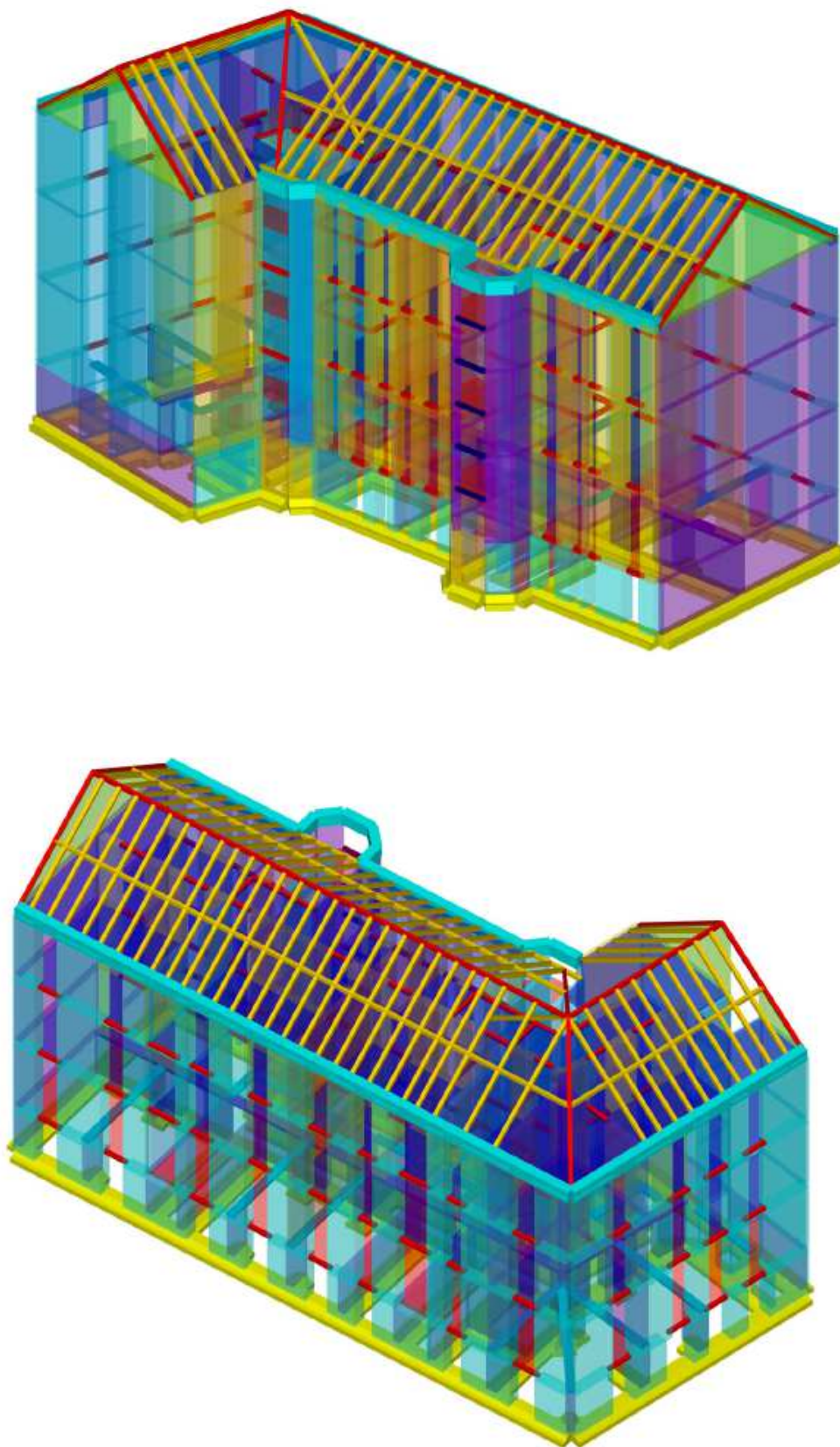
$\psi_x = 0.17 / 0.424 = 40 \%$ -

$\psi_y = 0.17 / 0.429 = 40 \%$

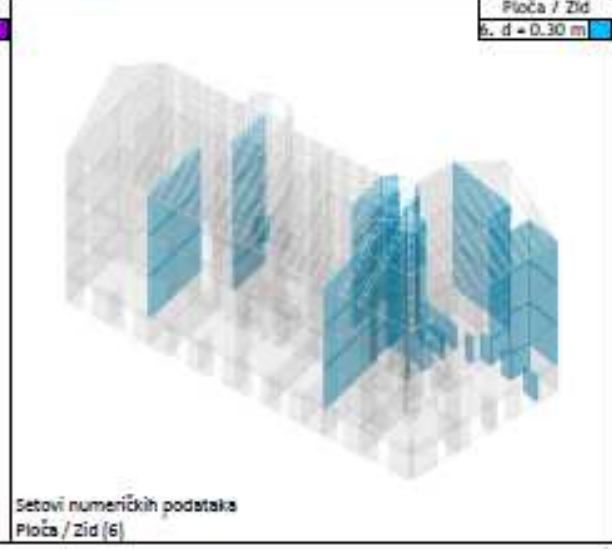
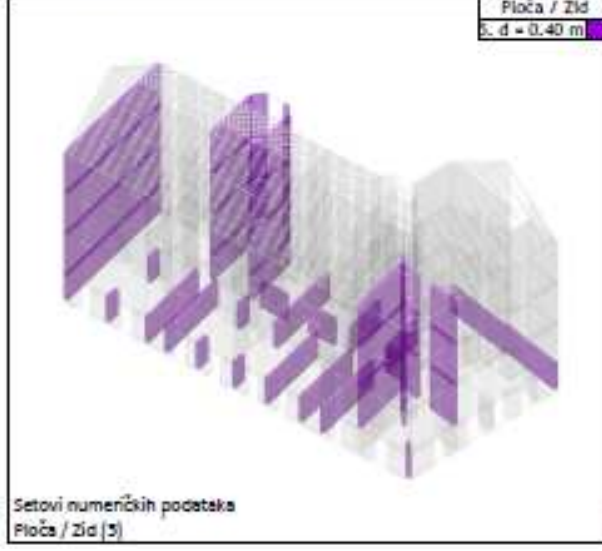
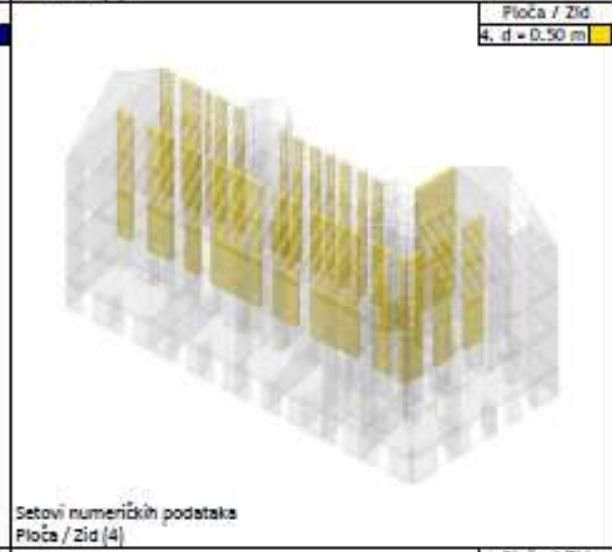
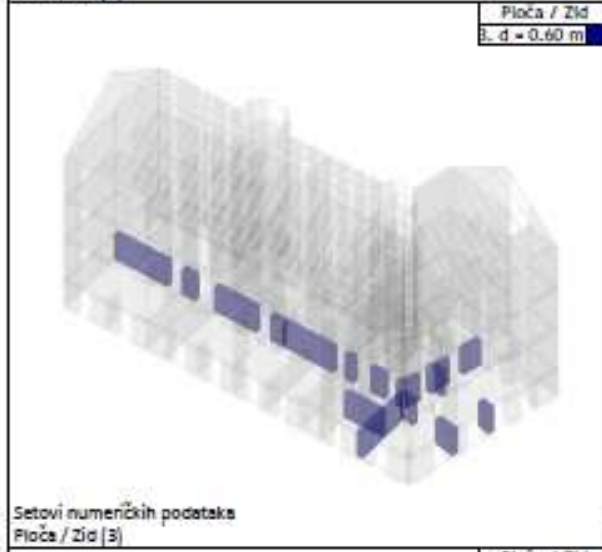
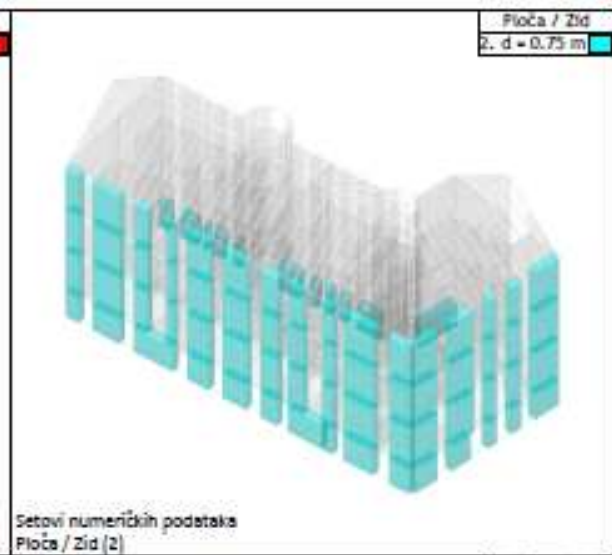
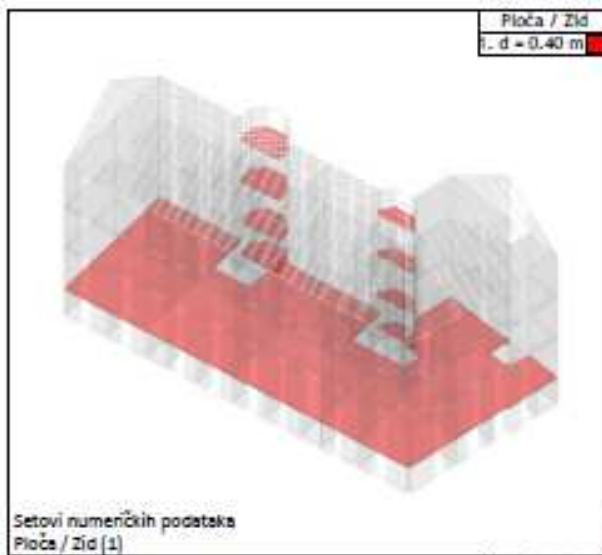
10.2. SEIZMIČKI PRORAČUN MODELA

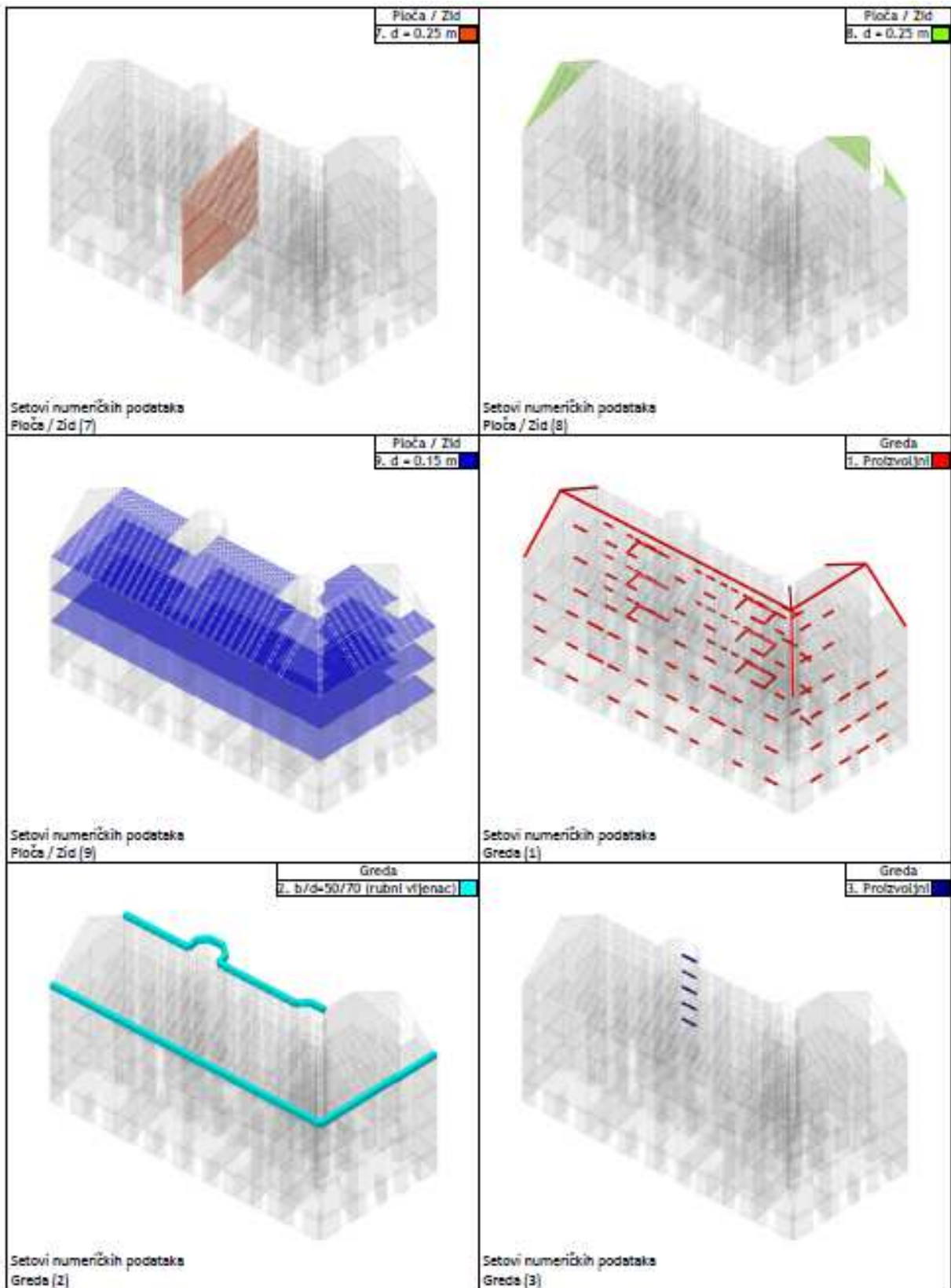
U nastavku je kratki izvještaj iz Towera i osnovni podaci proračuna za stanje objekta prije potresa, te za saniranu i ojačanu konstrukciju.

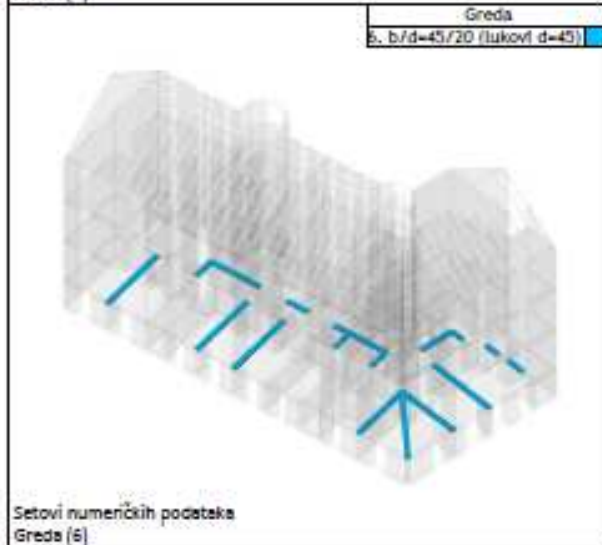
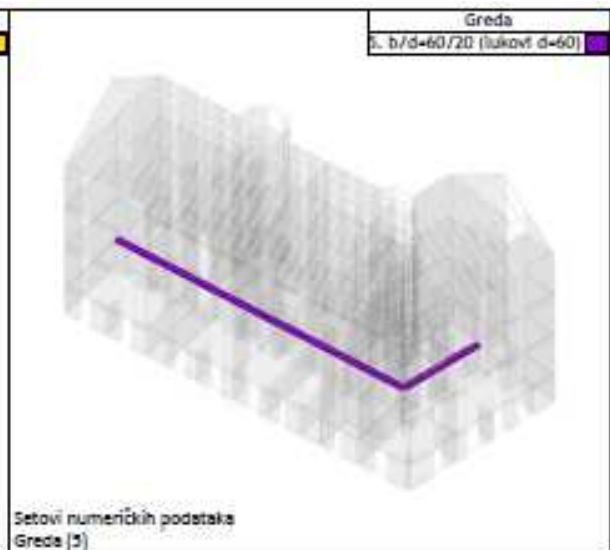
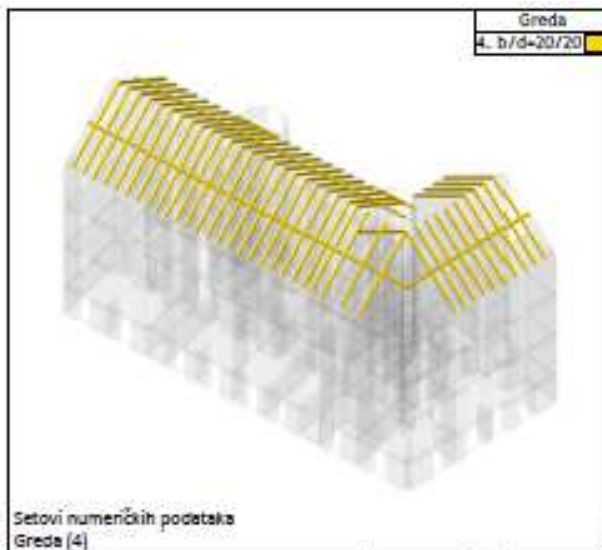
ULAZNI PODACI - KONSTRUKCIJA



Slika 39. Izometrija stambene zgrade



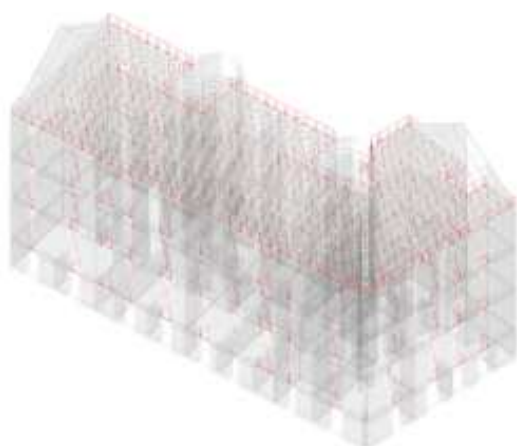




ULAZNI PODACI – OPTEREĆENJE

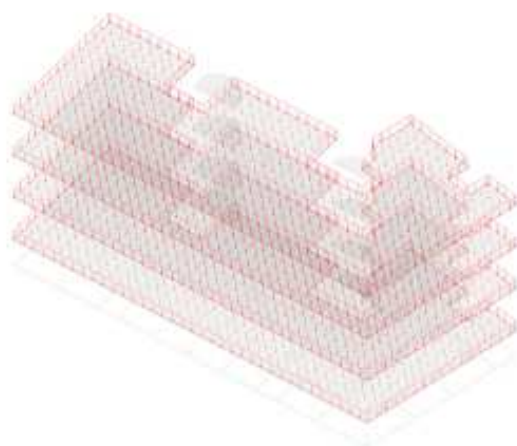
| Lista slučajeva opterećenja | | | | |
|-----------------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| LC | Naziv | p_x [kN] | p_y [kN] | p_z [kN] |
| 1 | Stalno opterećenje (g) | -151.44 | 92.25 | -33466.4 |
| 2 | Korisno opterećenje | -50.48 | 30.75 | -3622.41 |
| 3 | S_x | | | |
| 4 | S_y | | | |

Opt. 1: Stalno opterećenje (g) Površinsko opterećenje
t. p=-5.00 kN/m²



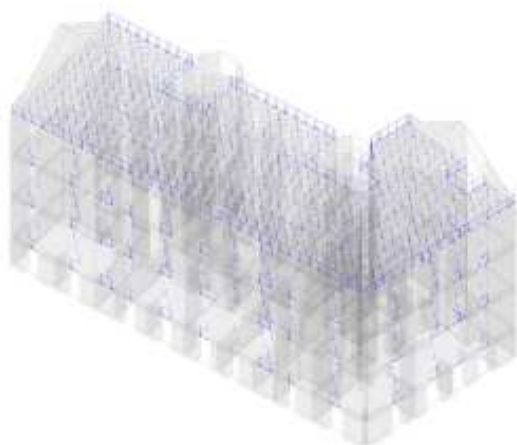
Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (1)

Opt. 1: Stalno opterećenje (g) Površinsko opterećenje
t. p=-5.00 kN/m²



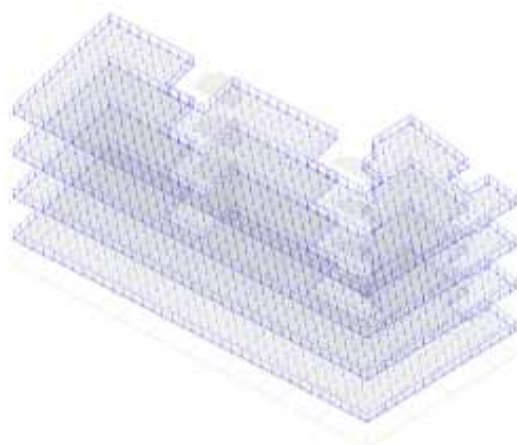
Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (1)

Opt. 2: Korisno opterećenje Površinsko opterećenje
z. p=-2.00 kN/m²



Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (2)

Opt. 2: Korisno opterećenje Površinsko opterećenje
z. p=-2.00 kN/m²



Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (2)

MODALNA ANALIZA

Napredne opcije seizmičkog proračuna:

Mase grupirane u nivoima izabranih ploča

Sudjelovanje zidova: $6.000 \cdot d$

Spriječeno osciliranje u Z pravcu

| Faktori opterećenja za proračun masa | | |
|--------------------------------------|------------------------|-------------|
| No | Naziv | Koeficijent |
| 1 | Stalno opterećenje (g) | 1.00 |
| 2 | Korisno opterećenje | 0.00 |

| Raspored masa po visini objekta | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|----------|------------------|
| Nivo | Z [m] | X [m] | Y [m] | Masa [T] | T/m ² |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 17.6 | 6.54 | 775.4 | 1.92 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 17.9 | 6.64 | 741.9 | 1.84 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 17.9 | 6.65 | 739.1 | 1.83 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 18.0 | 6.63 | 1156.0 | 2.87 |
| Ukupno: | 8.33 | 17.9 | 6.62 | 3412.6 | |

| Položaj centara krutosti po visini objekta (točna metoda) | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Nivo | Z [m] | X [m] | Y [m] |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 16.8 | 7.98 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 17.2 | 8.37 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 17.8 | 8.24 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 18.7 | 7.82 |

| A | | | |
|-----------------|-------|---------------------|---------------------|
| Nivo | Z [m] | e _{ox} [m] | e _{oy} [m] |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.77 | 1.44 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 0.71 | 1.73 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 0.06 | 1.59 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 0.67 | 1.19 |

| Periodi osciliranja konstrukcije | | |
|----------------------------------|--------|---------|
| No | T [s] | f [Hz] |
| 1 | 0.3814 | 2.6216 |
| 2 | 0.2732 | 3.6607 |
| 3 | 0.2606 | 3.8376 |
| 4 | 0.2547 | 3.9261 |
| 5 | 0.1579 | 6.3334 |
| 6 | 0.1514 | 6.6056 |
| 7 | 0.1403 | 7.1258 |
| 8 | 0.1391 | 7.1880 |
| 9 | 0.1189 | 8.4121 |
| 10 | 0.1177 | 8.4986 |
| 11 | 0.1110 | 9.0067 |
| 12 | 0.1039 | 9.6237 |
| 13 | 0.0980 | 10.2089 |
| 14 | 0.0921 | 10.8594 |
| 15 | 0.0913 | 10.9565 |

| No | T [s] | f [Hz] |
|----|--------|---------|
| 16 | 0.0862 | 11.6046 |
| 17 | 0.0810 | 12.3422 |
| 18 | 0.0798 | 12.5268 |
| 19 | 0.0783 | 12.7651 |
| 20 | 0.0778 | 12.8608 |
| 21 | 0.0758 | 13.1885 |
| 22 | 0.0713 | 14.0200 |
| 23 | 0.0652 | 15.3310 |
| 24 | 0.0646 | 15.4809 |
| 25 | 0.0642 | 15.5867 |
| 26 | 0.0608 | 16.4562 |
| 27 | 0.0581 | 17.2119 |
| 28 | 0.0576 | 17.3741 |
| 29 | 0.0519 | 19.2812 |
| 30 | 0.0507 | 19.7198 |

| Pravilnost utloctu | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Z [m] | e _{ox} [m] | e _{oy} [m] | r _x [m] | r _y [m] | l _s [m] | e _{ox} ≤ 0.3r _x | e _{oy} ≤ 0.3r _y | r _x > l _s | r _y > l _s |
| 15.5 | 0.77 | 1.44 | 11.7 | 16.3 | 11.3 | Da | Da | Da | Da |
| 11.2 | 0.71 | 1.73 | 11.2 | 16.3 | 11.4 | Da | Da | Ne | Da |
| 6.90 | 0.06 | 1.59 | 10.8 | 15.1 | 11.4 | Da | Da | Ne | Da |
| 2.60 | 0.67 | 1.19 | 9.67 | 11.0 | 11.0 | Da | Da | Ne | Ne |

SEIZMIČKI PRORAČUN

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

| | |
|------------------------|----------------------|
| Razred tla: | B |
| Razred važnosti: | III ($\gamma=1.2$) |
| Odnos a_g/g : | 0.25 |
| Koeficijent prigušenja | 0.05 |

Faktori pravca potresa:

| Slučaj opterećenja | Kut α [°] | k, α | $k, \alpha+90^\circ$ | k_z | Faktor P. |
|--------------------|------------------|-------------|----------------------|-------|-----------|
| Sx | 0 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.667* |
| Sy | 90 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.667* |

Tip spektra

| Slučaj opterećenja | S | Tb | Tc | Td | avg/ a_g |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| Sx | 1.000 | 0.150 | 0.400 | 2.000 | 1.000 |
| Sy | 1.000 | 0.150 | 0.400 | 2.000 | 1.000 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Sx

Konstrukcija pravilna po visini, Duktilni sustavi nepovezanih zidova (Ostalo - $\alpha_u/\alpha_1=1$),

Klasa duktilnosti DCH:

$$q_0=4\alpha_u/\alpha_1=4.00$$

Sustav zidova, dvojni sustav s dominantnim zidovima i sustav s jezgrom: $\alpha_0=1.00$, $k_w=0.67$.

Faktor ponašanja: $q=q_0 \cdot k_w=2.67$

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 2690. | 113.0 | 0.13 | 24.9 | -212.8 | -3.1 | -0.4 | -3.6 | -0.0 |
| nivo 2. kata | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 11.2 | 1854. | 84.1 | -3.3 | 14.2 | -142.2 | -2.6 | 0.29 | -2.3 | -0.0 |
| nivo 1. kata | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 6.90 | 876.6 | 40.6 | -3.1 | 6.33 | -69.0 | -1.9 | 0.14 | -1.2 | -0.0 |
| nivo prizemlja | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 2.60 | 147.6 | 8.24 | -0.4 | 0.77 | -18.0 | -0.6 | 0.05 | -0.3 | -0.0 |
| nivo temelja | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Σ | 5569. | 245.9 | -6.8 | 46.3 | -442.2 | -8.4 | 0.06 | -7.5 | -0.1 |

| 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] |
| sljeme | 19.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.50 | 23.59 | 102.25 | 1.06 | 0.57 | -0.04 | 0.03 | -10.35 | -0.28 | -0.02 |
| nivo 2. kata | 13.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 11.20 | 32.65 | 65.36 | 0.95 | -4.69 | 0.02 | 0.03 | 6.86 | 0.00 | 0.04 |
| nivo 1. kata | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 6.90 | 15.27 | 35.38 | 0.79 | 9.77 | 0.12 | 0.02 | 10.86 | 0.05 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 2.60 | 1.48 | 11.37 | 0.27 | 0.47 | 0.06 | 0.00 | 0.80 | -0.01 | -0.00 |
| nivo temelja | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Σ | 72.99 | 214.36 | 3.06 | 6.12 | 0.16 | 0.08 | 8.18 | -0.24 | 0.02 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -0.9 | -0.1 | 0.04 | -22.2 | -0.4 | 0.10 | -71.6 | -2.0 | 0.04 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -5.6 | -0.0 | 0.05 | 16.2 | 0.34 | 0.14 | 63.7 | 0.65 | 0.45 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 15.9 | 0.04 | 0.03 | 22.4 | 0.49 | 0.05 | 86.8 | 2.09 | 0.14 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 1.80 | 0.08 | 0.01 | 3.52 | 0.36 | 0.01 | 25.4 | 0.74 | -0.0 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 11.0 | -0.1 | 0.13 | 19.9 | 0.74 | 0.30 | 104.2 | 1.42 | 0.62 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -16.3 | -0.8 | -0.0 | -642.2 | -30.6 | 0.09 | 2.29 | 0.12 | 0.01 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 13.8 | 0.92 | 0.03 | 463.5 | 23.7 | 3.79 | -2.0 | -0.1 | -0.0 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 19.6 | 1.29 | -0.0 | 846.3 | 40.9 | 1.22 | -2.7 | -0.1 | 0.01 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 5.85 | 0.58 | -0.0 | 272.7 | 18.1 | 0.11 | 3.45 | -0.0 | 0.01 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 23.0 | 1.91 | -0.0 | 940.5 | 52.1 | 5.21 | 0.93 | -0.2 | 0.02 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -7.4 | 4.73 | -0.2 | -4.4 | -1.7 | -0.1 | 0.81 | -0.0 | 0.01 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 8.53 | -4.3 | 0.24 | 2.71 | 1.47 | -0.0 | -1.4 | 0.00 | 0.00 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 14.1 | -7.0 | 0.25 | 6.74 | 2.43 | -0.0 | 0.65 | 0.01 | 0.00 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 4.20 | -5.2 | -0.0 | 3.49 | 1.24 | 0.00 | 0.19 | 0.03 | 0.00 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 19.4 | -11.9 | 0.23 | 8.51 | 3.43 | -0.2 | 0.22 | 0.03 | 0.01 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 4.07 | -0.1 | 0.14 | -0.2 | -6.5 | -0.2 | 0.17 | -5.1 | -0.2 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -5.7 | -0.2 | 0.10 | 0.30 | 4.58 | -0.1 | -0.3 | 3.75 | -0.1 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -2.6 | 0.08 | 0.10 | 0.28 | 8.75 | -0.0 | 0.15 | 7.04 | -0.0 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 22.4 | 0.50 | 0.05 | -0.1 | 4.40 | 0.05 | 0.55 | 3.48 | 0.04 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 18.2 | 0.18 | 0.40 | 0.13 | 11.1 | -0.3 | 0.56 | 9.11 | -0.4 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -11.8 | 27.1 | 2.71 | 2.36 | -0.3 | -0.0 | 0.80 | -0.5 | -0.0 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 11.0 | -21.6 | 1.58 | -4.6 | 0.25 | -0.0 | -1.1 | 0.38 | -0.0 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 13.2 | -38.2 | 0.57 | 2.73 | 0.84 | -0.0 | -0.1 | 0.72 | -0.0 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | -2.3 | -17.3 | -0.1 | 1.34 | 0.36 | 0.01 | 1.68 | 0.38 | 0.01 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 10.1 | -50.0 | 4.74 | 1.82 | 1.07 | -0.0 | 1.13 | 0.98 | -0.0 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.26 | 0.05 | 0.03 | 216.7 | 4.93 | 9.88 | 26.7 | 7.31 | -6.4 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -0.4 | -0.0 | 0.02 | -489.8 | -17.8 | 0.43 | -68.0 | 1.98 | 2.09 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -0.1 | -0.0 | 0.02 | 371.0 | 15.0 | 2.20 | 62.7 | -17.9 | 1.39 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 3.61 | 0.18 | 0.01 | 294.2 | 28.6 | 1.14 | 49.6 | -16.4 | 0.41 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 3.28 | 0.12 | 0.07 | 392.1 | 30.8 | 13.6 | 71.1 | -25.0 | -2.5 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -4.9 | 1.74 | 0.14 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.57 | -0.0 | 0.61 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 4.38 | 2.05 | -1.8 | 0.00 | 0.00 | -0.0 | -1.6 | 0.50 | 0.25 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 6.15 | -2.5 | -0.8 | -0.0 | 0.00 | -0.0 | 0.80 | -1.6 | 0.17 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 6.53 | -7.1 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 1.73 | -3.6 | 0.14 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 12.0 | -5.9 | -2.6 | 0.00 | 0.00 | -0.0 | 1.47 | -4.8 | 1.16 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -0.0 | -0.0 | 0.02 | 0.01 | -0.0 | -0.0 | -60.9 | 0.84 | -4.8 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -0.0 | 0.04 | -0.0 | -0.0 | 0.03 | 0.00 | 179.2 | -10.9 | -1.1 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 0.04 | -0.0 | 0.00 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -300.0 | 2.84 | 2.89 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | -0.0 | -0.2 | 0.01 | 0.02 | -0.0 | 0.00 | 1009. | 39.1 | 5.42 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 0.01 | -0.2 | 0.03 | 0.01 | -0.0 | 0.00 | 827.4 | 31.8 | 2.35 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Sy

Konstrukcija pravilna po visini, Duktilni sustavi nepovezanih zidova (Ostalo - $\alpha u/\alpha 1=1$),

Klasa duktilnosti DCH:

$$q_0=4\alpha u/\alpha 1=4.00$$

Sustav zidova, dvojni sustav s dominantnim zidovima i sustav s jezgrom: $\alpha_0=1.00$, $k_w=0.67$.

$$\text{Faktor ponašanja: } q=q_0 \cdot k_w=2.67$$

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 118.8 | 4.99 | 0.01 | -238.3 | 2033. | 30.3 | 51.5 | 446.4 | 5.51 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 81.9 | 3.71 | -0.1 | -136.0 | 1358. | 25.2 | -35.0 | 288.9 | 4.79 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 38.7 | 1.79 | -0.1 | -60.4 | 659.7 | 18.7 | -17.7 | 149.8 | 3.87 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 6.52 | 0.36 | -0.0 | -7.3 | 172.3 | 6.39 | -6.4 | 44.9 | 1.29 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 245.9 | 10.8 | -0.3 | -442.2 | 4223. | 80.7 | -7.5 | 930.1 | 15.4 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 69.2 | 300.3 | 3.11 | 0.02 | -0.0 | 0.00 | 0.30 | 0.01 | 0.00 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 95.9 | 191.9 | 2.78 | -0.1 | 0.00 | 0.00 | -0.2 | -0.0 | -0.0 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 44.8 | 103.9 | 2.31 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | -0.3 | -0.0 | -0.0 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 4.33 | 33.4 | 0.79 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | -0.0 | 0.00 | 0.00 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 214.3 | 629.5 | 8.98 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | -0.2 | 0.01 | -0.0 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.01 | 0.00 | -0.0 | -0.8 | -0.0 | 0.00 | -0.9 | -0.0 | 0.00 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 0.06 | 0.00 | -0.0 | 0.60 | 0.01 | 0.01 | 0.87 | 0.01 | 0.01 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | 0.83 | 0.02 | 0.00 | 1.18 | 0.03 | 0.00 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.13 | 0.01 | 0.00 | 0.35 | 0.01 | -0.0 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | -0.1 | 0.00 | -0.0 | 0.74 | 0.03 | 0.01 | 1.42 | 0.02 | 0.01 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | -1.3 | -0.0 | -0.0 | -35.5 | -1.7 | 0.00 | -0.5 | -0.0 | -0.0 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 1.14 | 0.08 | 0.00 | 25.6 | 1.31 | 0.21 | 0.52 | 0.03 | 0.00 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | 1.63 | 0.11 | -0.0 | 46.9 | 2.27 | 0.07 | 0.68 | 0.04 | -0.0 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 0.48 | 0.05 | -0.0 | 15.1 | 1.00 | 0.01 | -0.8 | 0.01 | -0.0 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 1.91 | 0.16 | -0.0 | 52.1 | 2.89 | 0.29 | -0.2 | 0.06 | -0.0 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 4.59 | -2.9 | 0.15 | -1.7 | -0.6 | -0.0 | 0.12 | -0.0 | 0.00 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -5.2 | 2.68 | -0.1 | 1.09 | 0.59 | -0.0 | -0.2 | 0.00 | 0.00 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -8.7 | 4.31 | -0.1 | 2.72 | 0.98 | -0.0 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | -2.5 | 3.25 | 0.01 | 1.41 | 0.50 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | -11.9 | 7.33 | -0.1 | 3.43 | 1.38 | -0.0 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.04 | -0.0 | 0.00 | -25.2 | -564.1 | -20.9 | 2.75 | -83.7 | -4.6 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -0.0 | -0.0 | 0.00 | 25.7 | 393.3 | -12.1 | -4.9 | 60.9 | -2.6 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -0.0 | 0.00 | 0.00 | 23.6 | 751.2 | -1.9 | 2.37 | 114.3 | -0.6 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | -12.9 | 377.8 | 4.71 | 8.95 | 56.4 | 0.58 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 11.1 | 958.3 | -30.2 | 9.11 | 147.9 | -7.3 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 58.3 | -134.0 | -13.4 | 1.38 | -0.2 | -0.0 | 0.68 | -0.4 | -0.0 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -54.8 | 106.9 | -7.8 | -2.7 | 0.14 | -0.0 | -1.0 | 0.33 | -0.0 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -65.2 | 189.0 | -2.8 | 1.60 | 0.49 | -0.0 | -0.1 | 0.62 | -0.0 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 11.6 | 85.6 | 0.61 | 0.79 | 0.21 | 0.00 | 1.44 | 0.33 | 0.00 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | -50.0 | 247.6 | -23.4 | 1.07 | 0.62 | -0.0 | 0.98 | 0.84 | -0.0 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 17.0 | 0.39 | 0.78 | -9.4 | -2.5 | 2.27 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -0.0 | -0.0 | 0.00 | -38.5 | -1.4 | 0.03 | 24.0 | -0.7 | -0.7 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -0.0 | -0.0 | 0.00 | 29.1 | 1.19 | 0.17 | -22.1 | 6.33 | -0.4 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 0.13 | 0.01 | 0.00 | 23.1 | 2.26 | 0.09 | -17.5 | 5.79 | -0.1 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 30.8 | 2.43 | 1.07 | -25.0 | 8.85 | 0.90 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 2.45 | -0.8 | -0.0 | -0.6 | -0.2 | -0.2 | -1.8 | 0.06 | -2.0 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | -2.1 | -1.0 | 0.89 | 1.04 | 0.65 | -0.1 | 5.36 | -1.6 | -0.8 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -3.0 | 1.25 | 0.40 | -0.1 | 0.18 | -0.0 | -2.6 | 5.58 | -0.5 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | -3.2 | 3.53 | 0.08 | -0.2 | -0.2 | -0.0 | -5.7 | 12.0 | -0.4 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | -5.9 | 2.91 | 1.31 | 0.00 | 0.38 | -0.5 | -4.8 | 16.0 | -3.8 |

| 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] |
| sljeme | 19.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 17.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo potkrovlja | 15.5 | 0.41 | 0.03 | -0.5 | -0.0 | 0.04 | 0.00 | -2.3 | 0.03 | -0.1 |
| | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 2. kata | 11.2 | 0.25 | -1.2 | 0.04 | 0.05 | -0.1 | -0.0 | 6.91 | -0.4 | -0.0 |
| | 9.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo 1. kata | 6.90 | -1.0 | 2.11 | -0.0 | 0.10 | 0.20 | 0.00 | -11.5 | 0.11 | 0.11 |
| | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo prizemlja | 2.60 | 0.10 | 7.22 | -0.2 | -0.1 | 0.29 | -0.0 | 38.8 | 1.51 | 0.21 |
| | 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nivo temelja | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | □= | -0.2 | 8.13 | -0.8 | -0.0 | 0.34 | -0.0 | 31.8 | 1.23 | 0.09 |

Faktori participacije - Relativno učešće

| Ton \ Naziv | 1. Sx | 2. Sy |
|-------------|-------|-------|
| 1 | 0.68 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 0.58 |
| 3 | 0.00 | 0.12 |

Faktori participacije - Relativno učešće

| Ton \ Naziv | 1. Sx | 2. Sy |
|-------------|-------|-------|
| 4 | 0.00 | 0.08 |
| 5 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.01 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.11 | 0.00 |
| 12 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 0.13 |
| 18 | 0.00 | 0.02 |
| 19 | 0.00 | 0.03 |
| 20 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 0.04 | 0.00 |
| 24 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 0.10 | 0.00 |

| Faktori participacije - Sudjelujuće mase | | |
|--|------------------------|-------------------------|
| Ton | U [$\alpha=0^\circ$] | U [$\alpha=90^\circ$] |
| 1 | 59.22 | 0.12 |
| 2 | 0.50 | 45.56 |
| 3 | 0.00 | 9.92 |
| 4 | 0.78 | 6.75 |
| 5 | 0.06 | 0.00 |
| 6 | 0.09 | 0.00 |
| 7 | 0.12 | 0.00 |
| 8 | 0.22 | 0.00 |
| 9 | 1.18 | 0.00 |
| 10 | 0.26 | 0.00 |
| 11 | 10.95 | 0.03 |
| 12 | 0.01 | 0.00 |
| 13 | 0.23 | 0.09 |
| 14 | 0.10 | 0.02 |
| 15 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 0.22 | 0.00 |
| Ton | U [$\alpha=0^\circ$] | U [$\alpha=90^\circ$] |
| 17 | 0.00 | 12.57 |
| 18 | 0.01 | 1.82 |
| 19 | 0.13 | 3.21 |
| 20 | 0.02 | 0.01 |
| 21 | 0.01 | 0.01 |
| 22 | 0.04 | 0.00 |
| 23 | 5.26 | 0.03 |
| 24 | 1.21 | 0.15 |
| 25 | 0.17 | 0.04 |
| 26 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 0.02 | 0.21 |
| 28 | 0.00 | 0.11 |
| 29 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 10.93 | 0.02 |
| ΣU (%) | 91.75 | 80.68 |

| Poprečne sile u tlocrtu | | |
|-------------------------|------------------|----------|
| Slučaj opterećenja | Kut α [°] | VtB [kN] |
| Sx | 0 | 5816.60 |
| Sy | 90 | 5777.92 |

10.3. ANALIZA PREMA SMJERNICAMA IZ DODATKA 3, HRN EN 1998-3

| A. ULAZNI PODACI | | |
|--|---|--|
| KONSTRUKTIVNI SUSTAV | | |
| Vrsta sustava | Nepovezani zidovi | |
| Pravilnost | Zadovoljavajuća pravilnost tlocrtna, ali ne i po visini. | |
| TEMELJENJE, TEMELJNO TLO | | |
| TIP TEMELJENJA | Plitko temeljenje sustavom temeljnih traka. | |
| UVJETI TLA | Kategorija tla "B" | |
| GEOMETRIJSKE I MEHANIČKE KARAKTERISTIKE ELEMENATA KONSTRUKCIJE | | |
| ELEMENT KONSTRUKCIJE | MATERIJAL | GEOMETRIJA |
| ZIDOVI | Puna opeka u produžnom mortu | Debljina: $d = 25-70$ cm Visina zida: $h_{(Su, Pr, 1, 4)} = 22.5$ |
| MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA IZNAD PODRUMA | SVODOVI | Debljina ploče: $d = 40$ cm |
| MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE | Drvene međukatne konstrukcije – drvene grede | Presjek: $b/h = 20/24$ cm Udaljenost greda: $a = 70-90$ cm Raspon: $l = 6$ m |
| MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA IZNAD 2. KATA | Drvene međukatne konstrukcije – poluobljice + dograđena konstrukcija „Bijeli strop“ | Presjek: $h = 18$ cm + 15 cm Raspon: $l = 6$ m |
| KOSA KROVNA KONSTRUKCIJA | drvena konstrukcija | Presjek: $b/h = 20/24$ cm Udaljenost greda: $a = 70-90$ cm Raspon: $l = 5$ m |
| NADVOJI I GREDE | opeka | Presjek (prosječno): $b/h = 60/130$ cm |
| PREGRADE | opeka | Širina zida: $d = 15$ cm |
| UPORABA ZGRADE | | |
| KATEGORIJA VAŽNOSTI – II | | |
| UPORABNA DJELOVANJA | | |
| Prema EC0. | | |
| UTVRĐIVANJE OŠTEĆENJA I DEFORMACIJA | | |
| Sva uočena oštećenja na zidovima su stupnja D3 i D4. | | |

- Najveća oštećenja koja su se dogodila na nosivoj konstrukciji su na zidovima stubišta, te nadvojima unutar nosivih zidova. Pukotine su značajnih dimenzija i prostiru se u punoj širini zida.
- Na svim ostalim nosivim zidovima bez izuzetka se mogu uočiti veća i manja oštećenja nadvoja, spojeva s međukatnim konstrukcijama i pregradnim zidovima
- Na većem dijelu objekta su vidljive pukotine na spoju nosivih i pregradnih zidova sa stropnim konstrukcijama.
- Svi pregradni zidovi su doživjeli odvajanje od međukatnih konstrukcija.

| B. DEFINIRANJE RAZINE ZNANJA | |
|--|---|
| PODACI ZA DEFINIRANJE RAZINE ZNANJA | |
| GEOMETRIJSKI FAKTORI | Definirani vizualnim snimkom. |
| POJEDINOSTI | Iz pregleda „in situ“. |
| □□ RAZINA ZNANJA: RZ1 (OGRANIČENO ZNANJE) | |
| DOZVOLJENE METODA PRORAČUNA | |
| MBS-MMSO | MBS-metoda bočnih sila MMSO – metoda modalnog spektra odziva |
| FAKTOR POVJERENJA | |
| FP | Preporučena vrijednost: $FP_{RZ1} = 1.35$ |

| C. PROVJERE SIGURNOSTI | | |
|-------------------------------|---|---|
| ODABRANA METODA | MMSO – Metoda modalnog spektra odziva | |
| POSEBNI UVJETI | Koristiti srednje vrijednosti svojstava materijala. Elemente konstrukcije grupirati u "krhke" i "duktilne" elemente. | |
| DUKTILNI ELEMENTI | ZAHTJEV D | SPOSOBNOST C |
| | iz proračuna, sa srednjim vrijednostima svojstava materijala | iz deformacija, sa srednjim vrijednostima svojstava podijeljenim s FP_{RZ2} |

ANALIZA REZULTATA OSNOVNOG MODELA

$f_{vk,0} = 0,1 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_M = 1,5$
 mort: vapneni

| SJEVER- JUG | duljina | širina | NEd | MEd | VEd | Lc | σ_d | f vk | VRd | VRd / VEd |
|----------------|---------|--------|------|-------|------|--------|-----------------------|-----------------------|--------|--------------|
| | (cm) | (cm) | (kN) | (kNm) | (kN) | (cm) | (kN/cm ²) | (kN/cm ²) | (kN) | (%) |
| ZX1a | 550 | 64 | 1096 | 1266 | 734 | 478,47 | 0,0358 | 0,0243 | 496,41 | 67,63% |
| ZX1b | 420 | 64 | 1686 | 465 | 706 | 420,00 | 0,0627 | 0,0351 | 628,80 | 89,07% |
| ZX1c | 530 | 64 | 2095 | 1366 | 994 | 530,00 | 0,0618 | 0,0347 | 784,80 | 78,95% |
| ZX2b | 400 | 51 | 320 | 172 | 315 | 400,00 | 0,0157 | 0,0163 | 221,33 | 70,26% |
| ZX3 | 650 | 38 | 1110 | 108 | 358 | 650,00 | 0,0449 | 0,0280 | 460,67 | 128,68% |
| ZX4b | 420 | 38 | 760 | 167 | 210 | 420,00 | 0,0476 | 0,0290 | 309,07 | 147,17% |
| ZX5 a | 530 | 38 | 905 | 402 | 340 | 530,00 | 0,0449 | 0,0280 | 375,60 | 110,47% |
| ZX5 b | 550 | 38 | 818 | 690 | 594 | 550,00 | 0,0391 | 0,0257 | 357,47 | 60,18% |
| ZX6 | 460 | 64 | 552 | 62 | 362 | 460,00 | 0,0188 | 0,0175 | 343,47 | 94,88% |
| ZX7 | 200 | 51 | 321 | | 291 | 200,00 | 0,0315 | 0,0226 | 153,60 | 52,78% |
| ZX8 | 330 | 51 | 495 | | 225 | 330,00 | 0,0294 | 0,0218 | 244,20 | 108,53% |
| ZX9 | 360 | 38 | 481 | 92 | 528 | 360,00 | 0,0352 | 0,0241 | 219,47 | 41,57% |
| | | | | | | | | | | 87,51% |

| ISTOK - | duljina | širina | NEd | MEd | VEd | Lc | σ_d | f vk | VRd | VRd / VEd |
|------------|---------|--------|------|-------|------|---------|-----------------------|-----------------------|---------|--------------|
| | (cm) | (cm) | (kN) | (kNm) | (kN) | (cm) | (kN/cm ²) | (kN/cm ²) | (kN) | (%) |
| ZY1a | 620 | 30 | 798 | 1008 | 1005 | 551,05 | 0,0483 | 0,0293 | 323,01 | 32,14% |
| ZY1b | 750 | 51 | 1435 | 359 | 1254 | 750,00 | 0,0375 | 0,0250 | 637,67 | 50,85% |
| ZY2 | 350 | 64 | 632 | 26 | 332 | 350,00 | 0,0282 | 0,0213 | 317,87 | 95,74% |
| ZY3a | 200 | 25 | 280 | 569 | 135 | -309,64 | -0,0362 | -0,0045 | 23,06 | 17,08% |
| ZY3b | 320 | 25 | 644 | 106 | 232 | 320,00 | 0,0805 | 0,0422 | 225,07 | 97,01% |
| ZY3c | 240 | 64 | 579 | 58 | 188 | 240,00 | 0,0377 | 0,0251 | 256,80 | 136,60% |
| ZY4 | 590 | 51 | 892 | 936 | 485 | 570,20 | 0,0307 | 0,0223 | 431,74 | 89,02% |
| ZY5 | 150 | 38 | 55 | 110 | 116 | -375,00 | -0,0039 | 0,0085 | -80,33 | -69,25% |
| ZY6 | 350 | 38 | 447 | 55 | 213 | 350,00 | 0,0336 | 0,0234 | 207,87 | 97,59% |
| ZY8a | 220 | 64 | 198 | | 85 | 220,00 | 0,0141 | 0,0156 | 146,67 | 172,55% |
| ZY8b | 214 | 64 | 504 | 102 | 120 | 214,00 | 0,0368 | 0,0247 | 225,71 | 188,09% |
| ZY9a | 1280 | 64 | 2296 | 605 | 1124 | 1280,00 | 0,0280 | 0,0212 | 1158,40 | 103,06% |
| ZY9b | 590 | 64 | 896 | 1080 | 601 | 523,39 | 0,0267 | 0,0207 | 462,25 | 76,91% |
| ZY10a | 150 | 64 | 487 | 140 | 142 | 138,76 | 0,0548 | 0,0319 | 189,07 | 133,15% |
| ZY10b | 150 | 64 | 536 | 48 | 231 | 150,00 | 0,0558 | 0,0323 | 206,93 | 89,58% |
| ZY11 | 580 | 38 | 792 | 213 | 428 | 580,00 | 0,0359 | 0,0244 | 358,13 | 83,68% |
| ZY12 | 580 | 38 | 1247 | 315 | 694 | 580,00 | 0,0566 | 0,0326 | 479,47 | 69,09% |
| | | | | | | | | | | 93,95% |

SREDNJA VRIJEDNOST NOSIVOSTI U ODNOSU NA 50% EN 1998:

X SMJER: 44%
Y SMJER: 47%

ZIDOVI OJAČANI FRCM

PRIMJENJENA OJAČANJA, UZ ZAHVATE SANACIJE NADVOJA I POVEĆANJE KRUTOSTI MEĐUKATNIH KONSTRUKCIJA:

- POVRŠINSKO OJAČANJE ZIDOVA ZX1, ZY1 (prethodno injektirani, dijelom prezidani)
- POVEZIVANJE ZIDOVA NA SUDARIMA (karbonska sidra i kompozitne mreže)

| | ZAHTJEV D | SPOSOBNOST C |
|----------------|--|--|
| KRHKI ELEMENTI | D/C[1 – iz proračuna D/C[3 – kontrola na vrijednost $C \cdot F_{RZ2} = C \cdot 1.20$ | iz čvrstoće, sa srednjim vrijednostima svojstava podijeljenim s F_{RZ2} i γ_m |

D. ODLUKE O ZAHVATIMA NA KONSTRUKCIJI – TEHNIČKI KRITERIJI

| | |
|-------------------------|---|
| GRUBE GREŠKE | Nisu vidljive. |
| PRAVILNOST KONSTRUKCIJE | Nije moguće poboljšavati pravilnost. |
| MJESNA DUKTILNOST | Proračunom nije pokazana potreba za lokalnim povećanjem duktilnosti. |
| GLOBALNA DUKTILNOST | Rezultati pokazuju da su računске vrijednosti sila manje od sposobnosti elementa, te je kontrola elemenata napravljena za računске vrijednosti (D), s korištenjem umanjenih svojstava materijala (prosječna svojstva podijeljena s faktorom povjerenja 1.35). |

E. PROCJENA UTJECAJA PLANIRANOG ZAHVATA

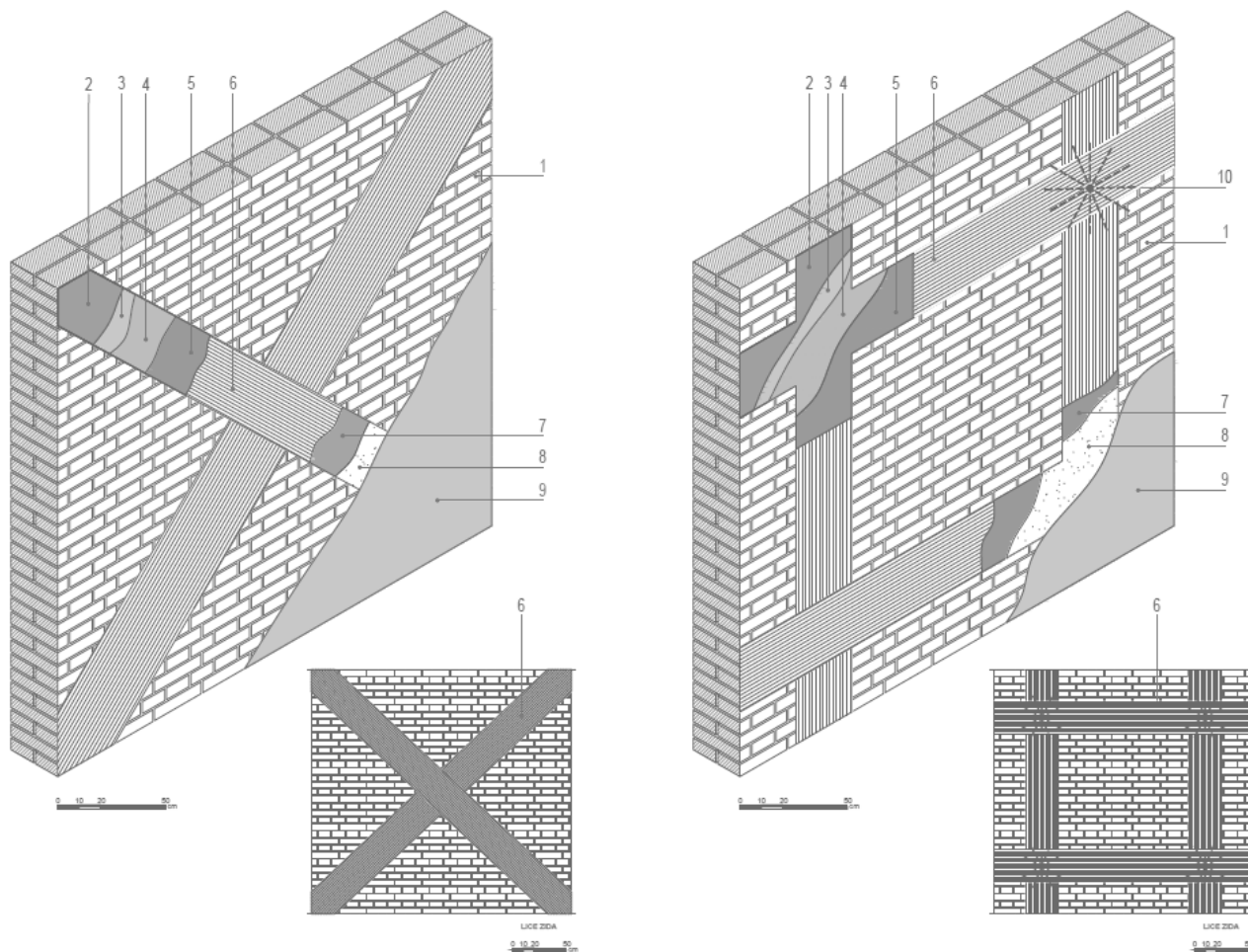
Nema dodatnog povećanja mase objekta.

Svi planirani zahvati imaju za cilj poboljšanje svojstava postojećeg objekta, što će u konačnici dovesti do povećanja seizmičke otpornosti.

11. POTREBNI ZAHVATI OBNOVE ZGRADE

U nastavku su prikazani potrebni zahvati s ciljem povećanja seizmičke otpornosti.

11.1. Ojačanje trakama i užadima od karbonskih vlakana na sudarima zidova



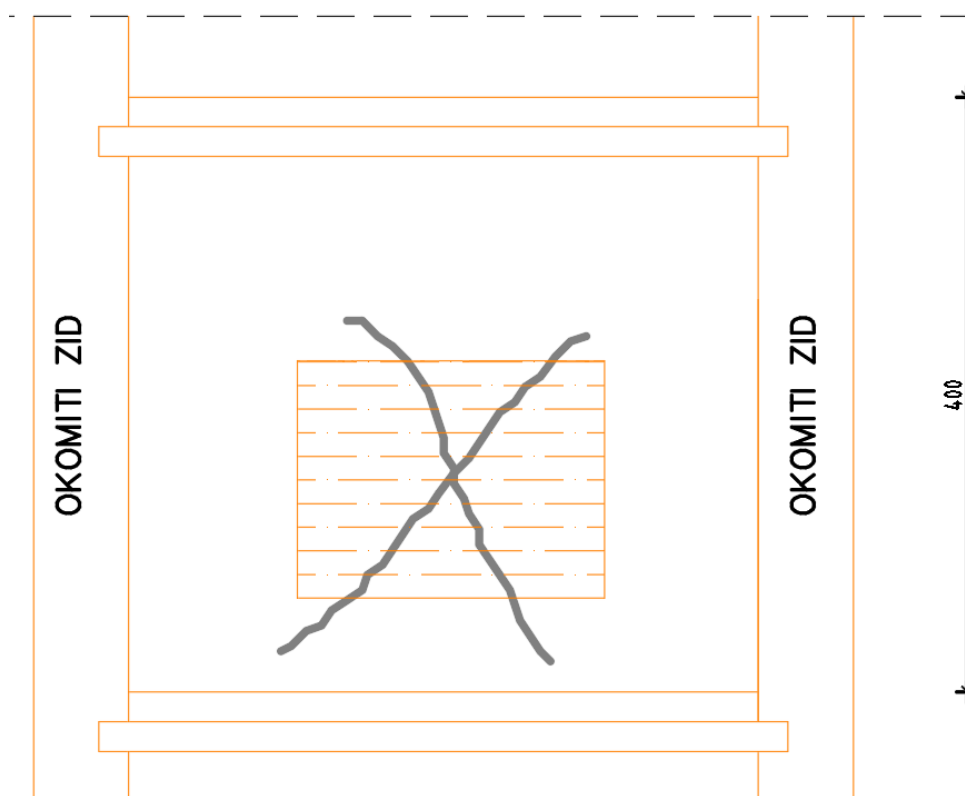
Slika 40. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA.

11.2. Površinsko ojačanje potresom bitno oštećenih zidova staklenim mrežicama, prethodno injektiranih i prezidanih dijelova

DETALJ IZVEDBE:

Korak 1: Čišćenje i prezidavanje

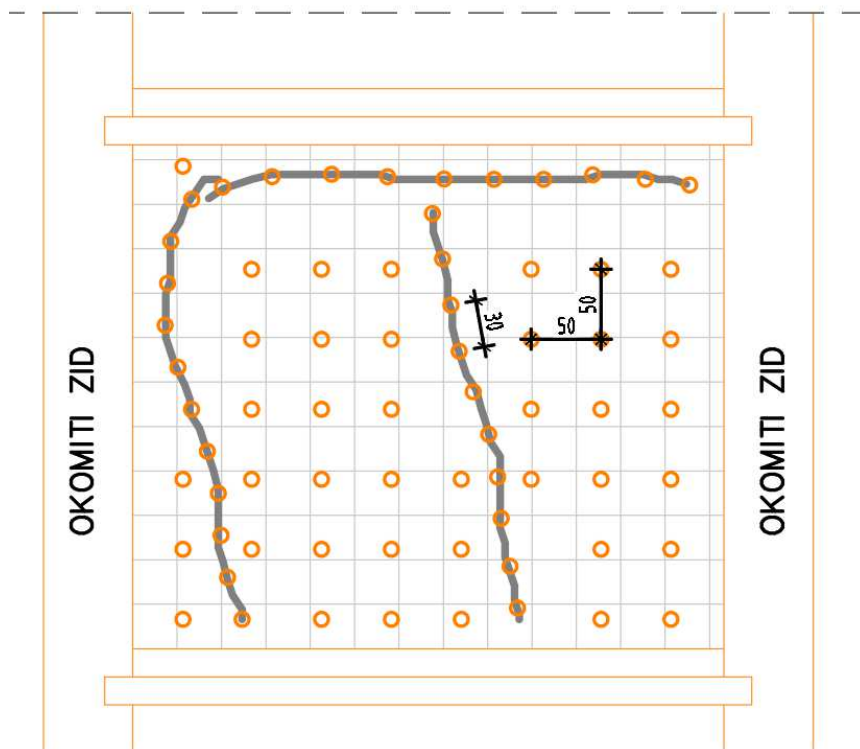
Nakon čišćenja i uklanjanja žbuke potrebno je prezidati dijelove zida s većim oštećenjima



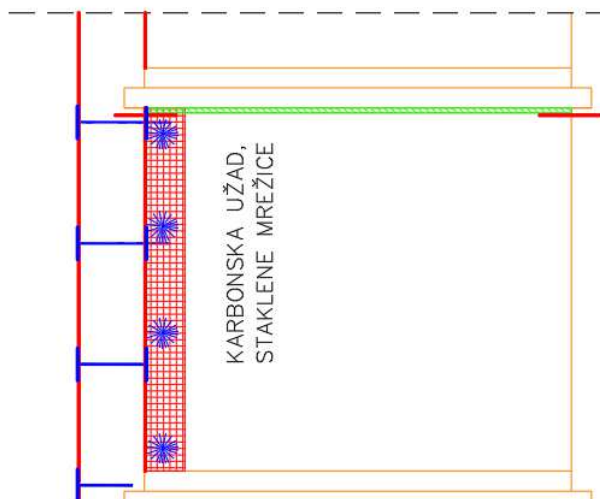
Slika 41. Pogled na zid s pukotinom

Korak 2 i 3: Injektiranje zida i ojačanje staklenim mrežicama

Potrebno je zatvoriti pukotine reparaturnim mortom, cijeli zid dredovati te se nakon toga buši otvor za injektiranje promjera minimalno 20 cm na svakih 30-50 cm po pukotini. Na ostatku površine zida koji se injektira na 50 cm/ 50 cm, postavlja se injektor minimalno \varnothing 16 cm. 24 sata prije injektiranja natopiti zid vodom ubrizgavanjem vode kroz injektore. Injektira se s bescementnom smjesom pod niskim pritiskom (1-1.5) te slijedi ugradnja mrežica u dva sloja morta. Mrežice sidriti 2 sidra/m².



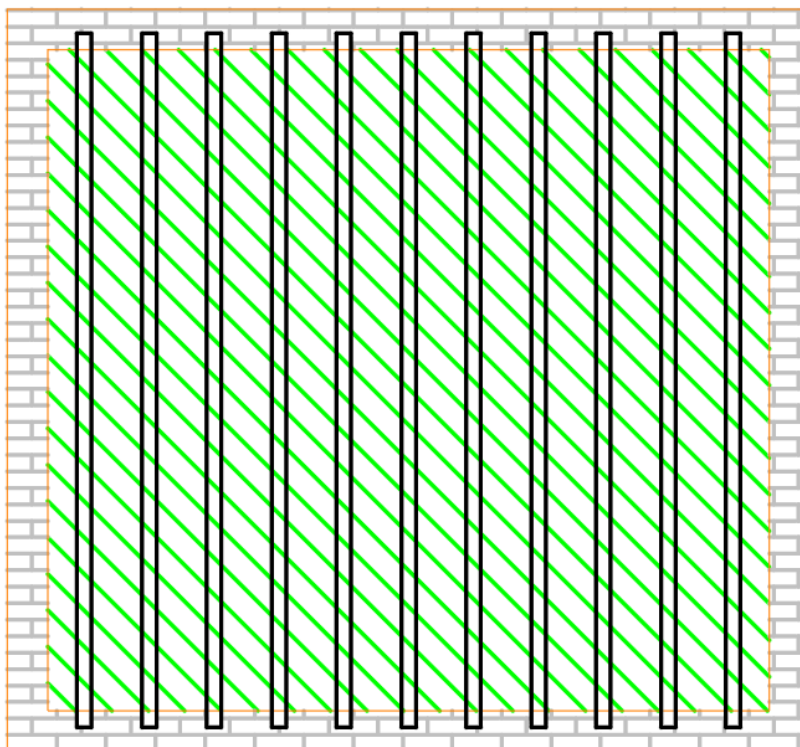
Slika 42. Prikaz injektiranja zida



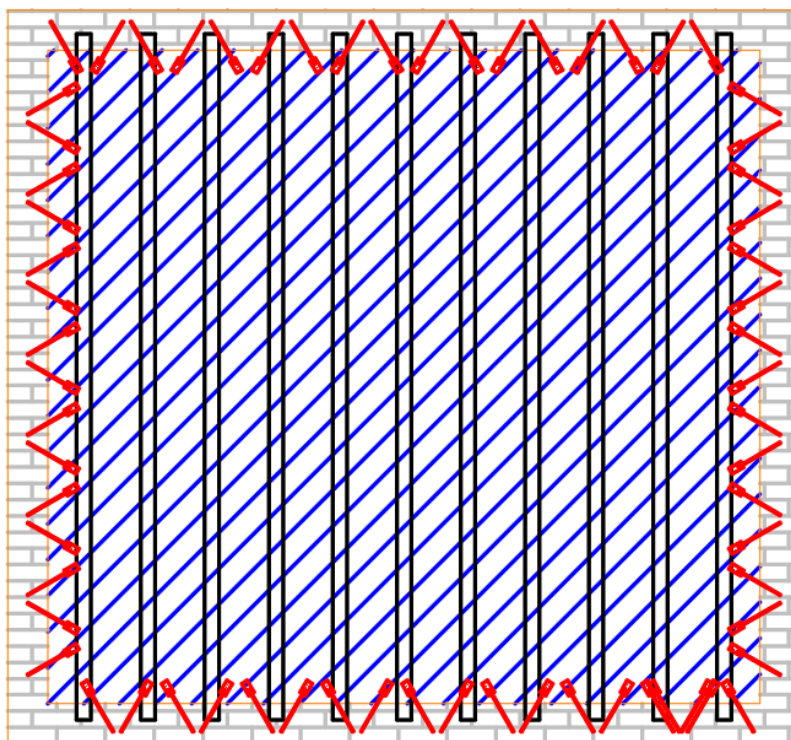
Slika 43. Presjek kroz vanjski zid

11.3. Ukruta međukatnih konstrukcija ugradnjom dvostrukog sloja dasaka s povezivanjem sa zidovima

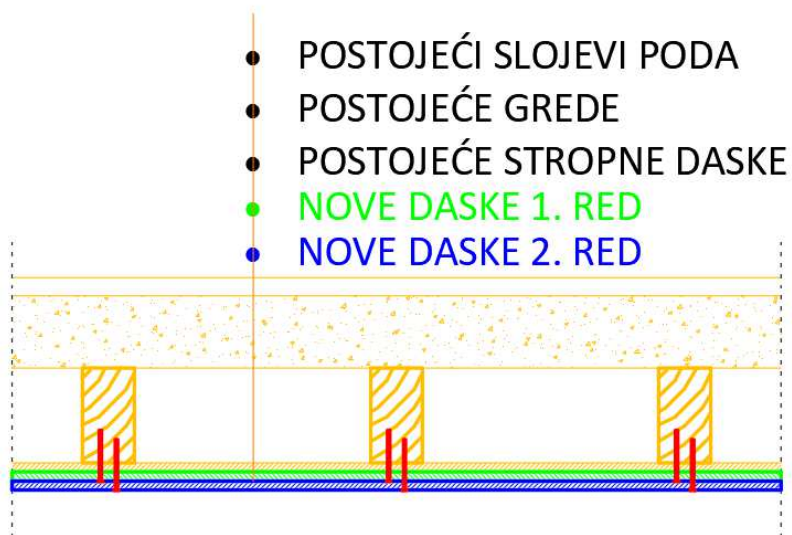
DETALJ IZVEDBE:



Slika 44. Postavljanje novih dasaka 1 red

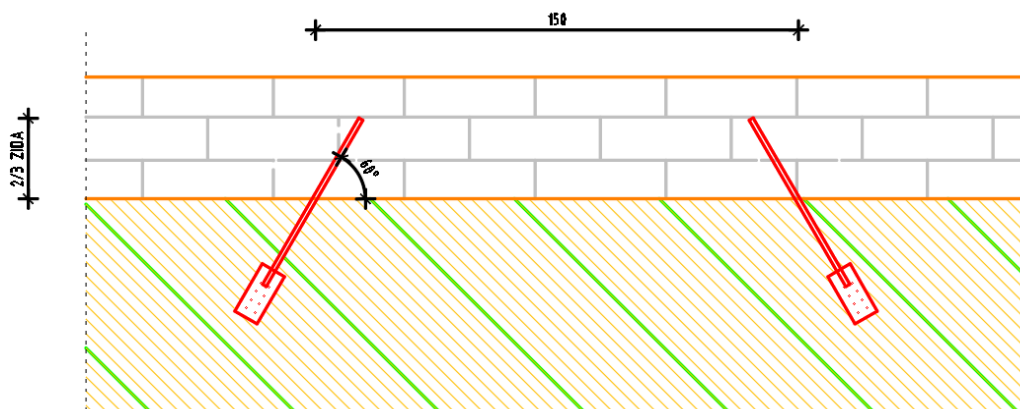


Slika 45. Postavljanje novih dasaka 2 red

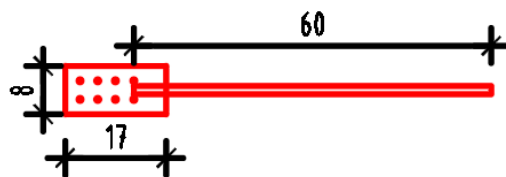


Slika 46. Presjek kroz međukatnu konstrukciju

Vijci za drvo - spoj svake daske na svaku gredu $\varnothing 6$, L= 140 mm.



Slika 47. Ankeriranje međukatne konstrukcije



Slika 48. Anker za vezu konstrukcije

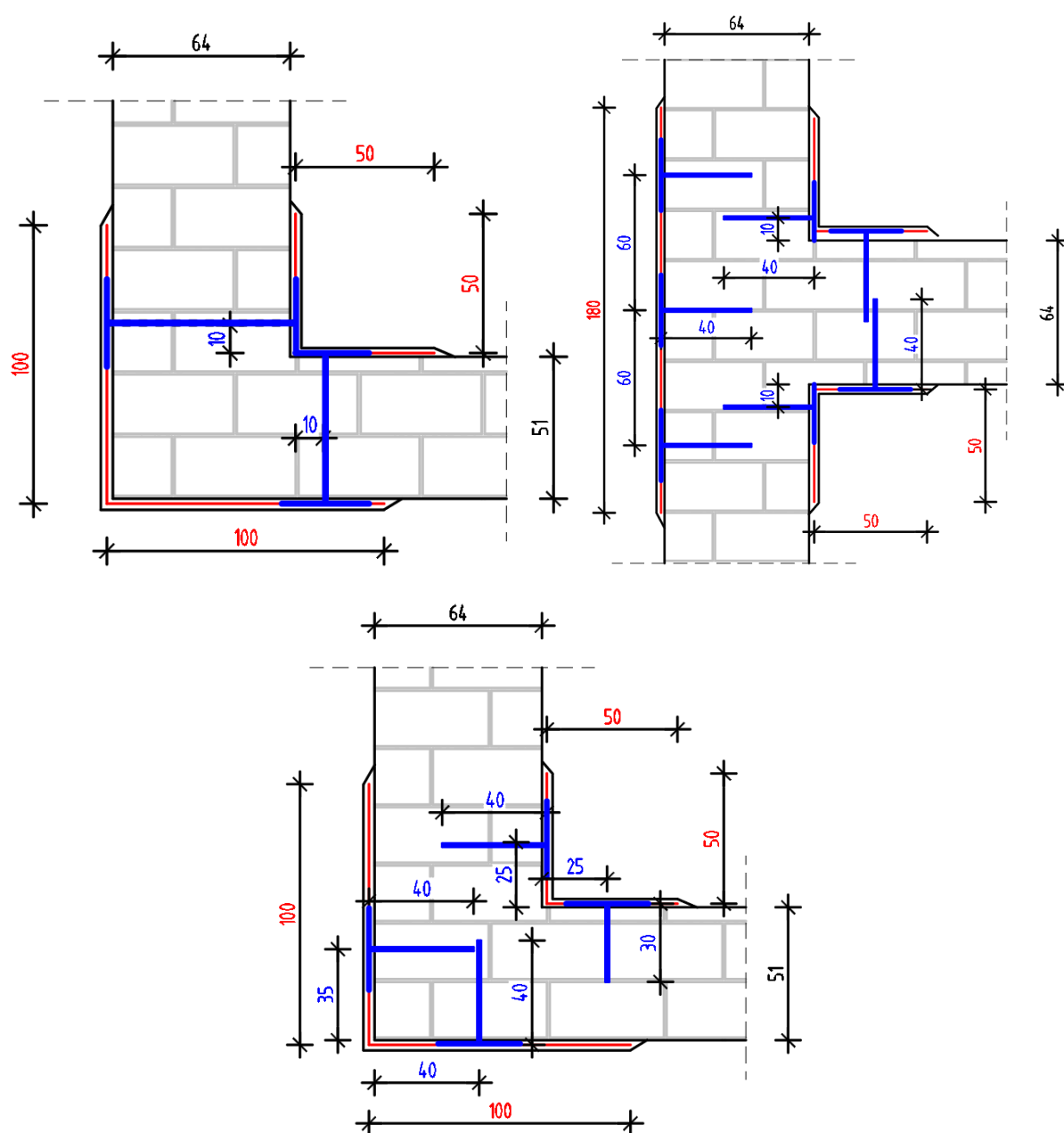
Ankeri se ugrađuju u prethodno napravljene rupe $\varnothing 16$ u nosivim zidovima u duljinu $2/3$ širine zida. Koristi se ekspandirajući mort za sidrenje prikladan za zidove od opeke.

11.4. Povezivanje zidova na sudarima

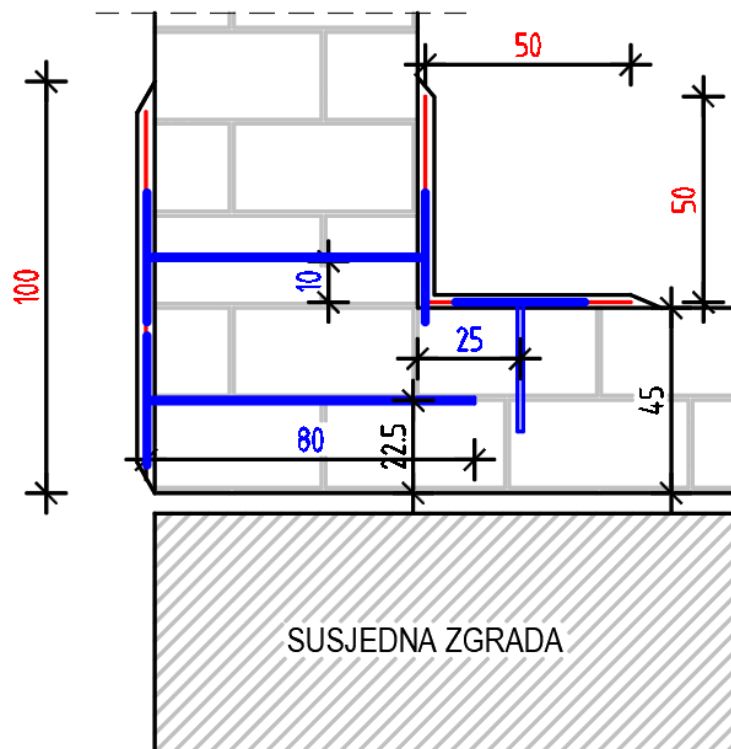
Za zidove debljine 25-45 cm izvodi se bušenje sidara kroz cijeli zid na visinskom razmaku 120-150 cm. Zahtjeva se duže svrdlo za bušenje promjera svrdla minimalno 16 mm.

Zidovi debljine 64-51 cm izvodi se bušenjem sidara preko polovice debljine zida na visinskom razmaku 100 cm.

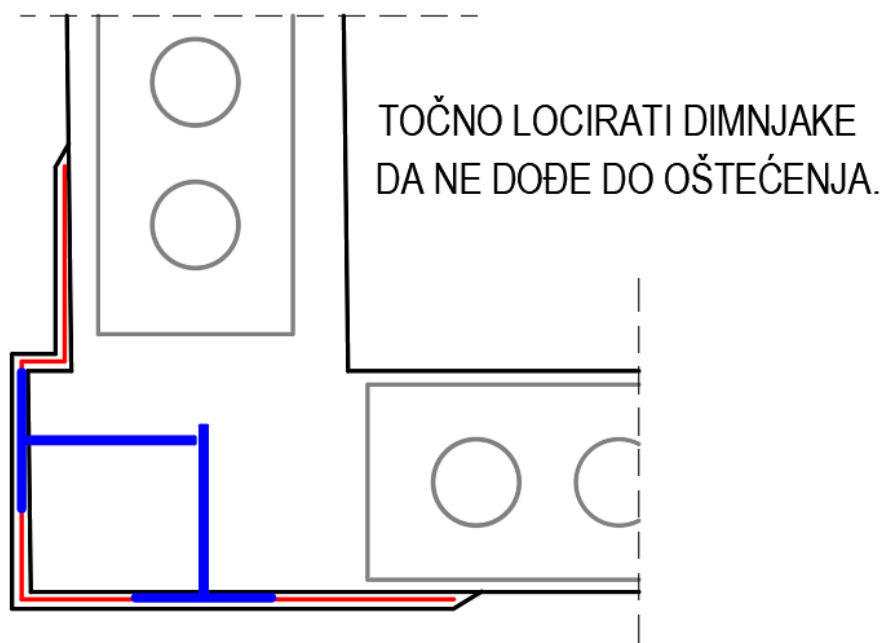
Na onim mjestima gdje su nedostupne površine kao što je naprimjer zid prema susjednoj zgradi, preporuča se na dijelu gdje je vanjsko lice zida slobodno ugraditi užad kroz kao i kod zidova debljine 25-45 cm.



Slika 49. Povezivanje zidova na sudarima



Slika 50. Primjer povezivanja zidova za nedostupne površine

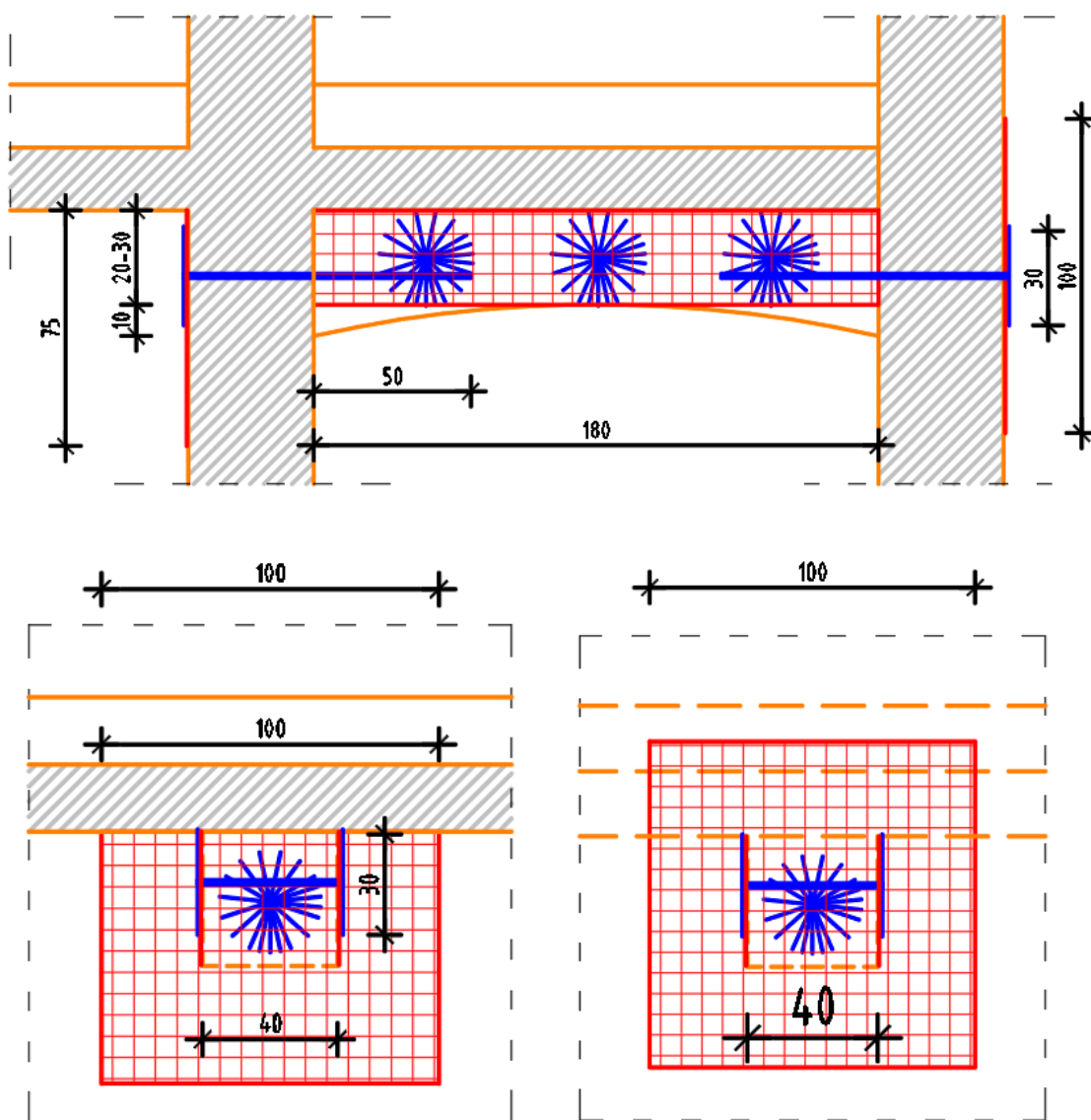


Slika 51. Povezivanje zidova kraj dimnjaka

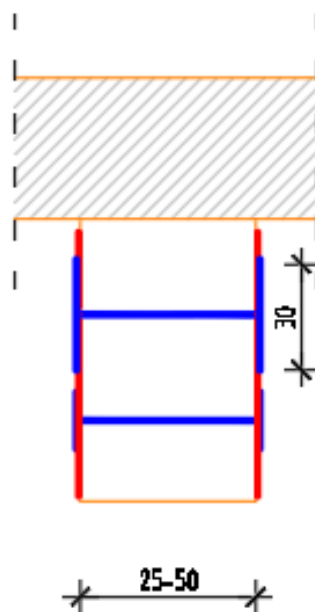
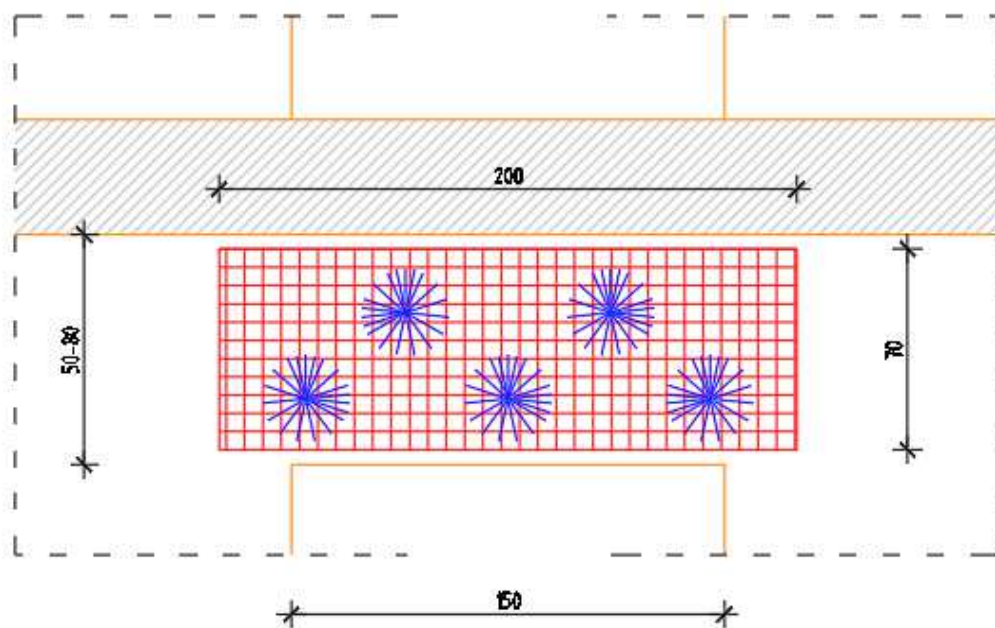
11.5. Sanacija nadvoja u nosivim zidovima

Postupak sanacije nadvoja u nosivim zidovima:

- Ukloniti žbuku, očistiti sljubnice
- Izbušiti rupe za ugradnju karbonskih užadi
- Isprati površinu vodom kako bi se podloga navlažila
- Prema uputama proizvođača i u skladu sa skicama, ugraditi karbonsku užad i staklene mrežice (obostrano)



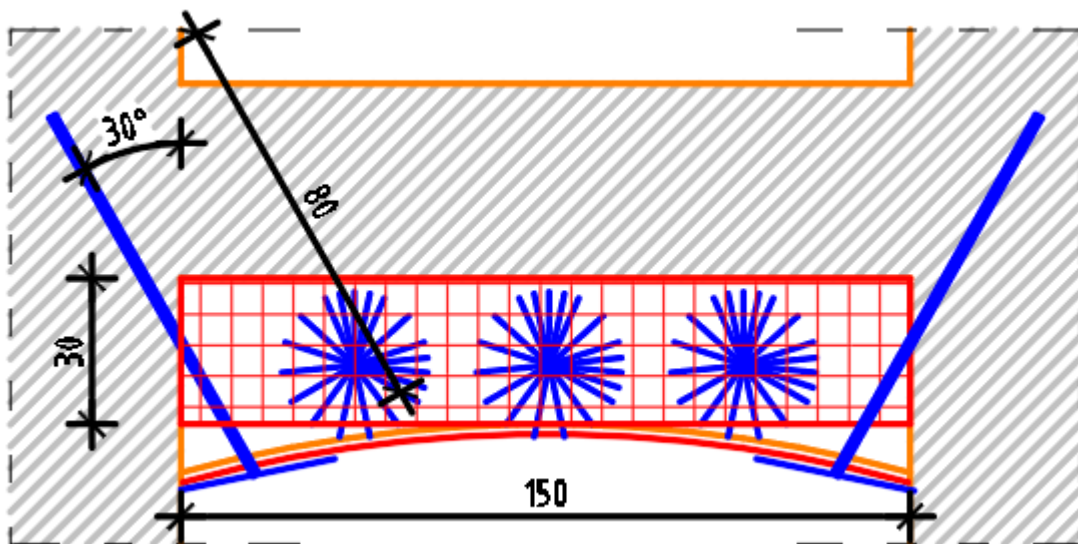
Slika 52. Sanacija nadvoja i grede između okomitih nosivih zidova



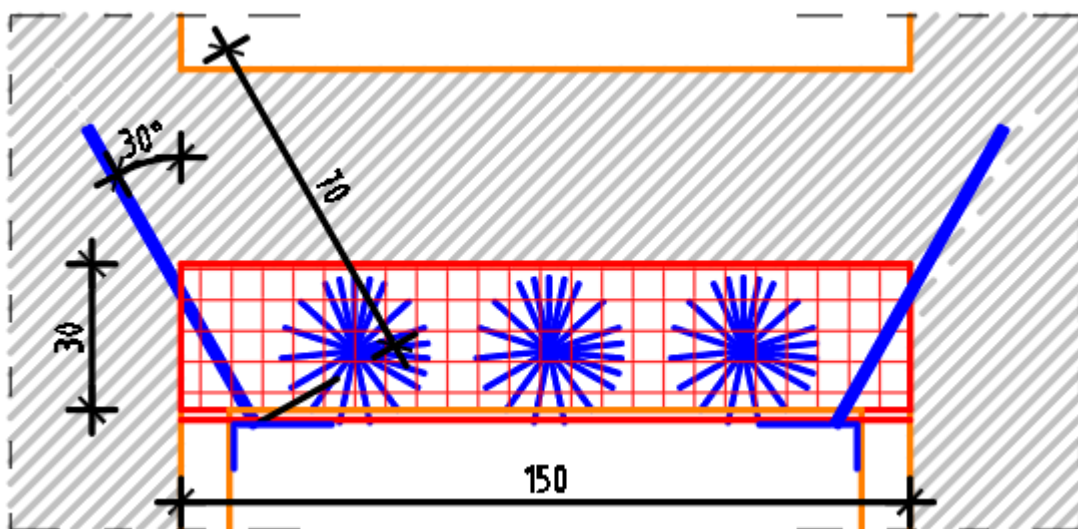
Slika 53. Sanacija nadvoja



Slika 54. Lijevo je prikazano karbonsko uže, desno staklena mreža



Slika 55. Lučni nadvoj podruma širine 51-64 cm

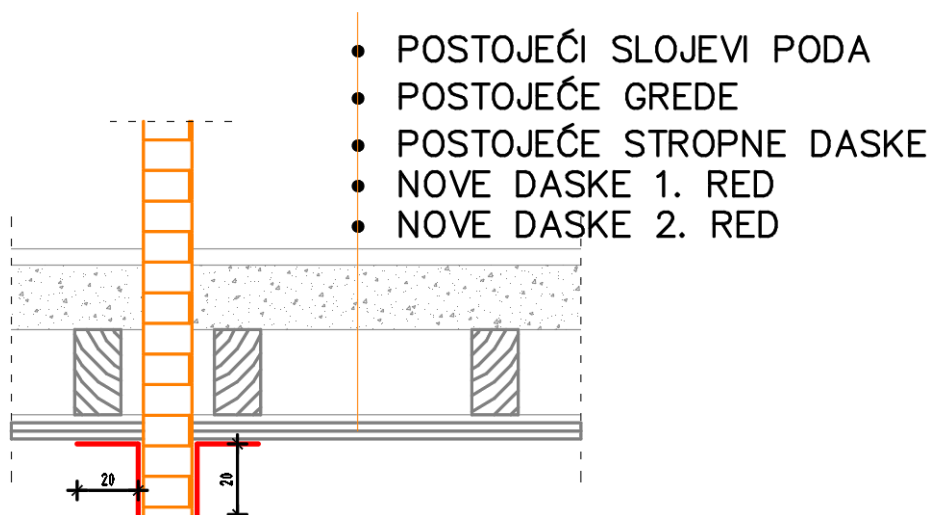


Slika 56. Nadvoj podruma širine 64 cm

11.6. Sanacija pregradnih zidova

Sanacija spoja stropa i pregradnih zidova

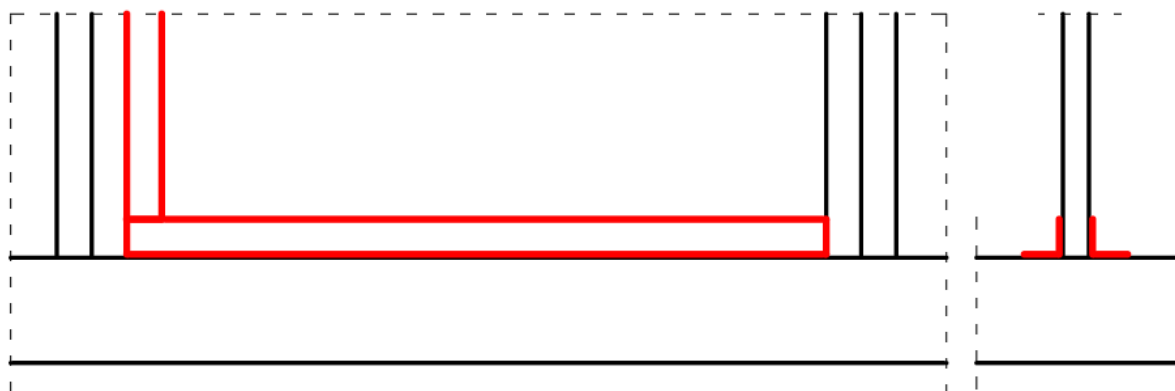
Potrebno je ukloniti sve postojeće slojeve žbuke na pregradnome zidu. Nakon toga se ugrađuje staklena mrežica u prikladnom mortu (20 cm strop + 20 cm zid).



Slika 57. Presjek kroz strop i pregradni zid

Sanacija spoja nosivih i pregradnih zidova

Uklanja se postojeći sloj žbuke na pregradnome zidu te se ugrađuje staklena mrežica u prikladnom mortu (po 20 cm).

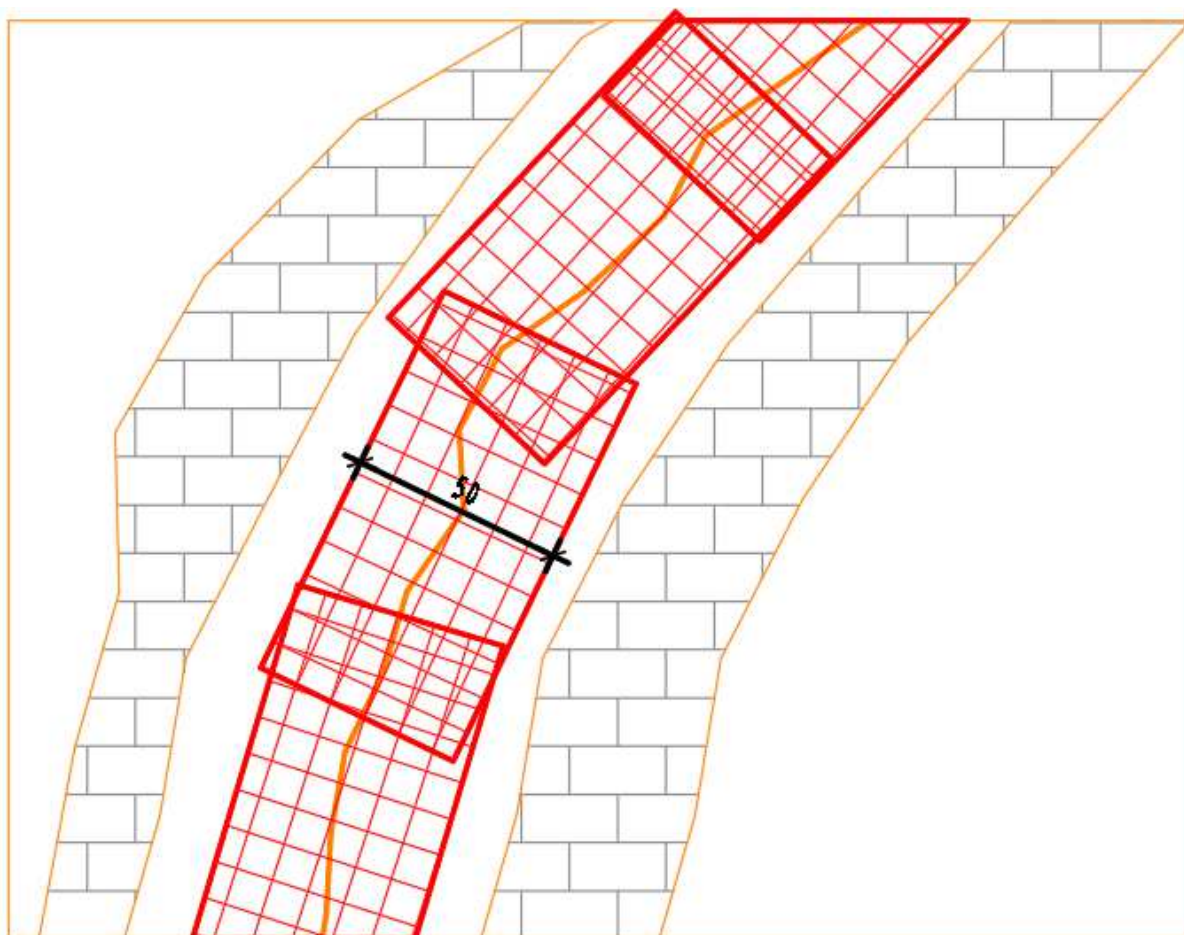


Slika 58. Sanacija spoja staklenom mrežicom

Sanacija pukotina i ojačanje pregradnih zidova

Način izvedbe:

- Ukloniti sve postojeće slojeve oko pukotine, po 50 cm sa svake strane
- Ukloniti sav slabi vezni materijal sa površine
- Isprati površinu vodom kako bi se podloga navlažila
- Pukotinu zapuniti reparaturnim mortom
- Postaviti sloj dvokomponentnog duktilnog morta ojačanog vlaknuma, u debljini 5-6 mm
- U svježi mort postaviti armaturnu mrežicu od staklenih vlakana u širini 50 cm
- Odmah postaviti i drugi sloj morta s vlaknima u debljini oko 5-6 mm
- Za pukotine u punoj debljini zida, isti postupak napraviti s obe strane **zida**



Slika 59. Sanacija pukotine zida

12. ZAKLJUČAK

Gledajući etaže i stanove te krila zgrade (istočno i zapadno od stubišta), generalno možemo zaključiti:

- Pregledom podrumskih prostorija zgrade primijećeno je da je cijela zgrada po svojoj kompletnoj površini podrumljena te na isti način temeljenja. To je u ovom slučaju od iznimne važnosti jer takav način temeljenja već u startu smanjuje rizike od diferencijalnih slijeganja zgrade.
- Na mjestima iznad otvora ili oslabljenja u zidovima (stolarija) a zbog vremena i načina izgradnje nedostaju strukturalni elementi (ab serklaži, nadvoji, grede) koji na sebe preuzimaju nosivost a imaju određenu duktilnost. Samim time, oni povezuju konstruktivni sklop u zajednički sustav koji jednolično oscilira tijekom potresa. Pošto ti dijelovi u ovom slučaju nedostaju, pukotinska strukturalna oštećenja u potresu ove jačine su neizbježna. Sanacija ovakvih dijelova zgrade (zajednički nosivi sustav) trebala bi se izvesti kompletno (od podruma do krova) ne štedeći pritom priliku za značajna konstruktivna ojačanja.
- Detektirani tip oštećenja na pregradnim zidovima orijentiranim u smjeru širenja potresnog vala. Lokacija oštećenja (iznad vratiju) je također već ranije viđena i spomenuta. Takva vrsta pukotinskog oštećenja prostire se cijelom zgradom (misli se na pregradne zidove)
- Većina oštećenja na mjestima nadvoja u nosivim zidovima evidentno predstavlja nedostatak konstruktivnog nosivog elementa na tim mjestima (prozori, vrata). Sva ova oštećenja možemo svrstati u razinu D3-D4, odnosno stupanj oštećenja koji značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog gubitka uporabljivosti strukturalnih komponenti.
- Zaključno, sva ova mjesta trebalo bi sanirati kompletno, podići razinu nosivosti (i uporabljivosti) na višu nego je to bilo prvotno zamišljeno te samim time zgradu osigurati za buduću eksploataciju.
- Horizontalne pukotine uz stropove rezultat su različitih oscilacija stropnog sustava od zidnog. Strop je naime izrađen od drvenih elemenata te kao takav ima različitu unutarnju frekvenciju nego zidovi od opeke. Nadalje, u ovom slučaju je stro plošni element (horizontalni) dok je zid vertikalni i jasno je da su njihova gibanja uz sve navedeno bila potpuno drugačija. U jednom trenutku se

svakako dogodilo da su stropovi udarali u zidove i na taj način se dodatno odvajali od njih, što je rezultiralo horizontalnim pukotinskim sustavom na njihovom spoju.

- Konstruktivna sanacija cijelog ovog nosivog sustava predstavljat će prioritet konstruktivne sanacije zgrade (od nižih etaža prema višima) uz potrebna ojačanja mehaničke otpornosti i stabilnosti sustava.
- Zaključno, sva konstruktivno oštećena mjesta trebalo bi sanirati kompletno, podići razinu nosivosti (i uporabljivosti) na višu nego je to bilo prvotno zamišljeno te samim time zgradu osigurati za buduću eksploataciju.
- Stubišni krak i čelični nosači se oslanjaju na poprečne grede koje imaju znatnu visinu a samim time i veći moment tromosti što je itekako bitno geometrijsko svojstvo pružanja otpora deformaciji elementa. U tom pogledu, vidljiva pukotinska oštećenja su površinskog karaktera te nije zamijećena kritična pukotina na stubišnom kraku.
- Pregledom prostorija zgrade u potkrovlju primijećeno je da je cijela zgrada nije pretrpjela značajna oštećenja, već samo površinske pukotine zidova i stropova. To je u ovom slučaju od iznimne važnosti jer nam je poznato da je kasnijih godina dograđeno potkrovlje, te su upotrebljavani i drugi materijali gradnje tipični za to vrijeme.
- Pregledom stanja krovišta, krovne površine i dimnjaka može se zaključiti kako krovište nije pretrpjelo znatna oštećenja. To potvrđuju i suhi stropovi u najvišim etažama (nije došlo do razdvajanja ni oštećenja ljepenke i sustava izolacija).
- Stubište je potrebno u potpunosti sanirati, uglavnom zadiranjem u samu strukturu nosivog sustava zgrade (poglavito ojačanja vanjskih i unutarnjih nosivih zidova i nadvoja istih)
- Tijekom odabira načina sanacije potrebno je uzeti u obzir suvremene tehnologije sanacije (FRP sustav, karbonska vlakna, užadi i sidra) kako bi se sama konstrukcija stubišta što manje dodatno otvarala, no istovremeno sanacijom podigla na viši stupanj nosivosti i sigurnosti.
- U podrumu nisu zamijećena veća oštećenja (kao ni ranije u stanovima suterena) a razlog tome je dobro temeljen objekt, jednolično temeljen te na

masivnim temeljima. Nadalje stropna ploča je izvedena kombinacijom čelika, opeke i betona te se kao takav kompozitni element dobro odupire potresnom udaru.

- Na ulaznom stubištu podruma primjećena su znatnija slijeganja stubiša koja je sanacijom potrebno ukloniti te zamjenom stubiša (novo stubište) dovesti u stanje potpune uporabljivosti. Ovo je ujedno i najveće zamijećeno oštećenje u podrumskim prostorijama zgrade.
- Za očekivati je da će se konstruktivnom sanacijom nosivog sustava zgrade narušiti i obnovljeni izgled vanjske ovojnice zgrade. No, namjerava li se zgrada konstruktivno obnoviti te podići na razinu 2, takav ishod je neizbježan te se mora uzeti u obzir i ponovno obnavljanje vanjske ovojnice nakon konstruktivne sanacije.
- Treba imati na umu da radove sanacije treba izvoditi određenim redom i po redoslijedu prioriteta s time da je neophodno primarno sanirati noseći sustav cijele zgrade, posebno uključujući temeljni sustav i temeljno tlo. Pri tome je jasno da će radovi na nosivoj strukturi zgrade preuzeti prioritet, s time da se moraju izvesti stručno, temeljito, pažljivo te potpuno, a njihov rezultat mora biti podizanje zgrade na viši standard i nivo, a sve sukladno današnjim propisima i pravilima građevinske struke.
- Da bi sanacijski radovi na nosivom sklopu zgrade imali smisla, oni se trebaju izvesti u cjelini, tj. cijela zgrada i njezini dijelovi (pogotovo južni dio) morali bi u tome sudjelovati. Postavljanje novog vertikalnog nosivog sustava (armiranobetonski vertikalni serklaži, čelični profili, čelični kabeli i sl). moraju se povezati s horizontalnim serklažima koji će prolaziti kroz vijenac svake etaže te na taj način tvoriti homogenu nosivu okvirnu strukturu.

12. LITERATURA

[1.]Basch Oto i dr.: Osnovna geološka karta, L 33-81, Ivanić Grad; Geološki zavod Zagreb;1980.

[2.]Kuk K., Šariri K., Kuk V., Prelogović E., Sović I. Seizmiološke i seizmološke značajke šireg Zagrebačkog područja, Građevinar 52 (2000), 11, 647-653

[3.]Gusić, D., Landeka, J., Lukić, A., Prša, M., Vidić, I., (2016): Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske, Ekscentar, br. 19, pp. 84-90

[4.]Muhovec I. (2020): STUDIJA indikativnog pružanja pukotina na vertikalnim stijenama (VSP) koje su položene paralelno pravcu potresnog udara (u povodu potresa u Zagrebu, 22. ožujka 2020.)

[5.]URGENTNI PROGRAM POTRESNE OBNOVE UPPO Građevinska tehnička rješenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, ISBN: 978-953-8168-41-3, Zagreb, svibanj 2020.

[6.]Krlježa, M. (2016): Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod.

[7.]Tomljenović, B. (2016): Morfološke & kinematske značajke i klasifikacija, Sveučilište u Zagrebu, rudarsko geološko naftni fakultet.

[8.]Mihalic, S. (2019): Seizmički hazard, Sveučilište u Zagrebu.

[9.]Hrasnica, M. (2002): Spektri odgovora za seizmičku procjenu zgrada, Građevinar.

[10.]Boštjančič, J.; Sheppard, P.; Terčelj, S.; Turnšek, V.: Use of a modeling approach in the analysis of the effects of repairs to earthquake-damaged stone-masonry buildings, *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Part 2, 19 (1976) 72, Udine, 1976.

[11.]Kuk K., Šariri K., Kuk V., Prelogović E., Sović I. (2020) : Seizmiološke i seizmološke značajke šireg Zagrebačkog područja, *Građevinar* 52.

[13.]Gusić, D., Landeka, J., Lukić, A., Prša, M., Vidić, I., (2016): Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske, *Ekscentar*, br. 19, pp. 84-90.

POPIS SLIKA

- Slika 1. Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice
- Slika 2. Prikaz makrolokacije predmetne katastarske čestice
- Slika 3. Prikaz mikrolokacije prema namjeni u GUP-u Grada Zagreba
- Slika 4. Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina)
- Slika 5. Osnovna geološka karta promatranog područja (autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.)
- Slika 6. Pregledna tektonska karta lista Zagreb
- Slika 7. Zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda
- Slika 8. Žarišta potresa na ovom području
- Slika 9. Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima
- Slika 10. Zapadno pročelje zgrade – ulaz 2a
- Slika 11. Istočno pročelje zgrade s detektiranim „X“ pukotinama nadvoja
- Slika 12. Istočno pročelje zgrade
- Slika 13. Južno pročelje zgrade, zabatni zid
- Slika 14. Sjeverno pročelje zgrade koje gleda na Ilicu
- Slika 15. Tlocrt podruma
- Slika 16. Tlocrt prizemlja
- Slika 17. Tlocrt I i II kata
- Slika 18. Tlocrt potkrovlja
- Slika 19. Pukotina nadvoja lijevo i desno duboka pukotina nosivog zida prema stubištu.
- Slika 20. Pukotina s obje strane nosivog zida prema stubištu
- Slika 21. Pukotina nadvoja nosivog zida
- Slika 22. Pukotinska oštećenja nadvoja nad prozorem
- Slika 23. Pukotina nosivog luka
- Slika 24. Dijagonalna pukotina južnog nosivog zida stana
- Slika 25. Formiranje lukova na zidovima desno, lijevo pukotina nadvoja
- Slika 26. Pukotine gipskartonskih obloga
- Slika 27. Drvene međukatne konstrukcije

- Slika 28. Način povezivanja greda međukatnih konstrukcija sa zidovima
- Slika 29. Način povezivanja greda na središnjim osloncima
- Slika 30. Sustav svodova
- Slika 31. Drvena međukatna konstrukcija od oblica iznad 3. kata
- Slika 32. Tlocrt stubišta stambene zgrade ulaza 2a i 2b
- Slika 33. Prikaz debljine zidova
- Slika 34. Prikaz gradnje trakastih temelja
- Slika 35. Mogući načini oslanjanja pregradnih zidova
- Slika 36. Prikaz udaljenosti dimnjaka od grede međukatne konstrukcije
- Slika 37. Krovna konstrukcija u potkrovlju stambene zgrade
- Slika 38. Prikaz zahtjevnosti razina prema propisima
- Slika 39. Izometrija stambene zgrade
- Slika 40. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA.
- Slika 41. Pogled na zid s pukotinom
- Slika 42. Prikaz injektiranja zida
- Slika 43. Presjek kroz vanjski zid
- Slika 44. Postavljanje novih dasaka 1 red
- Slika 45. Postavljanje novih dasaka 2 red
- Slika 46. Presjek kroz međukatnu konstrukciju
- Slika 47. Ankeriranje međukatne konstrukcije
- Slika 48. Anker za vezu konstrukcije
- Slika 49. Povezivanje zidova na sidarima
- Slika 50. Primjer povezivanja zidova za nedostupne površine
- Slika 51. Povezivanje zidova kraj dimnjaka
- Slika 52. Sanacija nadvoja i grede između okomitih nosivih zidova
- Slika 53. Sanacija nadvoja
- Slika 54. Lijevo je prikazano karbonsko uže, desno staklena mreža
- Slika 55. Lučni nadvoj podruma širine 51-64 cm

Slika 56. Nadvoj podruma širine 64 cm

Slika 57. Presjek kroz strop i pregradni zid

Slika 58. Sanacija spoja staklenom mrežicom

Slika 59. Sanacija pukotine zida

POPIS TABLICA

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

Tablica 2. Prednosti i mane tehnike ojačanja konstrukcije

PRILOZI

Prilog 1. Tlocrt podruma s prikazom zahvata

Prilog 2. Tlocrt prizemlja s prikazom zahvata

Prilog 3. Tlocrt I kata s prikazom zahvata

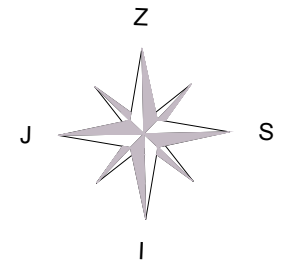
Prilog 4. Tlocrt II kata s prikazom zahvata







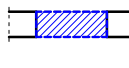
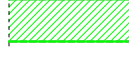




Prilog 5. Tlocrt potkrovlja s prikazom zahvata

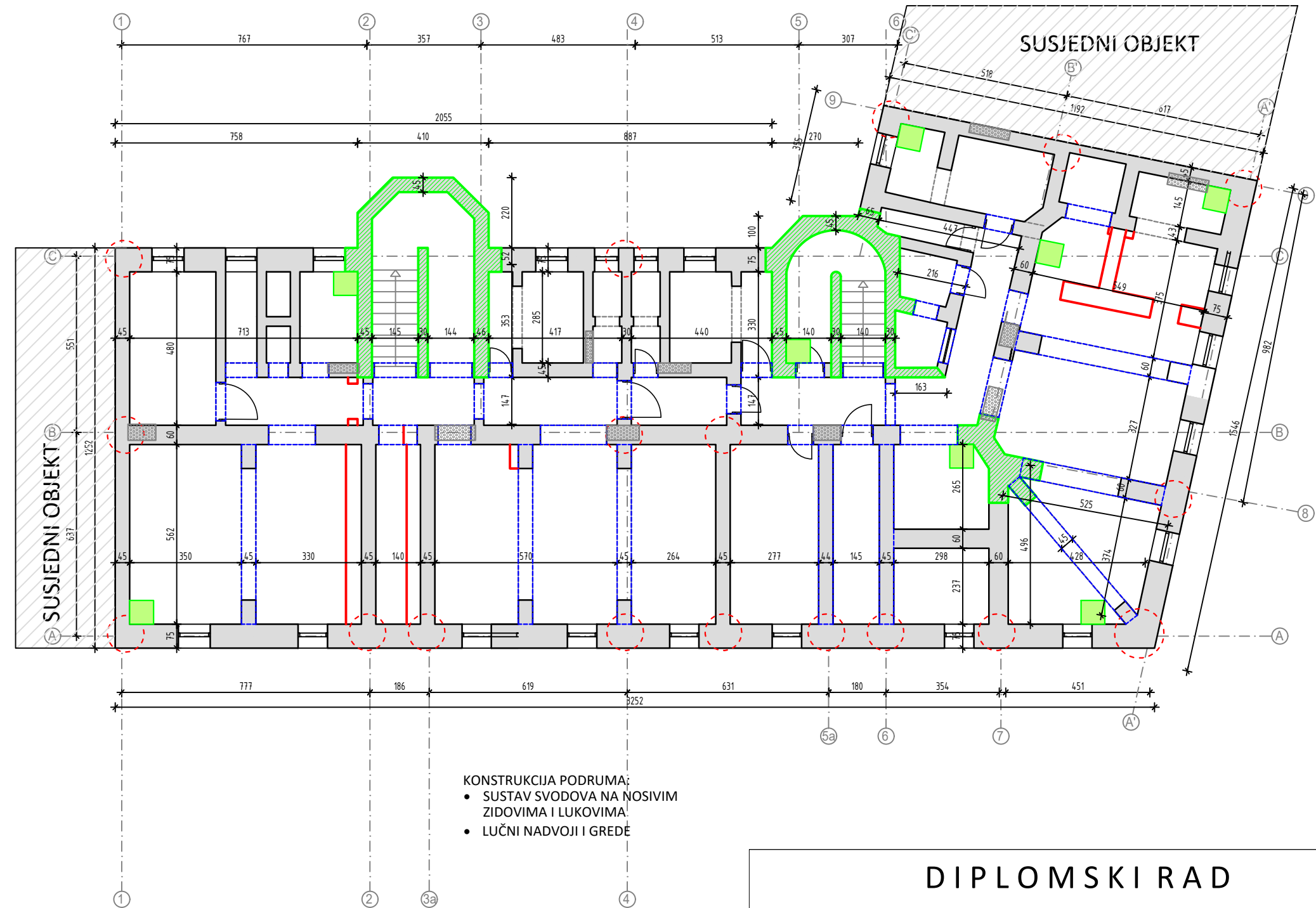
Prilog 6. Pročelje s prikazom zahvata

Prilog 7. Pročelje s prikazom zahvata

TLOCRT PODRUMA MJ 1:150

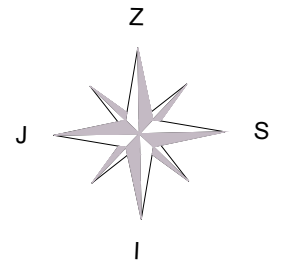



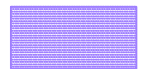





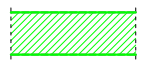




-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE SVODOVA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  ČELIČNI NOSAČI
-  DIMNJACI

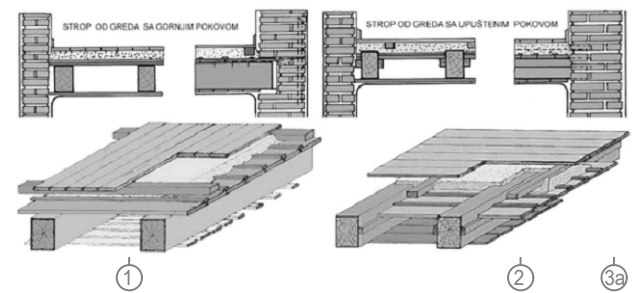
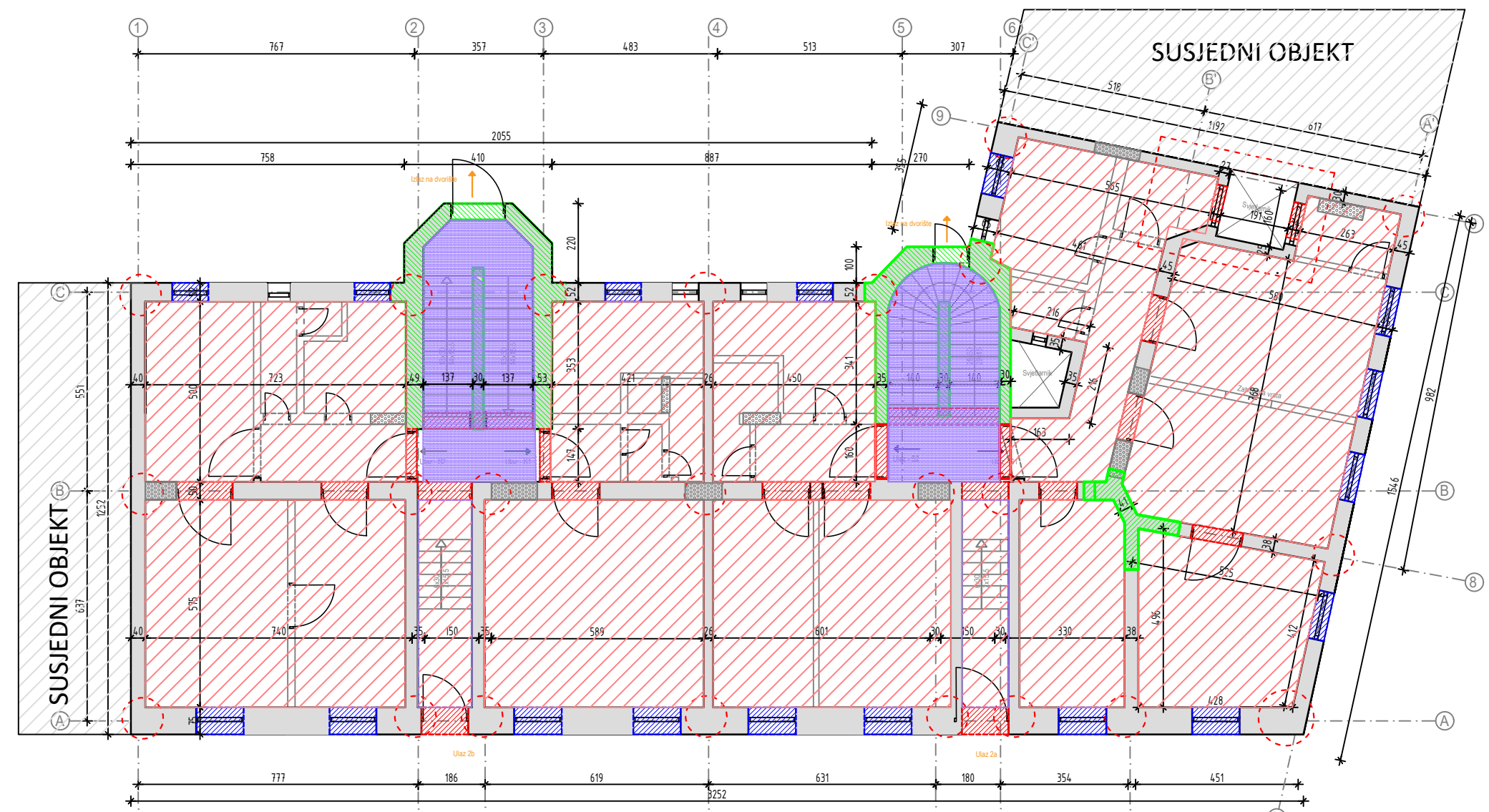


| | | |
|----------------------|---|------------------|
| DIPLOMSKI RAD | | |
| Sadržaj: | TLOCRT PODRUMA | |
| Građevina: | STAMBENA ZGRADA | |
| Lokacija: | Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb kč.br. 3727, ko. Črnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb | |
| Mjerilo: | 1:150 | Prilog: 1 |

TLOCRT PRIZEMLJA MJ 1:150



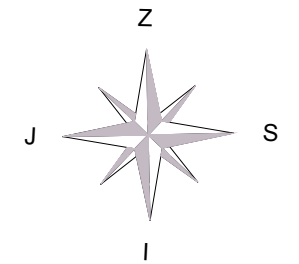
-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠĆANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE SVODOVA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  ČELIČNI NOSAČI
-  DIMNJACI


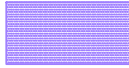





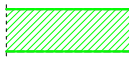
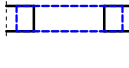





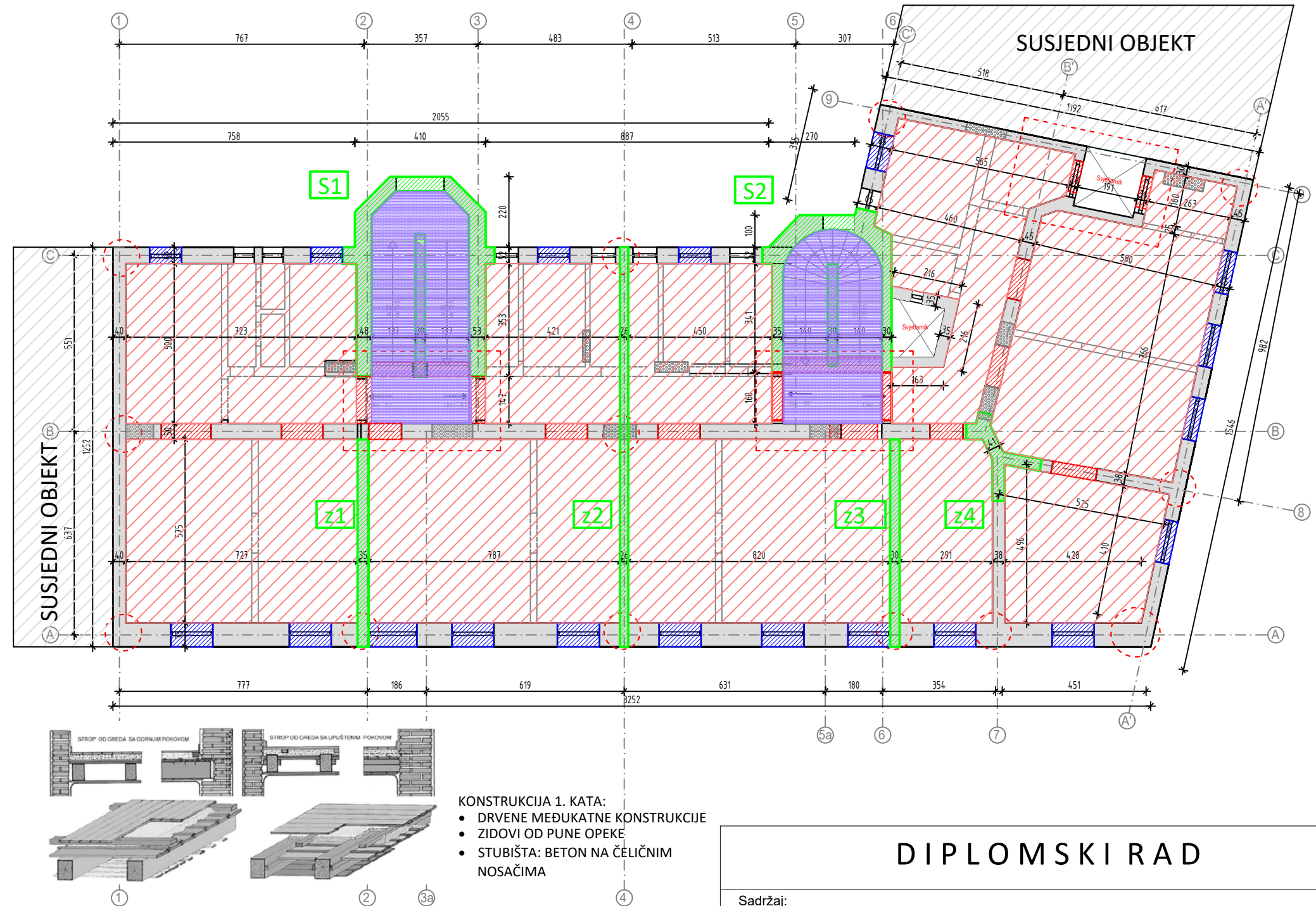
- KONSTRUKCIJA PRIZEMLJA:**
- DRVENA MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA
 - ZIDOVI OD PUNE OPEKE
 - STUBIŠTA: BETON NA ČELIČNIM NOSAČIMA

| | | |
|----------------------|---|------------------|
| DIPLOMSKI RAD | | |
| Sadržaj: | TLOCRT PRIZEMLJA | |
| Građevina: | STAMBENA ZGRADA | |
| Lokacija: | Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb kč.br. 3727, ko. Črnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb | |
| Mjerilo: | 1:150 | Prilog: 2 |

TLOCRT I KATA MJ 1:150



-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE SVODOVA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  ČELIČNI NOSAČI
-  DIMNJACI

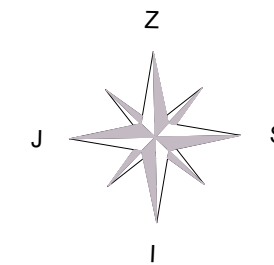









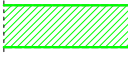
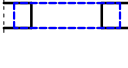



DIPLOMSKI RAD

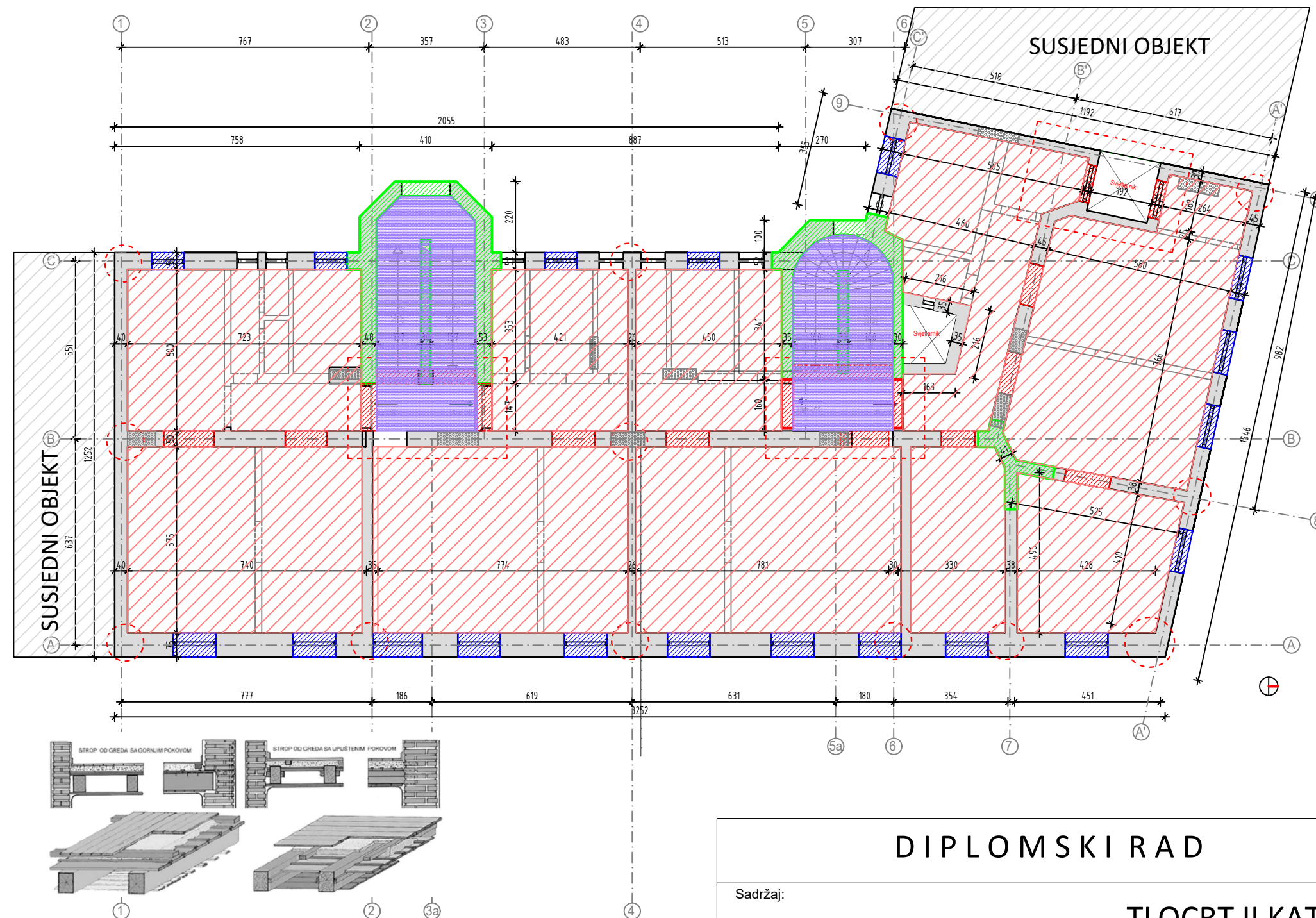
| | | |
|------------|---|------------------|
| Sadržaj: | TLOCRT I KATA | |
| Građevina: | STAMBENA ZGRADA | |
| Lokacija: | Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb kč.br. 3727, ko. Črnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb | |
| Mjerilo: | 1:150 | Prilog: 3 |

TLOCRT II KATA

MJ 1:150



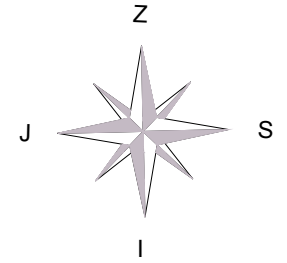
-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE SVODOVA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  ČELIČNI NOSAČI
-  DIMNJACI


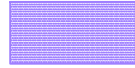





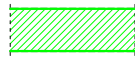
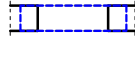





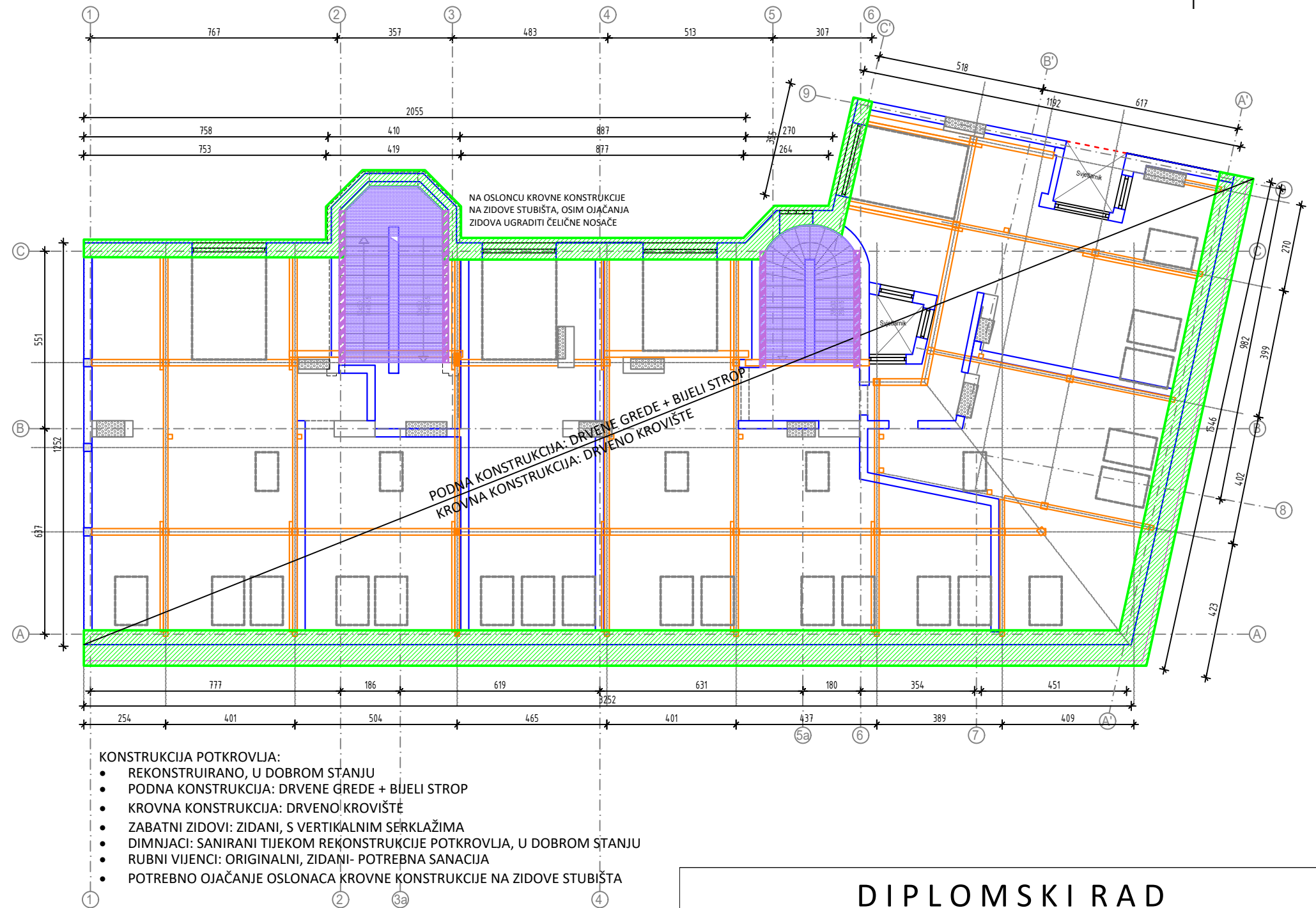
- KONSTRUKCIJA 2. KATA:
- IZNAD 2. KATA DODANA SITNOREBRATA KONSTRUKCIJA "BIJELI STROP" - NE RADI SE DAŠČANJE STROPA
 - ZIDOVI OD PUNE OPEKE
 - STUBIŠTA: BETON NA ČELIČNIM NOSAČIMA

| | | |
|----------------------|---|------------------|
| DIPLOMSKI RAD | | |
| Sadržaj: | TLOCRT II KATA | |
| Građevina: | STAMBENA ZGRADA | |
| Lokacija: | Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb kč.br. 3727, ko. Črnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb | |
| Mjerilo: | 1:150 | Prilog: 4 |

TLOCRT POTKROVLJA MJ 1:150



-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE SVODOVA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  ČELIČNI NOSAČI
-  DIMNJACI



KONSTRUKCIJA POTKROVLJA:

- REKONSTRUIRANO, U DOBROM STANJU
- PODNA KONSTRUKCIJA: DRVENE GREDE + BIJELI STROP
- KROVNA KONSTRUKCIJA: DRVENO KROVIŠTE
- ZABATNI ZIDOWI: ZIDANI, S VERTIKALNIM SERKLAŽIMA
- DIMNJACI: SANIRANI TIJEKOM REKONSTRUKCIJE POTKROVLJA, U DOBROM STANJU
- RUBNI VIJENCI: ORIGINALNI, ZIDANI- POTREBNA SANACIJA
- POTREBNO OJAČANJE OSLOKACA KROVNE KONSTRUKCIJE NA ZIDOVE STUBIŠTA

DIPLOMSKI RAD

Sadržaj:

TLOCRT POTKROVLJA

Građevina:

STAMBENA ZGRADA

Lokacija:

Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb
kč.br. 3727, ko. Čnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb












Mjerilo:

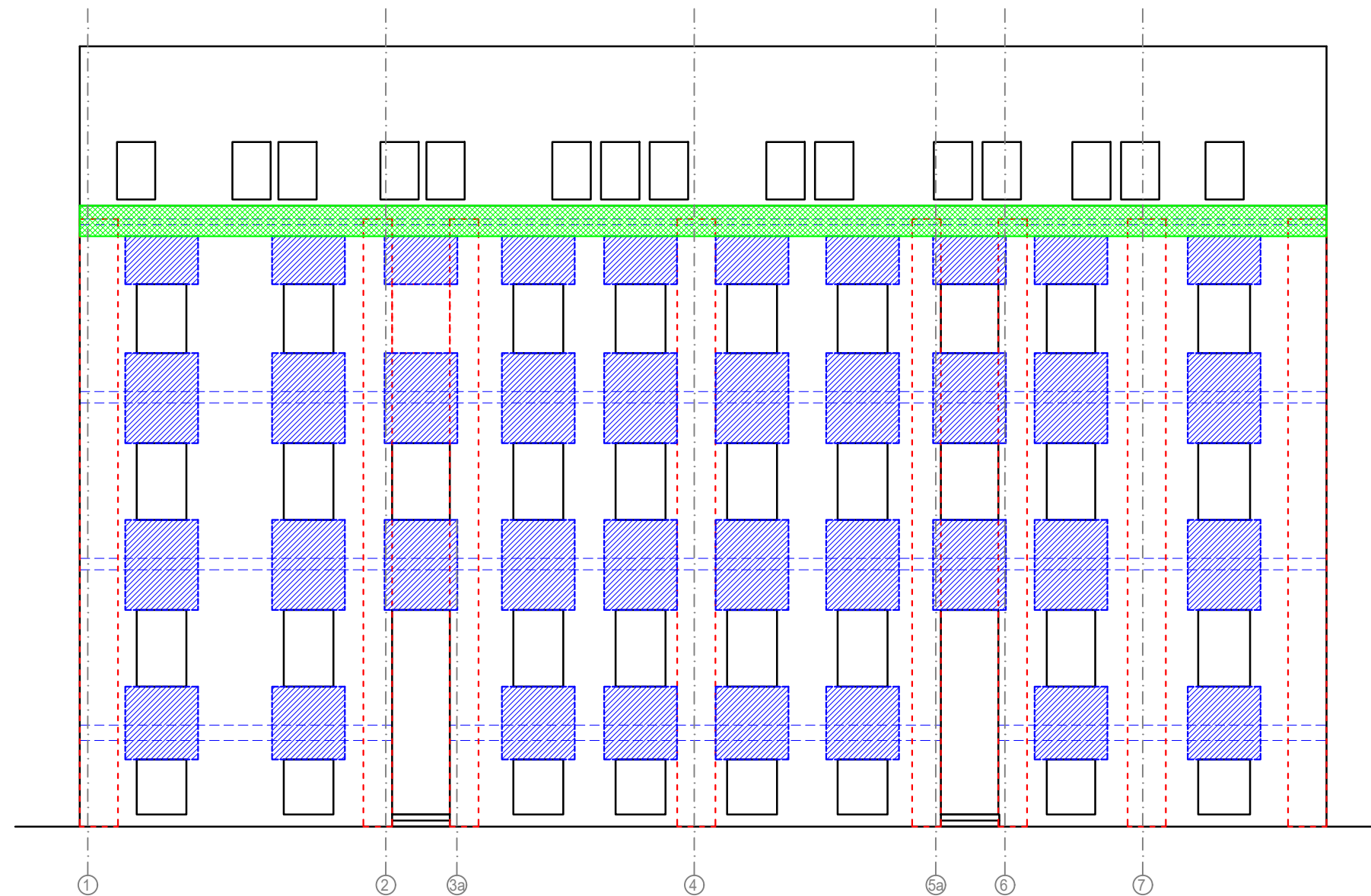
1:150

Prilog:

5

PROČELJE PRIMORSKA (na isti način se izvodi na Ilici)

-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE ČELIČNIH NOSAČA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  DIMNJACI



ZAHVATI NA OTVORENIM FASADAMA:

- SANACIJA RUBNIH VIJENACA
- SANACIJA I OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA
- OJAČANJA NA SUDARIMA ZIDOVA

DIPLOMSKI RAD

Sadržaj:

PROČELJE S PRIKAZOM ZAHVATA

Građevina:

STAMBENA ZGRADA

Lokacija:

Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb
kč.br. 3727, ko. Črnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb


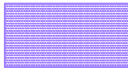









Mjerilo:

1:150

Prilog:

6

DVORIŠNO PROČELJE

-  OJAČANJE MEĐUKATNIH STROPNIH KONSTRUKCIJA DVOSTRUKIM DAŠČANJEM
-  KONTROLA I OJAČANJE ČELIČNIH NOSAČA
-  OJAČANJE ZIDOVA INJEKTIRANJEM I FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE SUDARA ZIDOVA, ZIDOVA I NADVOJA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA U NOSIVIM ZIDOVIMA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA FRP TEHNOLOGIJOM
-  OJAČANJE RUBNOG VIJENCA
-  OJAČANJE LUKOVA I LUČNIH NADVOJU U PODRUMU FRP TEHNOLOGIJOM
-  ISPITIVANJE TEMELJNE KONSTRUKCIJE
-  DIMNJACI



ZAHVATI NA OTVORENIM FASADAMA:

- SANACIJA RUBNIH VIJENACA
- SANACIJA I OJAČANJE NADVOJA I PARAPETA PROZORA
- OJAČANJA NA SUDARIMA ZIDOVA

DIPLOMSKI RAD

Sadržaj:

PROČELJE S PRIKAZOM ZAHVATA

Građevina:

STAMBENA ZGRADA

Lokacija:

Primorska 2 i 2a, 10 000 Zagreb
kč.br. 3727, ko. Čnomerec, zk.č.br. 5170/1, ko. Grad Zagreb

Mjerilo:

1:150

Prilog:

7

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, SARA NOVAK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE POTRESOM U ZAGREBU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Sara Novak

(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, SARA NOVAK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE POTRESOM U ZAGREBU (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Sara Novak

(vlastoručni potpis)