Ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije uz provedbu detaljnog pregleda stambene zgrade

Andreić, Melanija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:813467

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

DIPLOMSKI RAD BR. 9/GRD/2020

OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE KONSTRUKCIJE UZ PROVEDBU DETALJNOG PREGLEDA STAMBENE ZGRADE

Melanija Andreić, 1010/336D

Varaždin, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Studij graditeljstva



DIPLOMSKI RAD BR. 9/GRD/2020

OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE KONSTRUKCIJE UZ PROVEDBU DETALJNOG PREGLEDA STAMBENE ZGRADE

Student:
Melanija Andreić, 1010/336D

Mentor:
doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2020.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Melanija ANDREIĆ | MATIČNI BROJ 1010/336D

DATUM 22.09.2020. | KOLEGIJ Tehnička dijagnoza

NASLOV RADA OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE KONSTRUKCIJE UZ PROVEDBU DETALJNOG PREGLEDA STAMBENE ZGRADE

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF BUILDING STRUCTURE WITH IMPLEMENTATION DETAILED INSPECTION OF A RESIDENTIAL BUILDING

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 9/GRD/2020

OPIS

U diplomskom radu je potrebno izvesti kompletnu ocjenu postojećeg stanja nosive konstrukcije i cijele zgrade ukupno u cjelini nakon teških oštećenja uzrokovanih potresom. Potrebno je napraviti kompletni pregled zgrade prema pravilima tehničke dijagnoze i građevinske patologije s detaljnom obradom i opisom 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.
Diplomski rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.

Predgovor

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškovicu ideji, pomoći, stručnim savjetima i kritikama tijekom izrade ovog završnog rada.

Hvala roditeljima i prijateljima na strpljenju i podršci tijekom ovih godina studiranja.

Sažetak

Predmet ovog diplomskog rada je dvojna stambena građevina koja se nalazi u Zagrebu, točnije u Gornjem Bukovcu. Građevina je zadobila teška oštećenja uslijed djelovanja potresa koji se dogodio 22.ožujka 2020.godine. Epicentar prvog potresa nalazio se 7 km sjeverno od središta Zagreba, točnije u Markuševcu, odnosno cca. 4 km od naše predmetne zgrade. Ubrzo nakon prvog po intenzitetu najjačeg potresa uslijedila su još 2 slabije magnitude. Iako je treći potres bio slabije magnitude od prva dva, pretpostavlja se da prouzročio najviše štete na predmetnoj građevini, odnosno štetu prouzročenu prvim potresom još dodatno pojačao i produbio. Razlog toga je što se njegov hipocentar nalazio puno pliće, točnije na dubini od 2 km, te je time prijenos energije na površinu bio jači. Položaj predmetne građevine je najviše pridonio devastirajućem efektu. Predmetna zgrada nalazi se na samom rasjedu i na direktnom putu širenja potresnog vala.

Obavljen je statički pregled etaže 1 i etaže 2 nakon potresa. Dijagnosticirana su oštećenja prema tipu i jačini, te svrstana u odgovarajuće razrede oštećenja. Na temelju toga su predložene mjere sanacije i okvirni troškovnik radova.

Ključne riječi:

potres, magnituda potresa, intenzitet potresa, rasjed, seizmičnost, razredi oštećenja, strukturalna oštećenja, pukotine, strukturalni integritet, sanacija

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF BUILDING STRUCTURE WITH IMPLEMENTATION DETAILED INSPECTION OF A RESIDENTIAL BUILDING

Abstract

The subject of this master thesis is a semidetached residential building located in Zagreb, more preciesely in Gornji Bukovac. The building was severely damaged due to the earthquake that occurred on March 22.2020. The epicentre of the first earthquake was located 7 km north of the center of Zagreb more precisely in Markuševac, or approx. 4 km from our subject building. Shortly after the first strongest earthquake, 2 more weaker magnitudes followed. Although the third earthquake was of weaker magnitude than the first two, it is assumed that the third earthquake caused the most damaged to the building in question, the damage caused by the first earthquake was further intensified and produced. The reason for this is that its hypocentre was much shallower, more precisely at a depth of 2 km, and thus the transfer of energy to the surface was stronger. The position of the building in question contributed the most to the devastating effect. The building in question is located on the fault and on the direct path of propagation of the earthquake wave.

A static control of floor 1 and floor 2 after the earthquake was performed. Damage by type and severity was diagnosed, and classified into appropirate damage classes. Based on that remediation measures and an approximate cost estimate of works were suggested.

Keywords:

earthquake, earthquake magnitude, earthquake intensity, fault, seismicity, damage classes, structural damage, wall craks, structural integrity, remediate

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. OPĆENITO O POTRESIMA 2

2.1. TEKTONSKA TEORIJE 2
2.2. UZROCI NASTANKA POTRESA 3
2.3. ODREĐIVANJE LOKACIJE POTRESA 5
2.4. MJERENJE SNAGE POTRESA 7
2.4.1. Magnituda potresa 7
2.4.2. Intenzitet potresa 8
2.4.3. Seizmički moment magnitude 9

3. TEHNIČKI DIO 11

3.1. OPIS STAMBENE ZGRADE 11
3.1.1. Smještaj i oblikovanje građevine 11
3.1.2. Orto-foto snimak (geoportal) 12
3.1.3. Opis konstrukcije etaže 1 i etaže 2 12
3.1.4. Opis i stanje instalacija 13
3.2. POTRES U ZAGREBU 22. OŽUJKA 2020. 13
3.3. SEIZMIČKE KARAKTERISTIKE OBUHVAĆENOG PODRUČJA 19
3.3.1. Geografske značajke predmetne lokacije 22
3.4. TEKTONIKA PODRUČJA 24
3.5. PROCJENA UPORABLJIVOSTI I SPECIFIKACIJA OŠTEĆENJA 27
3.5.1. Klasifikacija oštećenja 27

4. REKOGNOSCIRANJE ZGRADE I OKOLIŠTA 30

4.1. PATOLOGIJA OŠTEĆENJA ZGRADE 30
4.2. PRIJEDLOZI I NAČINI SANACIJE 43
4.2.1. Sanacija temelja 43
4.2.2. Sanacija nosivih konstruktivnih dijelova zgrade 45
4.2.3. Sanacija nenosivih dijelova zgrade 47
4.2.4. Detalji i opis sanacije 48
4.2.4.1. Ojačanja nosivih zidova 48

5. OKVIRNI TROŠKOVNIK PREDLOŽENIH MJERA SANACIJE 58

5.1. SANACIJA TEMELJE I TEMELJNOG SUSTAVA 58
5.2. SANACIJA STRUKTURALNIH I NESTRUKTURALNIH DIJELOVA 59
5.3. SPECIJALNI RADOVI SANACIJE 60

6. ZAKLJUČAK 63

7. POPIS LITERATURE 65

8. POPIS SLIKA 67

1. UVOD

Zgrade koje su projektirane i izvedene u skladu sa modernim tehničkim propisima ponašati će se zadovoljavajuće u slučaju potresa. Međutim, stare zidane zgrade, građene tradicionalnim neeinženjerskim načinom vrlo su osjetljive na djelovanje potresa i potrebno je umanjiti rizik od oštećenja. Tradicionalne metode građenja nisu uzimale u obzir zaštitu od potresa, odnosno nisu projektirane i izvedene tako da budu otporne na potresno opterećenje. Glavni nedostaci tradicionalnih metoda građenja su nedovoljna cjelovitost konstrukcije, nepostojanje veza između zidova i stropnih konstrukcija, pri čemu dolazi do razdvajanja nosivih zidova u kutevima. Također uporaba materijala loše kakvoće, neodgovarajući raspored opterećenja, veliki otvori, pretjerane visine i nedostatak nosivih zidova u nekom smjeru. Danas su razvijene mnoge metode za aseizmičko pojačanje ziđa i čitavih zgrada, pri čemu se građevine oštećene potresom saniraju tako da im se osigura nosivost ista ili veća od one prije potresa.

Sve veća šteta i žrtve koje nastaju pri potresu posljedica su rušenja dijelova građevina ili cijelih građevina kao i problema u temeljnom tlu. Jedna od popratnih pojava jakih potresa u tlu je pojava likvefakcije, odnosno trenutnog smanjenja posmične čvrstoće nekoherentnih materijala zbog smanjenja čvrstoće tla. Glavni parametri o kojima ovisi pojava likvefakcija su visoki stupanj saturacije te niski indeks zbijenosti. Posljedice likvefacije tla su slijeganje i prevrtanje građevina zbog smanjena čvrstoće tla. Zbog toga važnu ulogu ima poznavanje strukture temeljnog tla i metode njegovog poboljšanja.

Sve učestalija pojava potresa rezultirala je građenjem sa više pažnje, ojačanjem postojećih građevina, ugrađivanjem elemenata koji na sebe apsorbiraju dio energije potresa, te ležajeva koji ublažavaju gibanje i moguće posljedice. Iako pojava potresa u Hrvatskoj nije učestala pojava, znamo da su potresi nepredvidivi i da ne biraju ni vrijeme ni mjesto. Tome smo i svjedočili u jutarnjim satima 22.ožujka 2020.godine kada je Zagreb i široku okolicu pogodio snažan potres koji je za sobom ostavio katastrofalne posljedice.

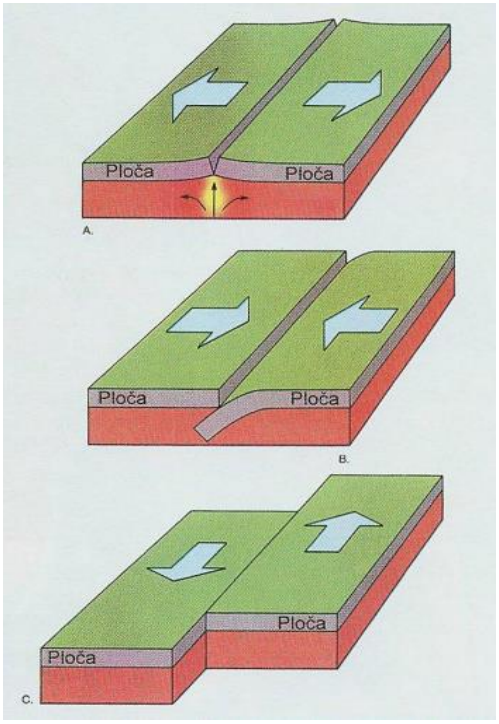
Područje Grada Zagreba izloženo je djelovanju potresa jer se nalazi u seizmički aktivnom području. Za povratni period od 500 godina izračunati intenziteti potresa kreću se u intervalu od 7.0 do 7.5stupnjeva (jugozapadni dio grada), do 8,5-10 stupnjeva MCS ljestvice (sjeveroistočni dio grada). Grad Zagreb 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.

2. OPĆENITO O POTRESIMA

2.1. Tektonska teorije

Potres je gibanje tla koje nastaje kao posljedica oslobođenja energije u Zemljinoj kori. Zemlja se sastoji od četiri sloja: unutrašnja jezgra, vanjska jezgra, plašt i kora. Zemljina kora je na dubini od 10-60 km razlomljena na ploče koje se pomiču po zemljinom plaštu kao kruta tijela pri čemu se međusobno sudaraju pri čemu nastaju sile. Postoje tri tipa granica između ploča koje ovise o tome kako se ploče pomiču jedna u odnosu na drugu. To su: divergentne granice, transformne granice i konvergentne granice. Divergentne granice nastaju na mjestima gdje se ploče razmiču jedna od druge. Transformne granice nastaju na mjestima gdje ploče klize jedna pored druge, a granica po kojoj klize naziva se transformni rasjed. Konvergentne granice nastaju na mjestima gdje jedna ploča tone pod drugu tvoreći pritom zonu subdukcije. Nakon prekoračenja nosivosti dolazi do raspucavanja i naglih pomaka koji su praćeni oslobođenjem energije što se na površini rezultira pojavom seizmičke aktivnosti.

Konstantno kretanje ploča može dovesti do pucanja i razmicanja stijene pri čemu nastaju rasjedi. Rasjedi su pukotine u stijeni nastale zbog pomicanja stijenske mase. Pomaci mogu biti u vidu dugotrajnog klizanja ili se mogu dogoditi iznenada pri čemu dolazi do oslobođenja velike količine energije, odnosno vibracija stijenske mase. Pomaci stijenskih masa mogu biti vertikalni ili horizontalni. Samo na aktivnim rasjedima se može dogoditi potres.



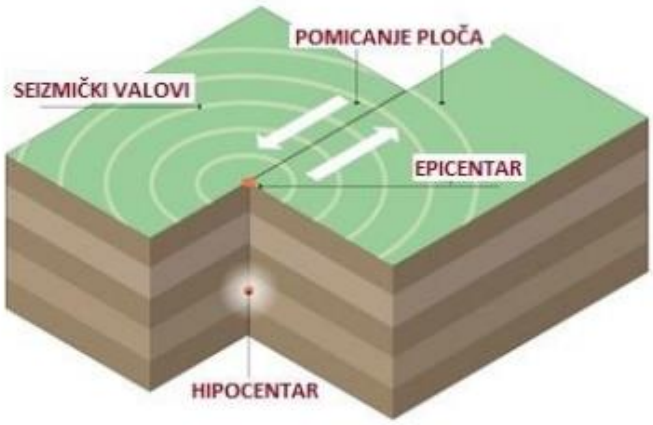
Slika 2.1. Tri tipa granica između ploča: a) divergentne granice, b) konvergentne granice, c) transformne granice;

2.2. Uzroci nastanka potresa

Mjesto u zemljinoj kori gdje nastaje potres, odnosno pucanje rasjeda, naziva se hipocentar, žarište potresa ili fokus, a točka na površini zemlje koja se nalazi vertikalno iznad hipocentra i na kojoj je intenzitet potresa najjači, naziva se epicentar. Udaljenost između epicentra i hipocentra naziva se „dubina žarišta“.

Prema dubini hipocentra potrese možemo podijeliti na plitke, srednje i duboke. Hipocentar plitkih potresa nalazi na na dubini do 70 km, hipocentar srednje dubokih potresa nalazi se na dubini između 70-300 km, a hipocentar dubokih potresa na dubini između 300-730 km i to najčešće u zonama subdukcije. Većina potresa ima hipocentar na dubini do 70 km. Duboki potresi uglavnom ne uzrokuju štete na površini zemlje.

Prilikom nastanka potresa (loma materijala) oslobađa se kinetička energija u hipocentru te se širi u svim pravcima kroz Zemljinu koru u obliku elastičnih valova.



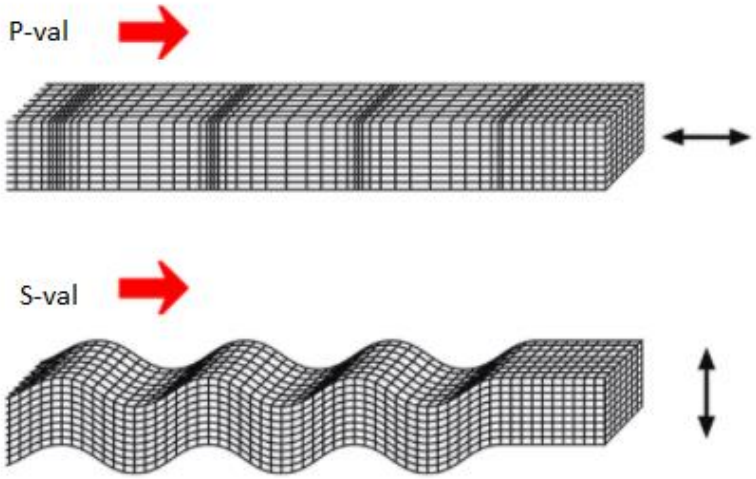
Slika 2.2. Prikaz hipocentra i epicentra potresa;

Elastične valove koji se šire Zemljinom korom nazivamo seizmički odnosno potresni valovi. Kroz zemljinu unutrašnjost šire se prostorni valovi, a na površini Zemlje površinski valovi. Prostorni valovi koji se šire iz hipocentra kroz unutrašnjost Zemlje dijele se na primarne i sekundarne.

Primarni, uzdužni, longitudinalni ili P-valovi posljedica su normalnih naprezanja u materijalu pri tome čestice tla osciliraju u smjeru širenja vala pri tome stežući i rastežući materijal kroz koji prolaze.

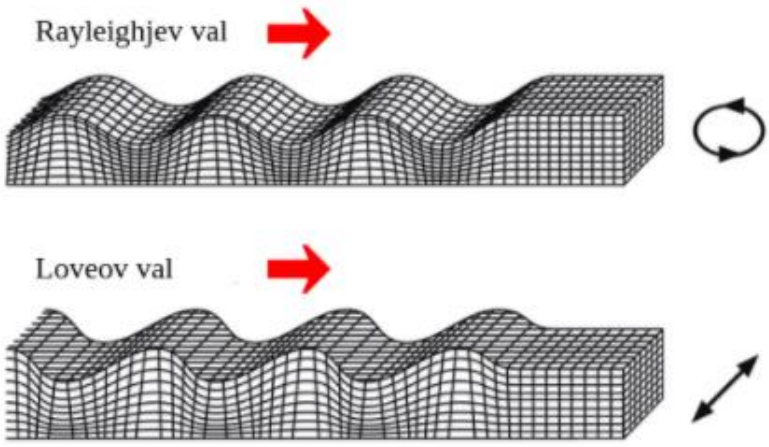
Sekundarni, transverzalni, poprečni ili S-valovi posljedica su poprečnih naprezanja u materijalu pri čemu čestice tla osciliraju okomitu na smjer širenja vala. Specifičnost S-valova je u tome da putuju samo kroz čvrsti materijal te ukoliko dođu u kontakt sa fluidom odbijaju se i vraćaju.

Brzina S-valova je značajna seizmička karakteristika tla, odnosno što je veća tla su bolja u seizmičkom pogledu. Međutim, brzina S-valova je 1,7 puta manja od brzine P-valova i ovisi o gustoći i otporu na smicanje stijene kroz koju prolazi. S-valovi imaju najveći utjecaj na građevine.



Slika 2.3. Shematski prikaz prostornih valova;crne strelice prikazuju smjer širenja čestica;

Površinski valovi šire se od epicentra površinom Zemljine kore i nastaju uslijed interakcije P i S-valova. Površinske valove dijelimo na Love-ove i Rayleigh-ove. Kod Love-ovih valova čestice tla osciliraju horizontalno na pravac širenja valova, a kod Rayleigh-ovih valova čestice tla osciliraju eliptično u ravnini okomitoj na površinu Zemlje po putanjama u suprotnom smjeru od širenja potresa. Površinski valovi su znatno sporiji od prostornih valova, pri čemu su Love-ovi valovi najsporiji i svojim karakteristika jako slični S-valovima te također ne prolaze kroz fluid.



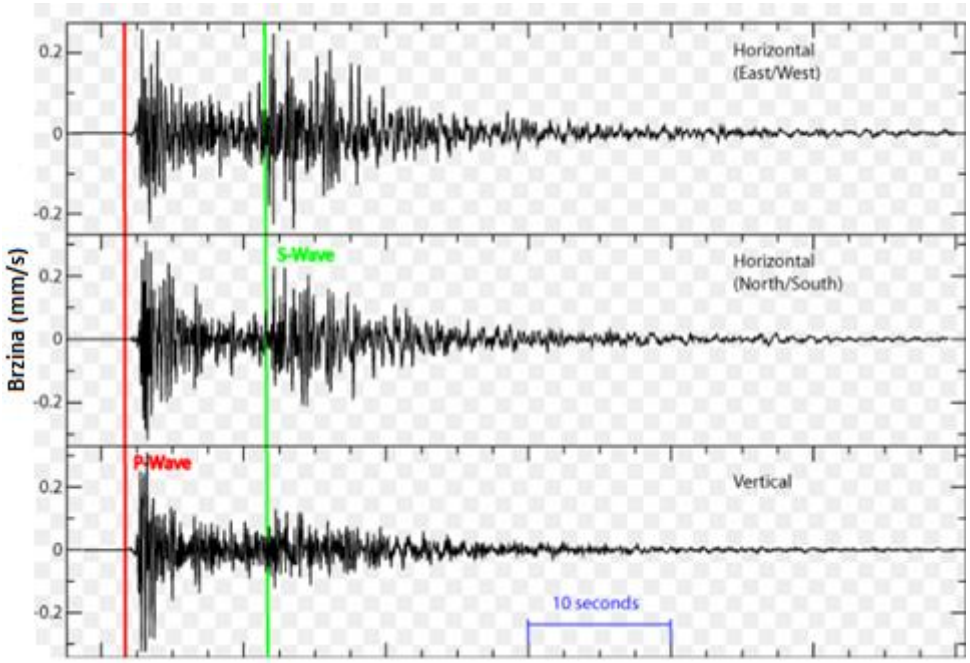
Slika 2.4. Shematski prikaz površinskih valova; crne strelice prikazuju smjer širenja čestica;

2.3. Određivanje lokacije potresa

Znanost koja se bavi proučavanjem potresa i popratnih pojava naziva se seizmologija (grč.seismos:potres i logos:znanost). Rezultati seizmoloških istraživanja se uvelike primjenjuju u građevinarstvu(protupotresno inženjerstvo, protupotresna gradnja i inženjerska seizmologija).

Instrumenti koji se koriste za bilježenje potresa nazivaju se seizmograf i akcelograf. Seizmograf je instrument kojim se bilježe pomaci tla uslijed potresa u funkciji vremena. Pošto je gibanje tla kod potresa kaotično, prostorno kretanje se određuje tako da se pomaci zapišu u tri međusobno okomita smjera. Seizmograf koristi fizikalni princip inercije, tj. njihalo koje registrira potres ostaje u stanju mirovanja u odnosu na seizmogram (zapis seizmografa) koji se kreće zajedno sa zemljinom korom te se bilježi razlika njihovog međusobnog položaja.

Akcelograf je instrument koji bilježi akceleraciju točke za koju je pričvršćen u ovisnosti o vremenu. Radi na sličnom principu kao i seizmograf, no pomaci koje bilježi su proporcionalni ubrzanju.



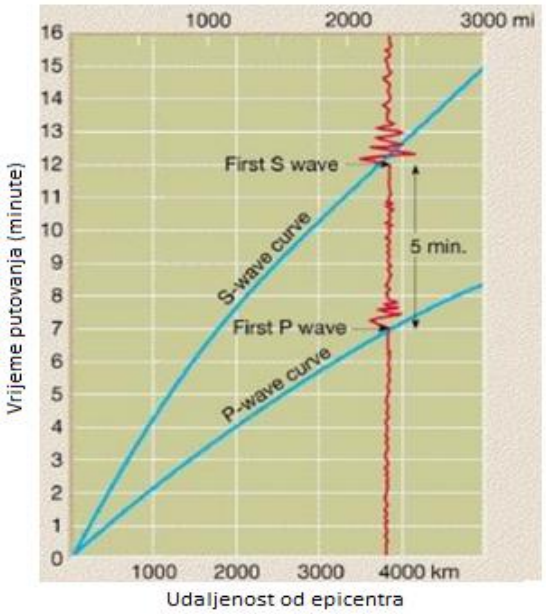
Slika 2.5.Prikaz seizmograma za 3 vrste potresnih valova:
Crvena linija prikazuje najbrže P-valove;
Zelena linija prikazuje S-valove koji su 1,7 puta sporiji od P-valova;
Zadnji dugi i najsporiji L-valovi;

Potresni valovi se šire radijalno kroz zemljinu koru, pri tome seizmograf registrira potres, ali ne možemo znati iz kojeg smjera pristižu potresni valovi.

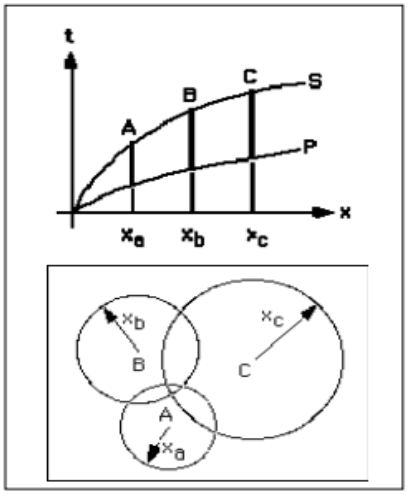
Udaljenost lokacije od epicentra nekog potresa možemo izračunati iz vremenskog intervala dolaska između P-valova i S-valova. Kombinacijom više zapisa u pristizanju P-valova i S-valova istog

potresa , na više lokacija, može se odrediti epicentar potresa. Jedna seizmološka postaja na Zemlji registrira potres. Seizmograf mjeri zastajanje S-valova za P-valovima. U tu svrhu konstruira se „krivulja kašnjenja valova“ *(Slika 2.6*) iz koje možemo vidjeti koju su udaljenost prošli valovi, ali ne možemo znati smjer odakle su putovali.

Da bismo odredili epicentar potresa potrebna nam je krivulja hodokrona. Ona prikazuje ovisnost između epicentralne udaljenosti (udaljenost između epicentra i seizmološke stanice) i vrijeme putovanja potresnog vala. Potrebni su nam podaci sa zapisima potresa sa tri seizmološke postaje (*slika 2.7).* Zatim se nacrtaju udaljenosti svake seizmološke stanice i crta se kružnica kojoj je centar mjerna stanica, a radijus udaljenost od potresa. U konačnici, sjecište kružnica locira mjesto potresa.



Slika 2.6. Primjer krivulje kašnjenja valova;



Slika 2.7. Određivanje epicentra potresa na temelju podataka sa tri seizmološke postaje;

2.4. Mjerenje snage potresa

Osim određivanja lokacije epicentra nekog potresa potrebno je odrediti i jačinu potresa te njegov učinak na okoliš, ljude i građevine. Snaga potresa može se odrediti preko magnitude ili preko intenziteta potresa. Najčešće korištena magnituda potresa je Rihterova ljestvica, a intenziteta potresa Merkallijeva ljestvica.

2.4.1. Magnituda potresa

Magnituda potresa predstavlja mjeru jakosti potresa, odnosno količinu oslobođene energije u hipocentru. Ljestvicu magnituda odredio je C.F.Rihter 1935.godine te se prema njemu naziva Rihterova magnituda, no zapravo najispravniji naziv je lokalna magnituda (ML).

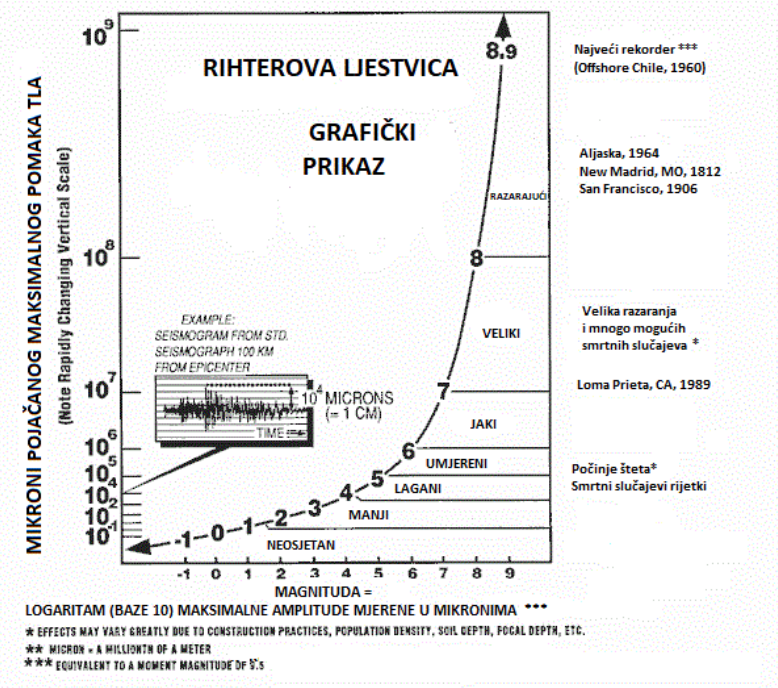
Magnituda potresa proporcionalna je energiji (E) potresnih valova koji se oslobode u hipocentru potresa. Mjerenjem se određuje amplituda najvećeg seizmičkog vala zabilježenog na seizmografu. Visina najveće amplitude pretvara se u numeričku vrijednost koristeći logaritamsku skalu.

Korelacija između energije seizmičkih valova (E) i magnitude(M) dana je empirijskom jednadžbom:

$$\log E = 4{,}8 + 1{,}5M$$

Odnosno;

$$M = \frac{2}{3} = (\log E - 4{,}8)$$



Slika 2.8. Grafički prikaz Rihterove ljestvice;

Sa *Slike 2.8.* možemo vidjeti da je magnitudna ljestvica nelinearna-logaritamska, što znači da ako se magnituda poveća za 1 stupanj to odgovara povećanju energije 32 puta, odnosno ako se magnituda poveća za 2 to odgovara povećanju energije 1000 puta. Npr. Potres jačine 4.0 prema Rihterovoj ima 100 puta veću amplitudu i 1000 puta veću energiju od potresa magnitude 2.0.

Na *Slici 2.9.* možemo vidjeti kako Rihterova ljestvica nema gornju granicu i nisu opisani učinci samog potresa, nego količina energije koja se oslobodila u hipocentru.

Richterove magnitude	Opis potresa	Učinci djelovanja potresa	Učestalost pojave
Ispod 2.0	Mikro	Mikropotresi, ne osjećaju se.	Oko 8.000 po danu
2.0-2.9	Manji	Općenito se ne osjete, ali bilježe ga seizmografi.	Oko 1.000 po danu
3.0-3.9		Često se osjete, no rijetko uzrokuju štetu.	49.000 godišnje (procjena)
4.0-4.9	Lagani	Osjetna drmanja pokućanstva, zvukovi trešnje. Značajnija oštećenja rijetka.	6.200 godišnje (procjena)
5.0-5.9	Umjereni	Uzrokuje štetu na slabijim građevinama u ruralnim regijama, moguća manja šteta kod modernih zgrada.	800 godišnje
6.0-6.9	Jaki	Može izazvati štete u naseljenim područjima 160 km od epicentra.	120 godišnje
7.0-7.9	Veliki	Uzrokuje ozbiljnu štetu na velikom području.	18 godišnje
8.0-8.9	Razarajući	Može prouzrokovati golemu štetu i po tisuću kilometara od epicetra.	1 godišnje
9.0-9.9		Katastrofalni potres koji uništava većinu objekata u krugu od nekoliko tisuća kilometara.	1 u 20 godina
10.0+	Epski	Nikada nisu zabilježeni.	Ekstremno rijetki (nepoznati)

Slika 2.9. Prikaz Rihterove ljestvice;

2.4.2. Intenzitet potresa

Intenzitet potresa je mjera učinka potres, odnosno posljedice djelovanja potresa na površini Zemlje. Izražava se u stupnjevima prema opisnoj ljestvici intenziteta. Prvu takvo ljestvicu izradio je Giacomo Gastald 1564. koja je bila osnova za izradu ljestvica u narednim godinama. Godine 1917. Međunarodno seizmološko udruženje predložilo je za opću uporabu Mercalli-Cancan-Siebergovu (MCS) ljestvicu od 12 stupnjeva koja se i danas najčešće koristi. Intenzitet potresa kod Merkalijeve ljestvice ovisi o udaljenosti od epicentra odnosno hipocentra. To znači da će potres iznad hipocentra imati intenzitet VI stupnjeva, a 250 km dalje od epicentra jedva II. Stupnja Merkalija. Također intenzitet potresa ovisi od geologije, tipa gradnje, vrsti građevine, subjektivnom dojmu promatrača. Na temelju linija jednakog intenziteta potresa izrađuje se karta izoseista, pomoću koje se može odrediti epicentralni intenzitet I_o , epicentar potresa i dubina žarišta h.

Danas postoje razne makroseizmičke ljestvice koje opisuju intenzitet potresa: Mercalli-Cancani-Siebergova(MCS), Modificirana Mercallijeva(MM, koja se koristi u SAD-u), Medvedev-Sponheuer-Karnikova(MSK) i Europska makroseizmička ljestvica (EMS). Ljestvice su prilagođene područjima u kojima se koriste npr. vrsti materijala od kojeg se izrađuje objekti, tlu na kojeg se gradi te ostalim lokalnim uvjetima. Makroseizmičke ljestvice intenziteta imaju najčešće 12 stupnjeva, a svaki stupanj opisuje jačinu i posljedice koje je potres prouzročio, npr. u prvi stupanj ja-

kosti potresa pripadaju nezamjetljivi potresi koje bilježi samo seizmograf, a dvanaesti stupanj opisuje katastrofalne potrese pri čemu dolazi do rušenja svega što je čovjek sagradio.

Nedostatak ove mjere jakosti potresa je u tome što u nenaseljenim područjima ne postoji procjena intenziteta, odnosno intenzitet je nula jer nema opažača koji bi kategorizirali učinke potresa.

1.	**Nezamjetljiv potres**	Bilježe ga jedino seizmografi.
2.	**Vrlo lagan potres**	U višim katovima stambenih zgrada osjete ga vrlo osjetljivi (senzibilni) ljudi.
3.	**Lagan potres**	Podrhtavanje tla kao pri prolazu automobila. U unutrašnjosti zgrada osjeti ga više ljudi.
4.	**Umjeren potres**	U zgradama ga osjeti više ljudi, a na otvorenome samo pojedinci. Budi neke spavače. Trese vrata i pokućstvo. Prozori, staklenina i posude zveče kao pri prolazu teških kamiona.
5.	**Prilično jak potres**	Osjeti ga više ljudi na otvorenom prostoru. Budi spavače; pojedinci bježe iz kuća. Njišu se predmeti koji slobodno vise, zaustavljaju se ure njihalice.
6.	**Jak potres**	Ljudi bježe iz zgrada. Sa zidova padaju slike, ruše se predmeti, razbija se posuđe, pomiče ili prevrće pokućstvo. Zvone manja crkvena zvona. Lagano se oštećuju pojedine dobro građene kuće.
7.	**Vrlo jak potres**	Crjepovi se lome i kližu s krova, ruše se dimnjaci. Oštećuje se pokućstvo u zgradama. Ruše se slabije građene zgrade, a na jačima nastaju oštećenja.
8.	**Razoran potres**	Znatno oštećuje do 25% zgrada. Pojedine se kuće ruše do temelja, a velik ih je broj neprikladan za stanovanje. U tlu nastaju pukotine, a na padinama klizišta.
9.	**Pustošni potres**	Oštećuje 50% zgrada. Mnoge se zgrade ruše, a većina ih je neupotrebljiva. U tlu se javljaju velike pukotine, a na padinama klizišta i odroni.
10.	**Uništavajući potres**	Teško oštećuje 75% zgrada. Velik broj dobro građenih kuća ruši se do temelja. Ruše se mostovi, pucaju brane, savijaju željezničke tračnice, oštećuju putevi. Pukotine u tlu široke su nekoliko decimetara. Urušavaju se špilje, pojavljuje se podzemna voda.
11.	**Katastrofalan potres**	Gotovo sve zgrade ruše se do temelja. Iz širokih pukotina u tlu izbija podzemna voda noseći mulj i pijesak. Tlo se odronjava, stijene se otkidaju i ruše.
12.	**Veliki katastrofalan potres**	Sve što je izgrađeno ljudskom rukom ruši se do temelja. Reljef mijenja izgled, zatrpavaju se jezera, rijeke mijenjaju korito.

Slika 2.10. Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica(MCS);

2.4.3. Seizmički moment magnitude

U današnje vrijeme najpreciznija metoda za određivanje jakosti potresa je mjerenje seizmičkog momenta (M_o). Ova metoda se bazira na geometriji rasjeda, odnosno određivanju površine pucanja rasjeda, koji je uzrokovao pokrete, kao i ocjenu posljedica rasjedanja na površini Zemlje. Razlika ove metode u odnosu na Rihterovu ljestvicu je u tome što se kod momenta magnitude žarište potresa tretira kao površina rasjeda u odnosu na Rihtera koji žarište potresa tretira kao točku, odnosno malu površinu.

Pomoću seizmičkog momenta magnitude i geometrije rasjeda možemo izračunati jačinu potresa prema formuli:

$$M_0 = \mu \cdot S < d >$$

Gdje su:

μ - snaga smicanja rasjednih ploha

S – površina rasjednih ploha

$< d >$ - srednja vrijednost pomaka duž rasjeda

Seizmički moment magnitude uzima u obzir i fizičke karakteristike materijala(stijena, mineral) kroz koje prolaze seizmički valovi.

S obzirom da je seizmički moment veličina koja definira jakost potresa, uvedena je nova magnituda koja je nazvana momentna magnituda(M_w), koja je funkcija seizmičkog momenta:

$$M_w = a \cdot \log(M_o) + b$$

3. TEHNIČKI DIO

3.1. Opis stambene zgrade

3.1.1. Smještaj i oblikovanje građevine

Dvojna stambena zgrada nalazi se u Zagrebu, na adresi Gornji Bukovac 168, na katastarskoj čestici broj 2201/2, ko. Remete, koja je identična zemljišnoknjižnoj čestici br. 1860/1, ko. Remete. Ukupna površina čestice iznosi 152 čhv, odnosno 547 m^2.

Dvojna stambena zgrada svojom zapadnom stranom spojena je na stambenu zgradu koja se nalazi na katastarskoj čestici br. 2203, ko. Remete (*Slika 3.1*).

Istu čine stambeni prostori, etaže koje se nalaze u podrumu, prizemlju, I. katu i potkrovlju. Na svakoj etaži nalazi se po jedan stan. Zgrada je izgrađena je 1965. godine.

Prema Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba (16/07, 8/09, 7/13, 9/16, 12/16-pročišćeni tekst), zgrada se nalazi unutar građevinskog dijela naselja stambene namjene.

Predmet ovog zadatka su:

- **ETAŽA 1, suvlasnički dio 14,7/100,**
  koja u naravi predstavlja dvosobni stan u podrumu, ukupne površine 43,50 čm,

- **ETAŽA 2, suvlasnički dio 25,14/100,**
  koja u naravi predstavlja trosobni stan na I. (prvom) katu, ukupne površine 74,37 čm i pripadajuća terasa u površini 22,28 čm i stubište u površini od 6,60 čm.



Slika 3.1. Prikaz predmetne zgrade na zemljopisnoj karti;

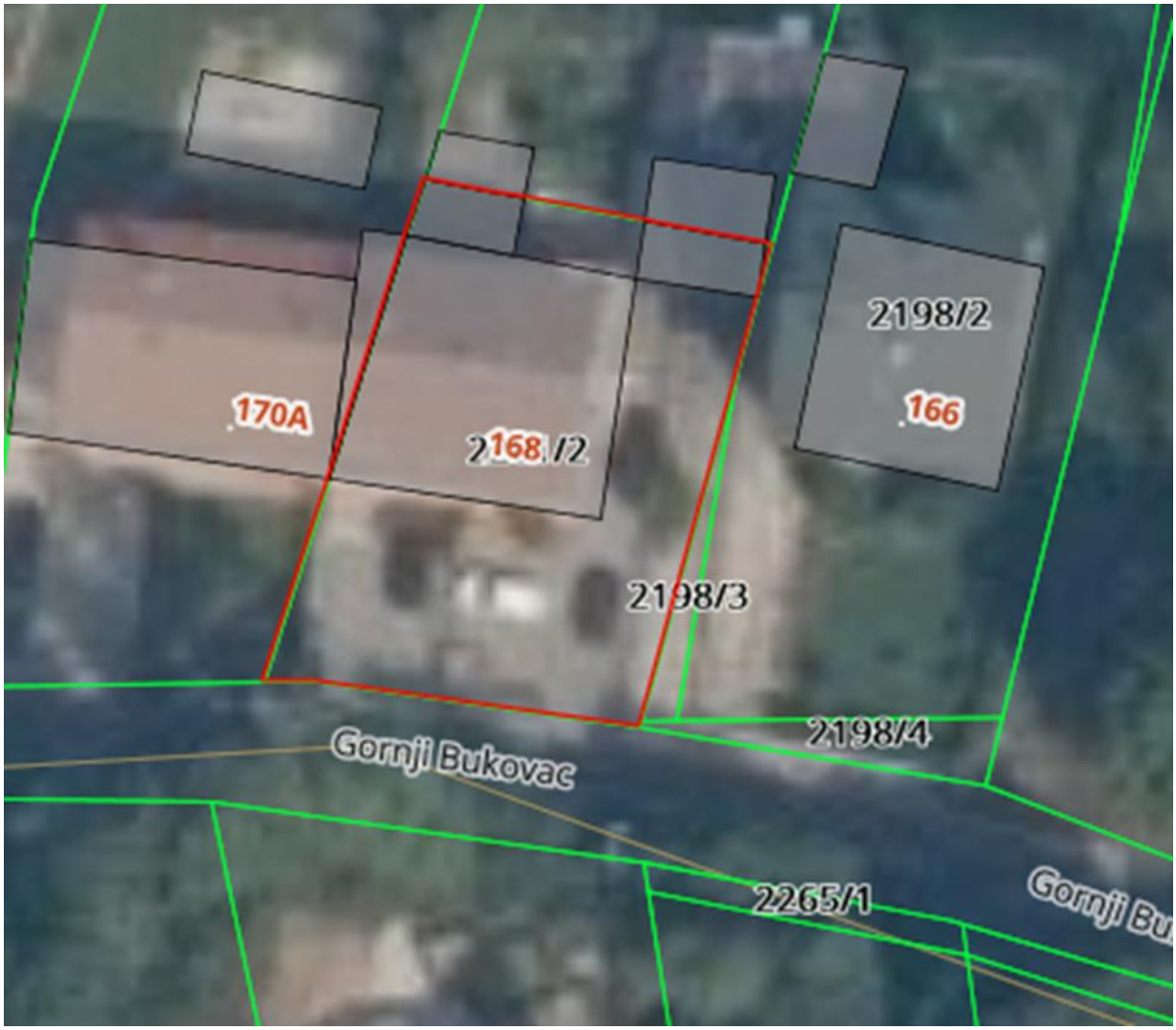
3.1.2. Orto-foto snimak (geoportal)

KATASTARSKA ČESTICA BR: 2201/2

KATASTARSKA OPĆINA: REMETE

ZEMLJIŠNA ČESTICA BR: 1860/1

KATASTARSKA OPĆINA: REMETE



Slika 3.2. Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice;

3.1.3. Opis konstrukcije etaže 1 i etaže 2

Temelji su izvedeni kao temeljne trake. Nosiva konstrukcija zidova u podrumu (etaže 1) izvedena je zidanjem betonskim blokovima debljine 35 cm. Prilikom adaptacije stavljena je toplinska izolacija sa unutarnje strane, zbog čega je bilo teško razmotriti pukotine. Zidovi podruma su u vidljivo dobrome stanju. Nosivi zidovi prizemlja (etaža 2) izvedeni su od pune opeke NF formata tzv. opeka„jedinka“, a prema oštećenjima uočenim prilikom pregleda utvrđeno je kako većina zidova

nema izvedene horizontalne i vertikalne ukrute (serklaže). Međukatna konstrukcija izvedena je kao armiranobetonska ploča.

3.1.4. Opis i stanje instalacija

ELEKTROINSTALACIJE

Zgrada je priključena na niskonaponsku električnu mrežu.

PLINSKA INSTALACIJA

Zgrada je priključena na gradsku plinsku mrežu.

VODOVOD I ODVODNJA

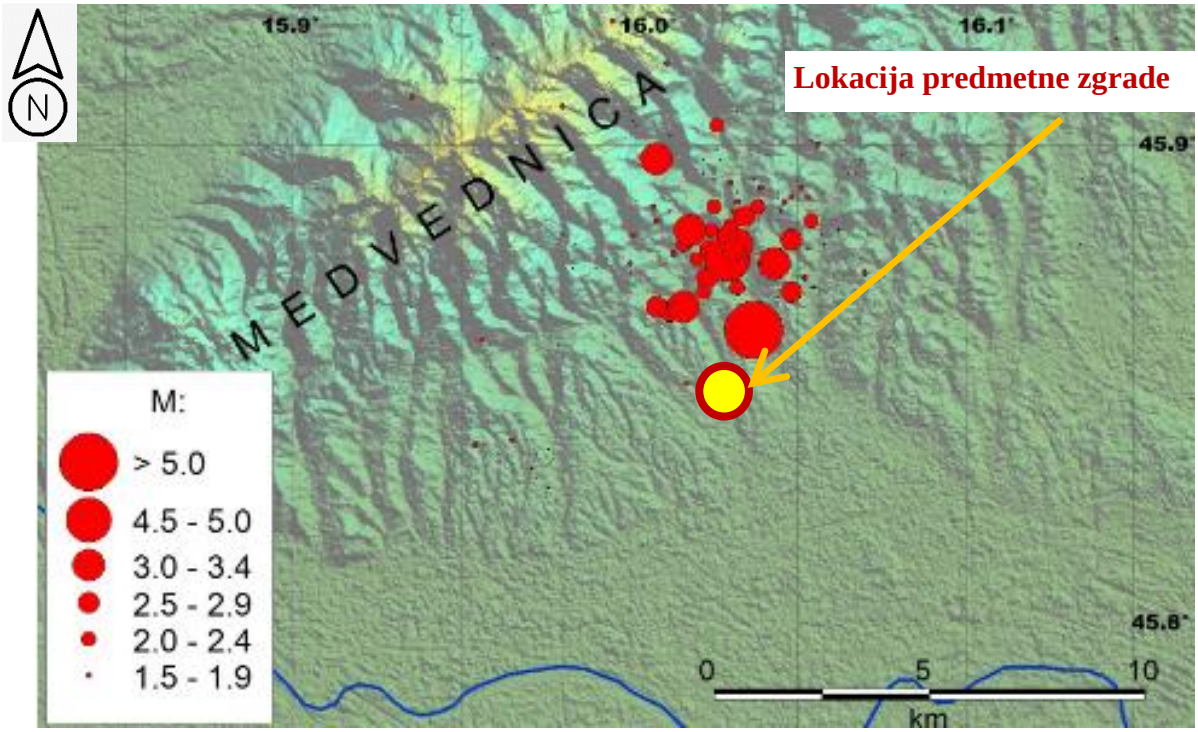
Zgrada je spojena na gradsku vodoopskrbnu mrežu, te gradsku odvodnju.

3.2. Potres u Zagrebu 22. ožujka 2020.

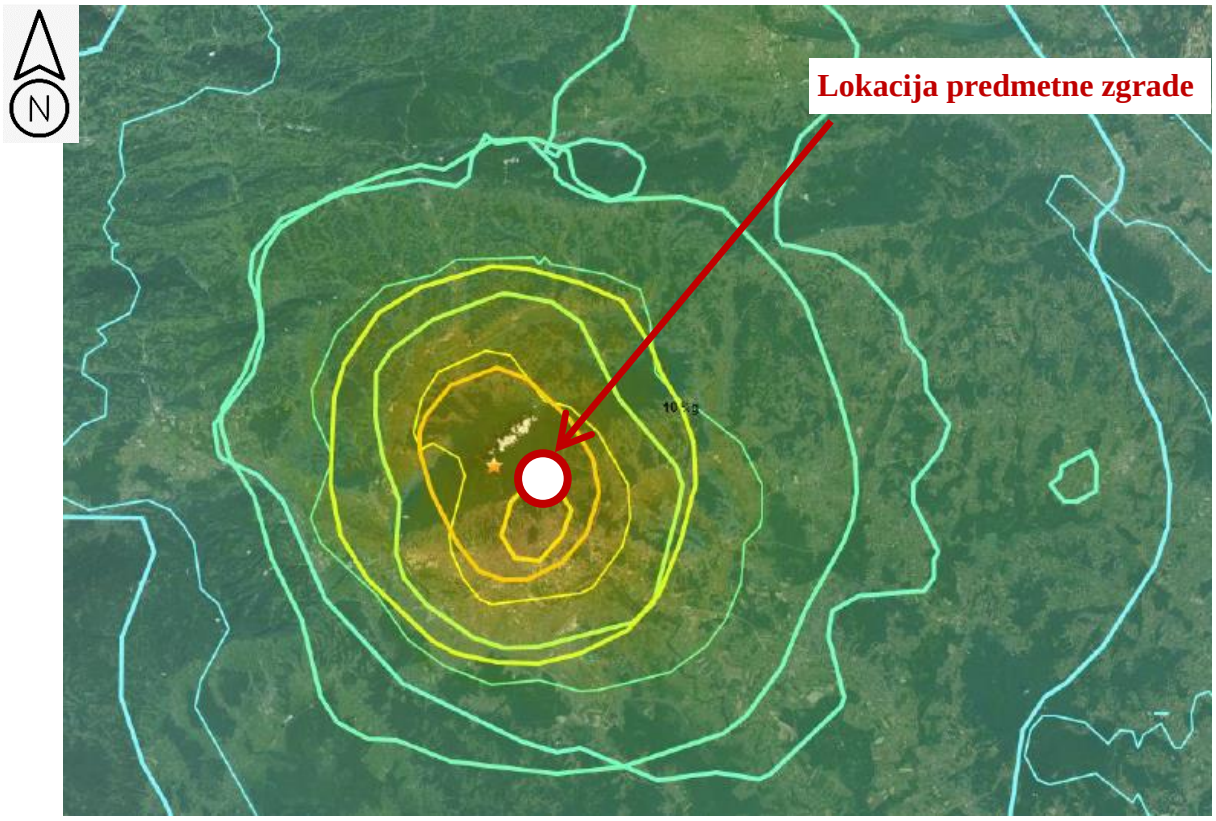
Prvi, početni i po ljestvici najjači potres u Zagrebu dogodio se 22. ožujka 2020. u 6:24 sati jačine 5,4 stupnjeva po Rihteru. Epicentar potresa nalazio se 7 kilometra sjeverno od središta Zagreba (Markuševec), na dubini 10 km, odnosno cca. 4 km od naše promatrane zgrade (*slika 13).* Na temelju analize smjera i amplitude prvog pomaka P-vala očitanih sa 144 seizmograma zabilježenih u Hrvatskoj i diljem Europe, izračunati je žarišni mehanizam najjačeg potresa koji se dogodio 22. ožujka 2020. u 6 sati i 24 minute. Time su određena dva rasjeda na kojima se potres mogao dogoditi, kao i način na koji su se rasjedna krila micala jedno u odnosu na drugo. Podaci ukazuju na to da se potres dogodio na reverznom rasjedu čija rasjedna ploha pada pod kutem od 45° ili prema sjeveru-sjeverozapadu ili prema jugu-jugoistoku.

U 7:01 sati uslijedio je još jedan potres jačine 5,0 stupnjeva po Richteru. Epicentar je bio 10 kilometara sjeverno od Zagreba, odnosno dva kilometra jugoistočno od Kašine na dubini od deset kilometara.

Treće jače podrhtavanje tla zabilježeno je u 7:41 sati, jačine 3,7 po Richteru. Epicentar je zabilježen na dubini od dva kilometara. Vrlo vjerojatno je ovaj potres prouzročio većinu nastale štete na predmetnoj zgradi, odnosno, štetu nastalu prvim potresom pojačao i produbio. Naime, iako je ovaj treći potres bio slabije magnitude od prva dva, njegov hipocentar se nalazio puno pliće od prva dva (8 km bliže, odnosno, samo na dubini od 2 km!) te je time prijenos potresne energije na površinu bio jači.



Slika 3.3. Lokacija predmetne zgrade u odnosu na epicentre potresa u razdoblju od 22.03.2020--26.03.2020;



Slika 3.4. Karta podrhtavanja tla na površini za vrijeme prvog potresa najveće magnitude izraženo u postocima gravitacijskog ubrzanja ($g=9,81ms^{-2}$);

PODACI O POTRESIMA NASTALIM 22.03.2020. (https://www.emsc-csem.org/Earthquake/europe/**):**

06:24 h

- Magnitude **Mw 5.4**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 05:24:02.8 UTC**
- Location **45.87 N ; 16.02 E**
- Depth **10 km**
- Distances 7 km NE of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 06:24:02.8 2020-03-22
  5 km S of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 06:24:02.8 2020-03-22

07:01 h

- Magnitude **mb 5.0**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 06:01:20.5 UTC**
- Location **45.87 N ; 16.00 E**
- Depth **10 km**
- Distances 6 km N of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 07:01:20.5 2020-03-22
  5 km S of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 07:01:20.5 2020-03-22

07:41 h

- Magnitude **ML 3.7**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 06:41:05.6 UTC**
- Location **45.89 N ; 16.02 E**
- Depth **2 km**
- Distances 9 km N of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 07:41:05.6 2020-03-22
  3 km SE of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 07:41:05.6 2020-03-22

09:04 h

- Magnitude **ML 3.1**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 08:04:01.5 UTC**
- Location **45.87 N ; 15.98 E**
- Depth **7 km**
- Distances 6 km N of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 09:04:01.5 2020-03-22
  5 km S of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 09:04:01.5 2020-03-22

09:10 h

- Magnitude **ML 3.0**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 08:10:26.9 UTC**
- Location **45.87 N ; 15.95 E**
- Depth **2 km**
- Distances 7 km N of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 09:10:26.9 2020-03-22
  6 km SW of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 09:10:26.9 2020-03-22

10:11 h

- Magnitude **ML 3.3**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 09:11:57.0 UTC**
- Location **45.87 N ; 16.05 E**
- Depth **4 km**
- Distances 8 km NE of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 10:11:57.0 2020-03-22
  6 km SE of Kašina, Croatia / pop: 1,500 / local time: 10:11:57.0 2020-03-22

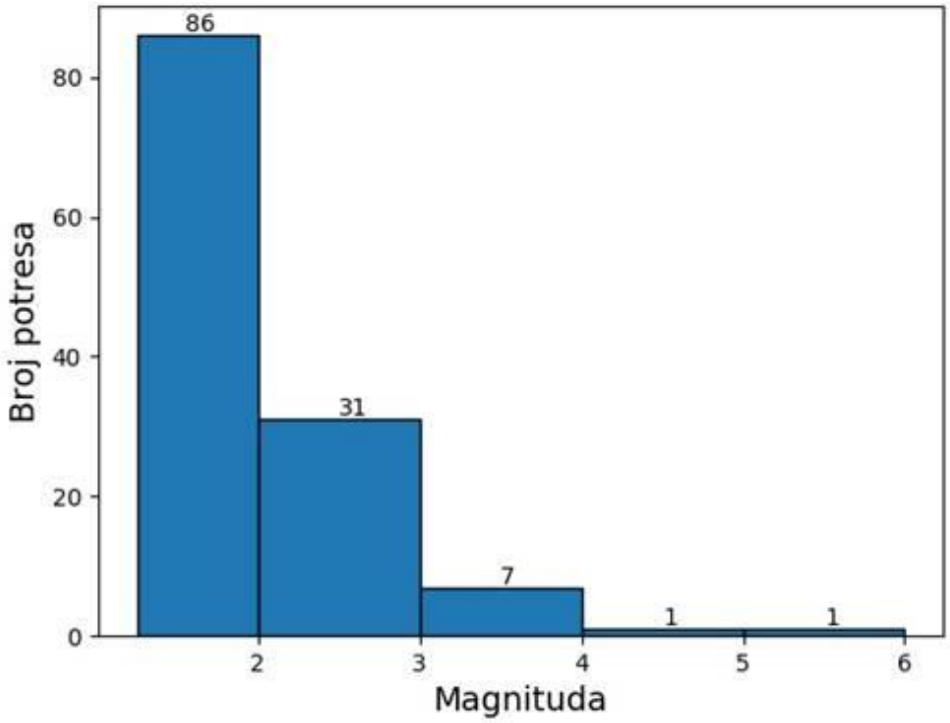
16:15 h

- Magnitude **ML 2.8**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 15:15:13.3 UTC**
- Location **45.78 N ; 15.99 E**
- Depth **2 km**
- Distances 4 km S of Zagreb, Croatia / pop: 699,000 / local time: 16:15:13.3 2020-03-22
  3 km N of Malarm, Croatia / pop: 5,000 / local time: 16:15:13.3 2020-03-22

18:00 h

- Magnitude **ML 2.9**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-03-22 18:00:20.5 UTC**
- Location **45.83 N ; 15.98 E**
- Depth **2 km**
- Distances

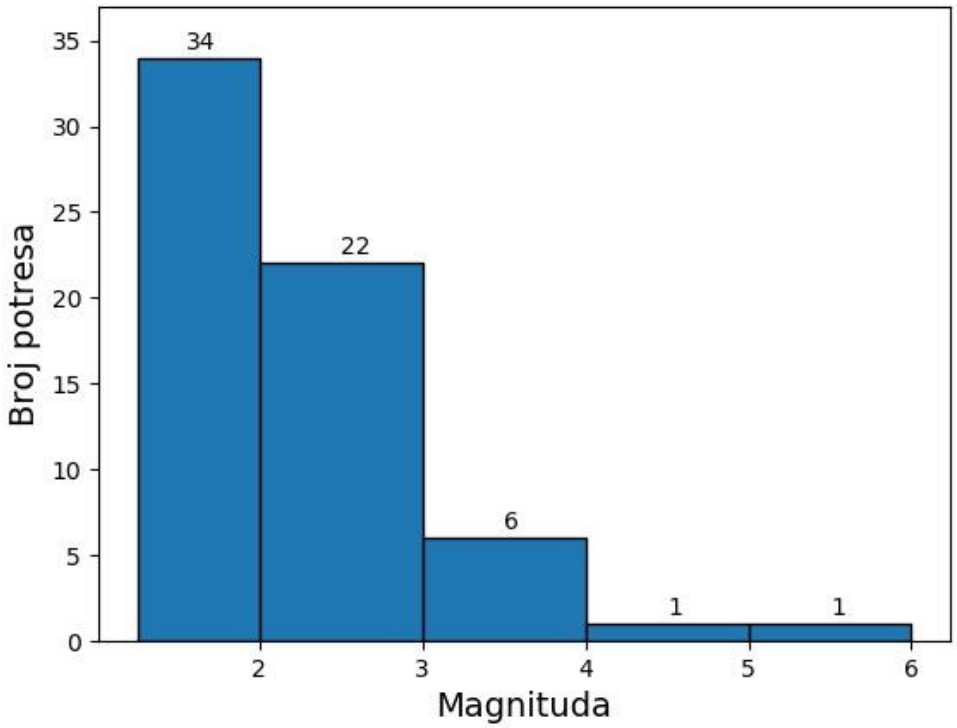
Seizmološka služba pri Geofizičkom odsjeku PMF-a u prva dva tjedna nakon glavnog potresa (do 5. travnja u 6:24) locirala je 125 naknadnih potresa magnitude veće ili jednake 1.3, od kojih se najsnažniji, magnitude 5.0, dogodio isto jutro u sedam sati i jednu minutu. Sedam potresa imalo je magnitudu između 3.0 i 4.0, 31 potres bio je magnitude od 2.0 do 3.0, a najveći broj lociranih potresa (njih 86) bilo je magnitude veće od 1.3 i manje od 2.0 *(slika 3.5).*



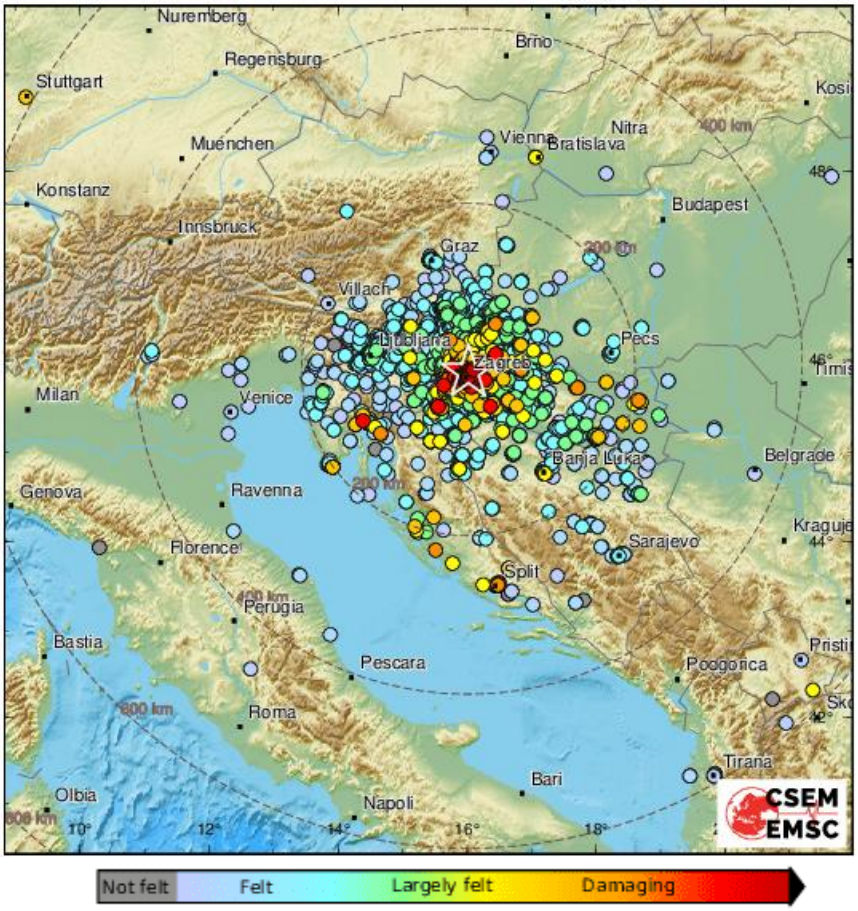
Slika 3.5. Histogram magnituda potresa koji prikazuje broj potresa po razredima magnituda (prvi razred magnituda kreće od 1.3;.

Do 26. ožujka u 16:00 sati locirano je ukupno 107 potresa, nakon čega se njihova učestalost smanjila. Svi potresi magnituda većih od 3 dogodili su se u to vrijeme. Dva potresa magnitude 3.0 dogodila su se 22. ožujka u 6:32 i 6:35 (između dva najjača potresa), potres magnitude 3.7 dogodio se isti dan u 7:41, a taj dan dogodila su se još dva potresa magnitude 3.0, u 9:04 te 10:11. Preostali potresi magnitude veće od 3 dogodili su se 23.3. u 11:12 te 24.3. u 20:53.

Svi do sada locirani potresi magnitude veće ili jednake 1.3 prikazani su na *slici 3.6.*



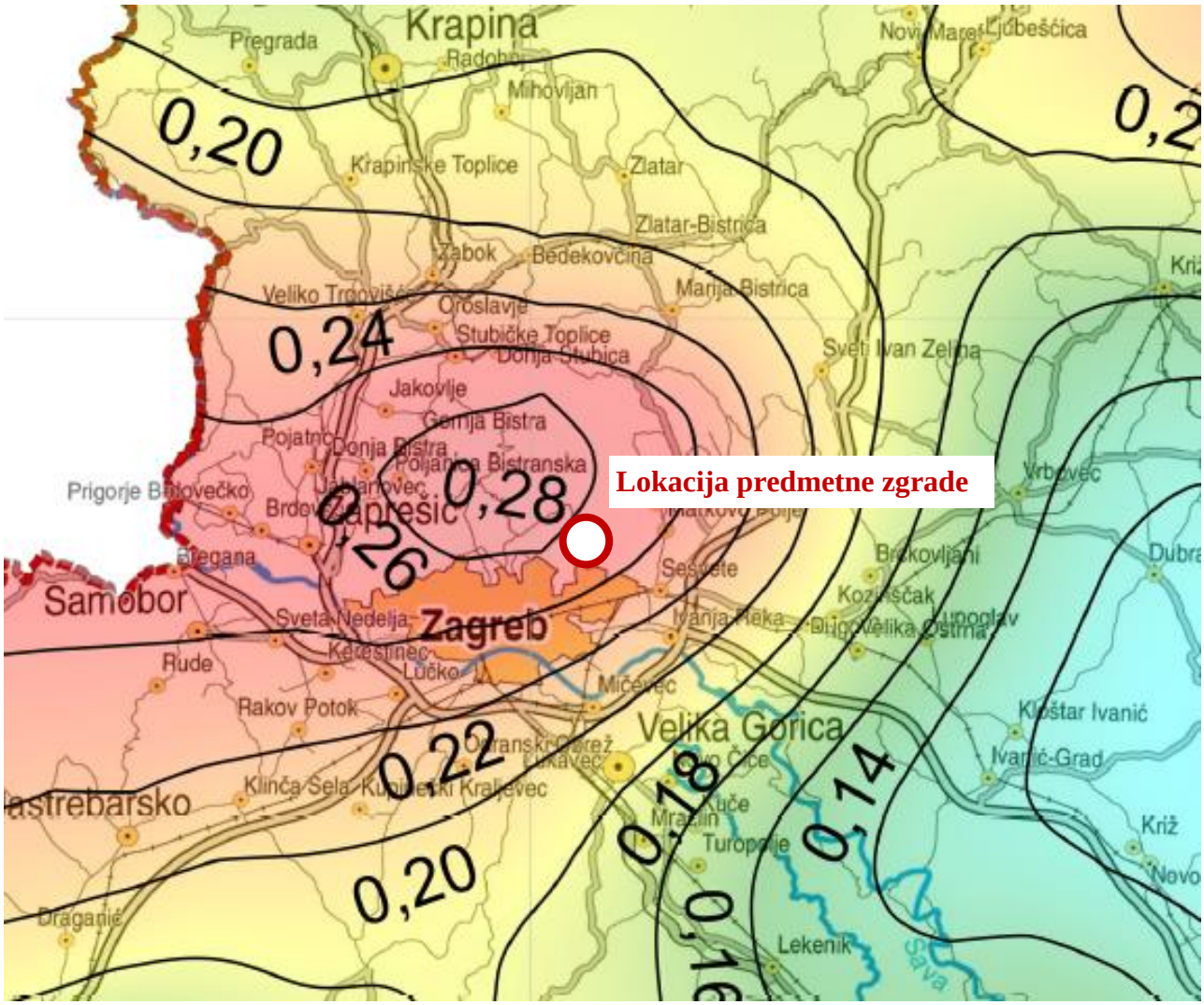
Slika 3.6. Magnitude potresa u vremenu do 5. travnja u 6:24. Visina stupića označava lokalnu magnitudu;



Slika 3.7. Prikaz lokacije epicentra sa oštećenjem;

3.3. Seizmičke karakteristike obuhvaćenog područja

Podaci o seizmičnosti šireg područja nalaze se u "Seizmološkoj karti Republike Hrvatske" (*slika 3.8*). Ta je karta izrađena za različite povratne periode, a stupnjevi seizmičnosti pojedinih područja izraženi su stupnjevima MCS ljestvice.

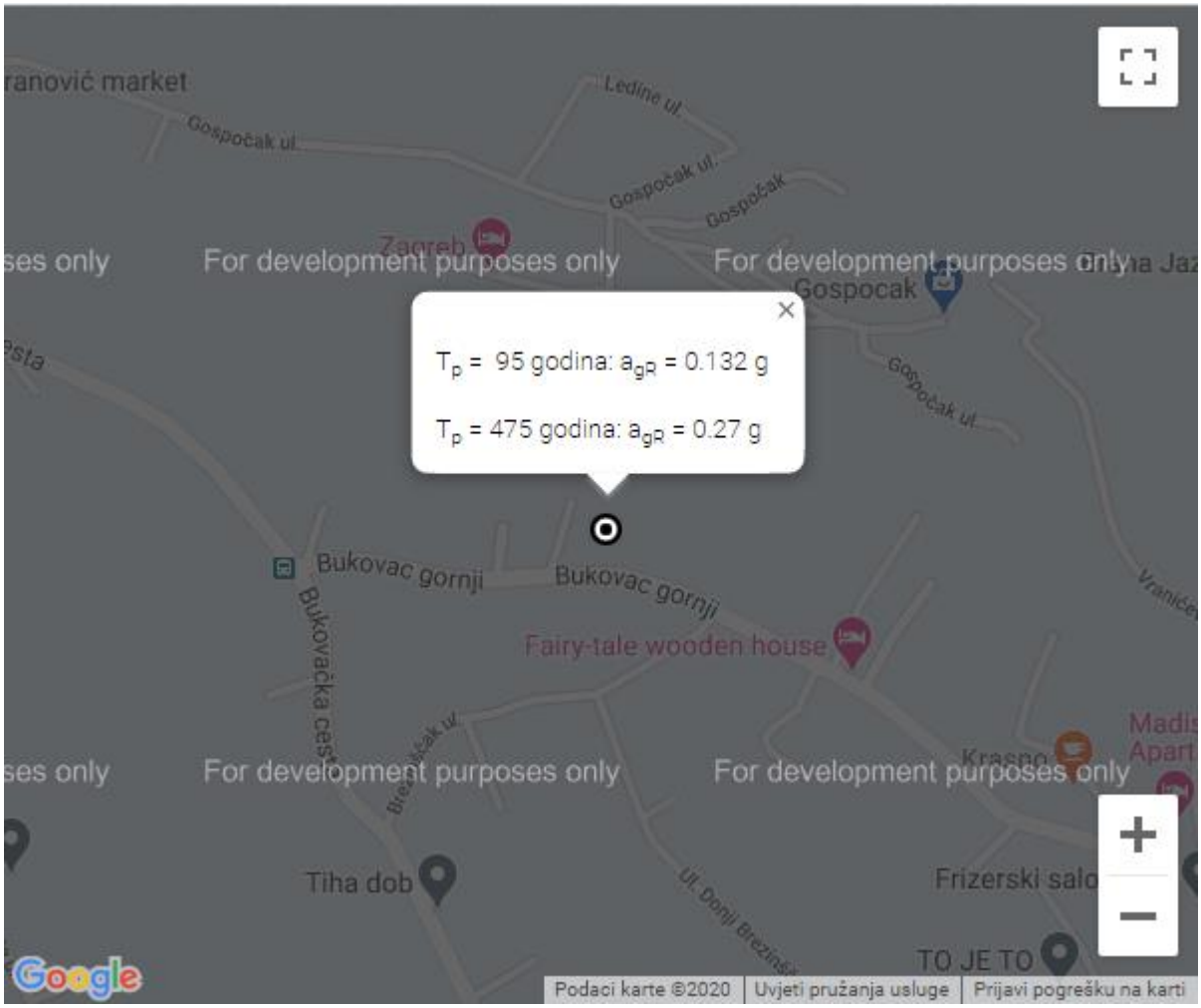


Slika 3.8. Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina);

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 očitanje iznosa horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od T_p = 95 i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (1g = 9.81 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} = 0,269g *(slika 19)*. 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.



Slika 3.9. Predmetna lokacija sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od Tp = 95 i 475 godina;

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 *„A“* a koji označava slojeve stijene ili njoj slične formacije sa 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 „A“, a za istražni prostor iznosi:$a_{gR} = 0{,}27 \cdot g\ [m/s]$ (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]	N_{SPT} [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 (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	< 180	< 15	< 70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina 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 (I_P>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

U ovisnosti od kategorije tla definirani su parametri elastičnog spektra odziva:

Tip tla	S	T_P(s)	T_C(s)	T_D(s)
A	1,00	0,15	0,4	2,0
B	1,20	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,40	0,15	0,5	2,0

- horizontalna komponenta sile: $F_H = 0{,}5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W = 0{,}5 \cdot 0{,}27g \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cong 0{,}135g$

- vertikalna komponenta sile: $F_V = 0{,}5\mathrm{F_H} = 0{,}5 \cdot 0{,}14g \cong 0{,}07g$

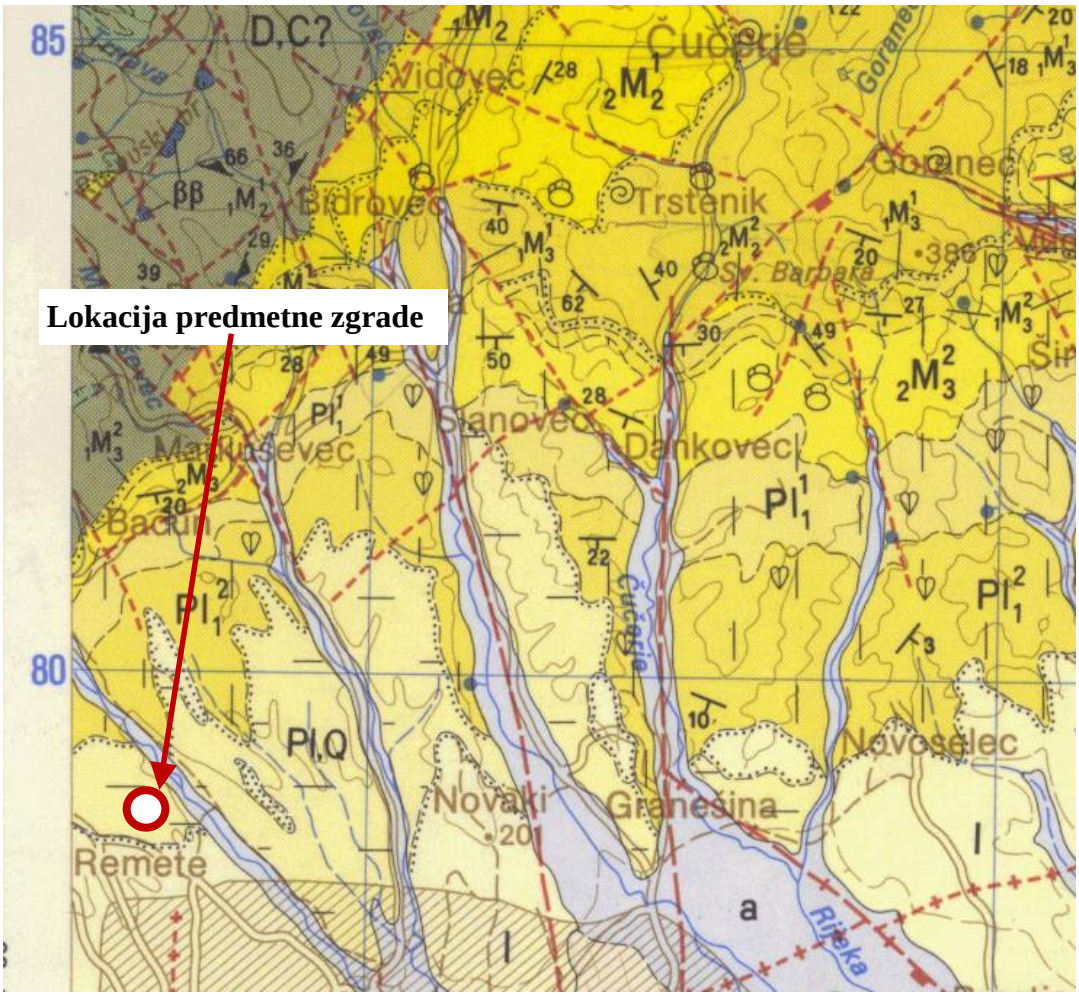
Iz gornjeg izraza možemo zaključiti koliki je doprinos horizontalnog ubrzanja tla na pojavu horizontalne sile koja djeluje na građevinu. Drugim riječima, sama vertikalna sila na zid se povećava za 50% horizontalne sile koja je uzrokovana potresom. Ta dodatna vertikalna sila predstavlja novo opterećenje na temelj i temeljno tlo dok „nova“ horizontalna sila predstavlja sasvim novo optere-

ćenje 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!).

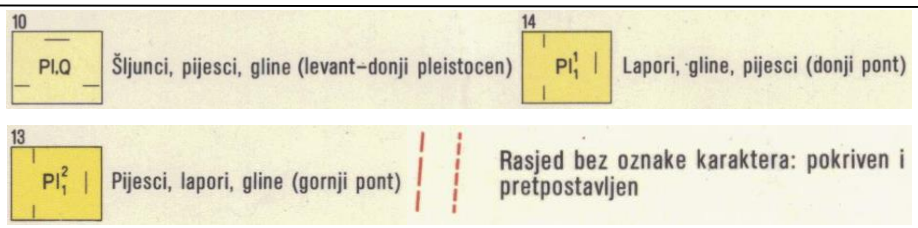
Zaključno, možemo postaviti pitanje: Što ako se ovaj dio proračuna izuzme iz samog proračuna konstrukcije?!

3.3.1. Geografske značajke predmetne lokacije

Područje lista Ivanić-Grad *(autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.),* u svojem sjeverozapadnom dijelu sadrži masiv Medvednice, koji se može podijeliti u dva dijela: jugozapadni s najvišim vrhom Sljeme, od kojeg samo sjeveroistočni dio s najvišim vrhom Pepelačka leži na listu Ivanić-Grad, i sjeveroistočni dio s najvišim vrhom Drenova. Sjever-sjeverozapadno od Medvednice leži uzvišenje područja Hum-Šagudovec s najvišim vrhom Oštri Hum. Od ostalih morfoloških uzvišenja ističu se brežuljci jugoistočnog pribrežja Medvednice u okolici Dugog Sela, Štakorovca i Brckovljana, te južnih obronaka Kalnika i nižih uzvišenja sjeveroistočno od Ivanić-Grada.



Slika 3.10. Osnovna geološka karta promatranog područja(autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.);



Q_1 - Pleistocen: kopneni prapor. Pleistocene: continental loess.

Pl,Q - Srednji i gornji pliocen - donji pleistocen i sladkovodni sedimenti (klastiti).

Pl_1 - Pont: Braktični sedimenti (klastiti)

Pregledom Osnovne geološke karte promatranog područja, vidljivo je da se predmetna zgrada nalazi na području neogenskog perioda nastalog u kenozoiku (Epoha - pliocen). Promatrano područje (*slika 3.10. lokacija predmetne zgrade*), ima vrlo složenu geološku građu.

Horstovi Medvednice i Sagudovca predstavljaju jedinstven prostor na području lista lvanić-Grad, koji je okarakteriziran značajnom prisutnošću rasjeda smjera jugo-zapad-sjeveroistok. Površina cijelog preostalog područja pokrivena je pretežno kvartarnim nanosom ili manjim dijelom gornjopontskim i mladopliocenskim naslagama.

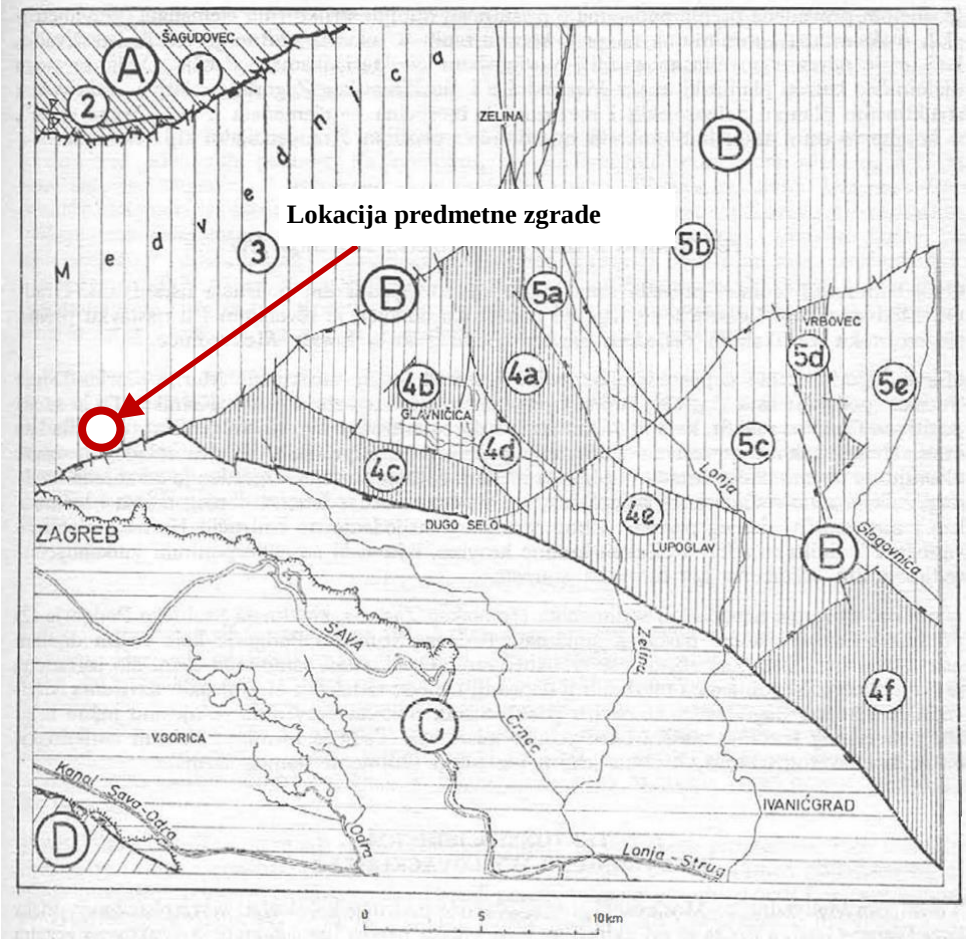
U toku srednjeg i gornjeg pliocena, u sada već znatno smanjenim, slatkovodnim jezerima talože se paludinske naslage izgrađene od glina, pijesaka i šljunkovitih pijesaka. Otkrivene su na blokovima Dugo Seio i Križ, a nabusene na brojnim lokalitetima u Savskoj potolini.

Reaktiviranje pokreta na rasjedima dinarskog pružanja krajem pleistocena ili početkom holocena, omogućilo je prodor savskih voda na području današnjeg Podsusedskog praga (zapadno, na listu Zagreb) i s tim u vezi taloženja debele serije fluvijatilnih sedimenata izgradenih od šljunaka i pijesaka, koji se prostiru između terasnih odsjeka od Zagreba do Rugvice na sjeveroistoku i Lukavca i Okuja na jugozapadu.

3.4. Tektonika područja

Recentan strukturni sklop područja lista Ivanić-Grad formiran je kroz evoluciju čiji se tok, iako samo djelomično, može pratiti kroz dugo razdoblje od mlađeg paleozoika do kvartara. U njegovom oblikovanju sudjelovali su rasjedi, koji se svojom orijentacijom u prostoru i aktivnošću u vremenu mogu svrstati u tri osnovna sistema. Najstariji od njih je sistem strmih ili vertikalnih, gravitacijskih rasjeda generalnog pružanja jugozapad-sjeveroistok, koji se u odnosu na prevladavajuće dinarsko pružanje struktura, mogu klasificirati kao transferzalne, homotetičke dislokacije.

Najmlađi sistem rasjeda geografske orijentacije sjever-jug (meridijansko pružanje) nastao je krajem pleistocena ili početkom holocena.



Slika 3.11. Pregledna tektonska karta lista Ivanić Grad;

*A. Tektonska jedinica: tercijarni bazen Hrvatskog Zagorja. **1**. Strukturna jedinica: Horst Šagudovec, **2**. Strukturna jedinica: Sinklinala Stubičko Podgorje. B. Tektonska jedinica: Medvedničko-Moslovački prag. **3**. Strukturalna jedinka: Horst Medvednice, **4**. Strukturalna jedinica: Horst Glavničica-Križ. 4a. izdignuti blok Štakorovec, 4b. izdignuti blok Glavničica, 4c. izdignuti blok Dugo Selo, 4d. Zelinska depresija, 4e. Lupoglavsko selo, 4f. izdignuti blok Križ **5**. Strukturna jedinica: Bjelovarska depresija. 5a. Lonjska Graba, 5b. izdignuti blok Kalničkko Prigorje, 5c. Dulepska depresija, 5d. Izdignuti blok Vrbovec-Poljana, 5e. Glogovnička depresija. C.Tektonska jedinica: Savski tektonski rov. D. Unutrašnjedinarski Horstovi (južni pojas). Strukturna jedinica: Horst Vukomeričke Gorice;*

Iz *slike 3.11.* (*Pregledna tektonska karta lista Ivanić Grad*) može se iščitati kako se predmetna zgrada nalazi praktički na samom rasjedu između horsta Medvednice te većine ostalih strukturnih jedinica (4a-4d; 5a i 5b), odnosno i na samoj granici dvije tektonske jedinice, tercijarnog bazena Hrvatskog Zagorja te Medvedničko-Moslovačkog praga.

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).

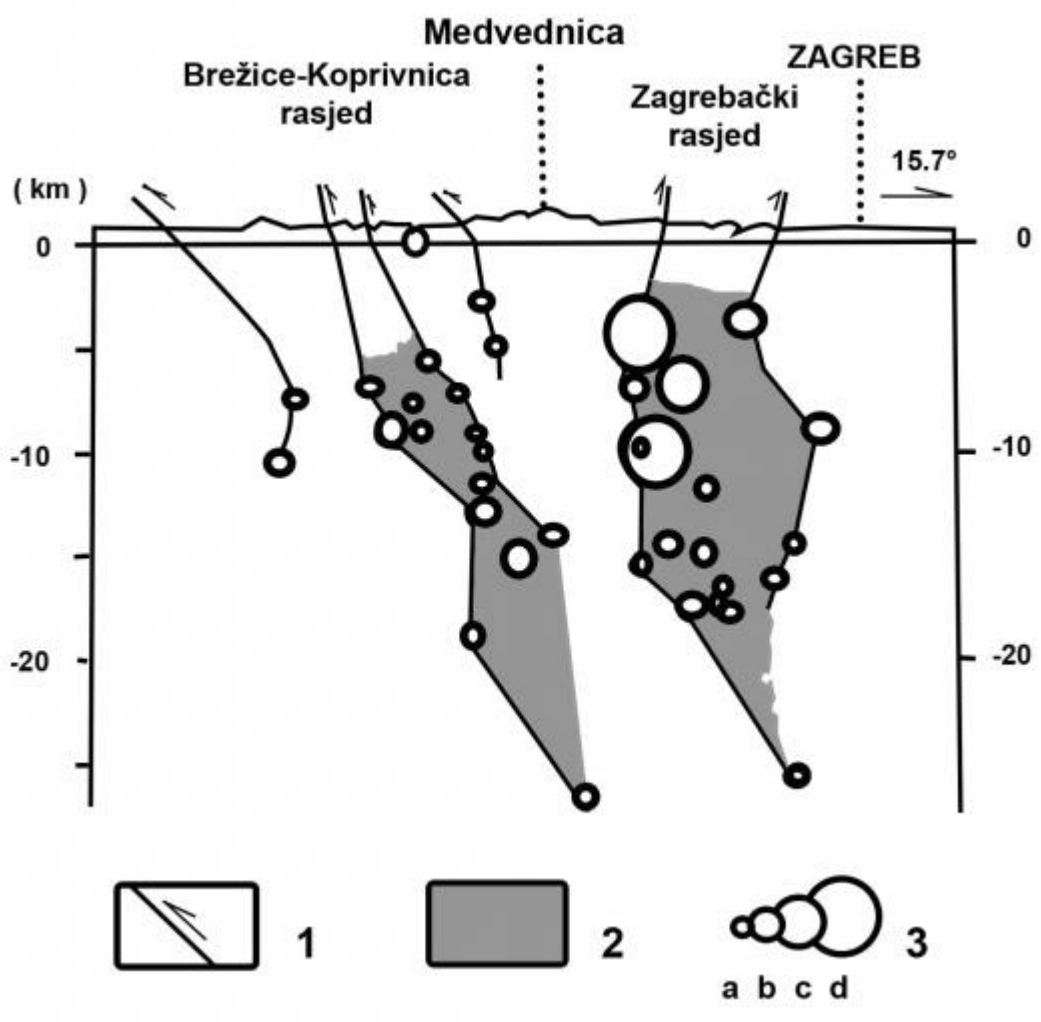
Općenito, tektonska aktivnost Zagreba uvjetovana je pokretima u regionalnom strukturnom sklopu u kojem vrlo važnu ulogu igra Jadranska mikroploča koja uzrokuje jaku kompresiju u području Alpa i sjevernog dijela Dinarida. Regionalni stres dodatno pokazuje najjaču kompresiju u području žumberačko-medvedničkog 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 3.12*).



Slika 3.12. 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 3.13).*



Slika 3.13. Žarišta potresa na ovom području;

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 takvu genezu potresa možemo povezati sa zagrebačkim potresom 22.III.2020. koji je tematika ovog zadatka i oštećenja na predmetnoj građevini.

3.5. Procjena uporabljivosti i specifikacija oštećenja

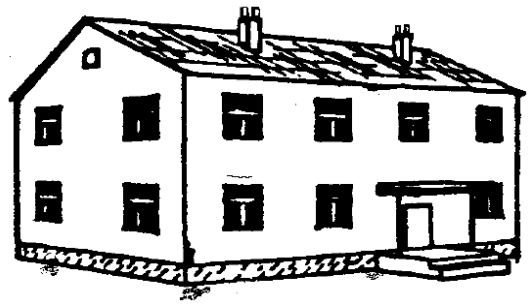
Procjena uporabljivosti stanova - ETAŽE 1 i ETAŽE 2. rađena je na temelju detaljnog pregleda stanova i zajedničkih dijelova zgrade, odnosno pregleda i ocjenjivanja konstruktivnih elemenata, procjene stanja nosivosti konstruktivnih elemenata, procjene i detekcije nastalih deformacija (pomaka, progiba, 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. Dolazi s detaljnim priručnikom koji uključuje smjernice, ilustracije te aplikativne primjere. U tom smislu, osnovnu razdiobu ljestvice potresa možemo podijeliti u 12 osnovnih razreda.

3.5.1. 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 kombinacijom armiranobetonskih te zidanih elemenata te je u tom smislu i potrebno klasificirati strukturalna i nestrukturalna oštećenja.

KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA ZIDANIH ZGRADA

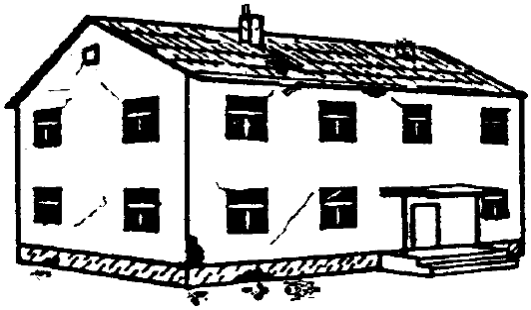


RARED 1.: Zanemarivo do lagano oštećenje (nema strukturnih oštećenja, lagana nestrukturna oštećenja)

Vrlo tanke pukotine u pojedinim zidovima.

Pad samo malih komada žbuke.

Pad labavog kamenja s gornjih dijelova zgrada u vrlo malo slučajeva.

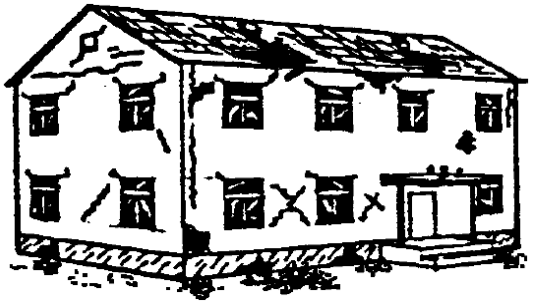


RAZRED 2.: Umjerena oštećenja (lagana strukturna oštećenja, umjerena nestrukturna oštećenja)

Pukotine u mnogim zidovima.

Pad prilično velikih komada žbuke.

Djelomično rušenje dimnjaka.



RAZRED 3.: Znatna do velika oštećenja (umjerena strukturna oštećenja, velika nestrukturna oštećenja).

Velike i ekstenzivne pukotine u većini zidova.

Odvajanje crijepova na krovu.

Pucanja dimnjaka na ravnini krova.

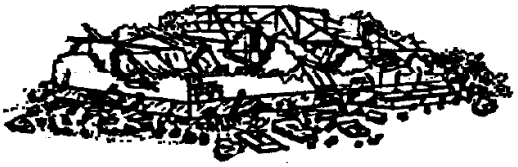
Lomovi pojedinih nestrukturnih elemenata (pregrade, zabatni zidovi).



RAZRED 4.: Vrlo velika oštećenja (velika strukturna oštećenja, vrlo velika nestrukturna oštećenja).

Ozbiljna oštećenja zidova.

Djelomična strukturna oštećenja krovova i podova.



RAZRED 5.: Rušenje

(vrlo velika strukturna oštećenja)

Totalno ili gotovo potpunu urušavanje.

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

D1 LAGANO OŠTEĆENJE

Ovaj stupanj oštećenja n 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.

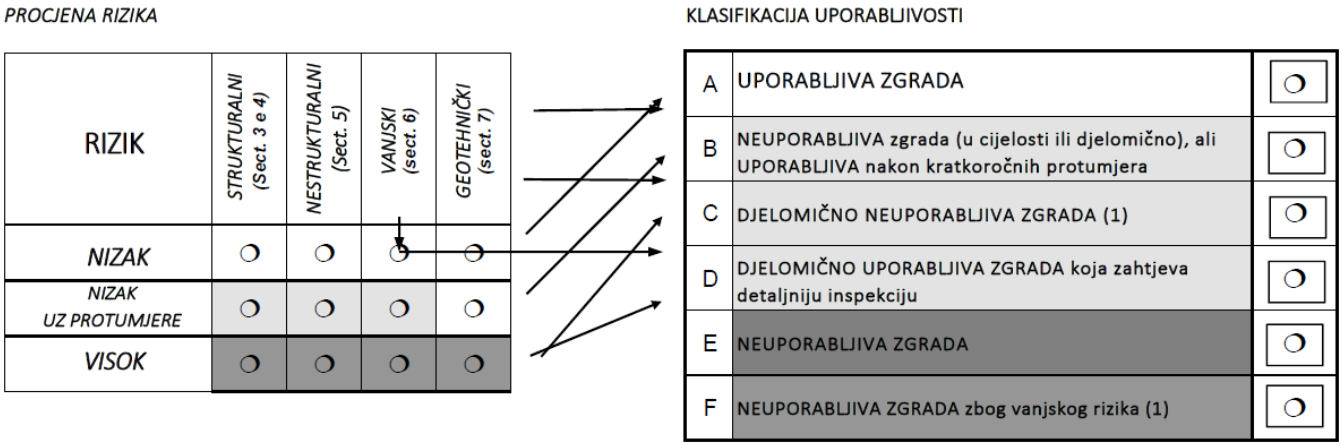
D2-D3 SREDNJE-TEŠKO OŠTEĆENJE

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.

Nadalje, sam rizik predmetnih etaža možemo svrstati u nekoliko razreda (ovisno o stupnju i poziciji) dok samu zgradu, u našem slučaju predmetni stan, paralelno ocjenjujemo prema stupnju uporabivosti:



Slika 3.14. Prikaz ovisnosti procjene rizika i klasifikacija uporabljivosti;

4. REKOGNOSCIRANJE ZGRADE I OKOLIŠTA

4.1. Patologija oštećenja zgrade

Terenski pregled predmetnih etaža i njenog okruženja obavio se 15. travnja 2020, te je izvršen i detaljan pregled zajedničkih dijelova zgrade, odnosno stubišta, krovišta i vanjske ovojnice.

Stambena zgrada izgrađena je 1965. godine (katnost – Po+Pr+1), te je 1970.-te godine izvedena rekonstrukcije zgrade, odnosno nadograđeno je potkrovlje.

Za sam početak potrebno je naglasiti kako je nosiva konstrukcija zidova u podrumu (etaže 1) izvedena zidanjem betonskih blokova debljine 35 cm. Prilikom adaptacije stavljena je toplinska izolacija sa unutarnje strane, zbog čega je bilo teško razmotriti pukotine. Vidljivo je bilo da su zidovi podruma u dobrom stanju. Nadalje, nosivi zidovi prizemlja (etaža 2) izvedeni su od pune opeke NF formata tzv. opeka„jedinka“, a prema oštećenjima uočenim prilikom pregleda utvrđeno je kako većina zidova nema izvedene horizontalne i vertikalne ukrute (serklaže).

Predmetne, promatrane etaže tretirati ćemo kao konstrukciju od zidanog nosećeg sustava te ćemo ocjenu i razred oštećenja i uporabljivosti stana i pojedinih dijelova također specificirati po tom principu.

U nastavku zadatka opisana su pojedina detaljna oštećenja, njihova razina i opasnost te svrstana prema dijelu zgrade, a samim time i razini opasnosti.



Slika 4.1. Konstruktivni jugoistočni kut stambene zgrade; maksimalna oštećenja;

Opis oštećenja:

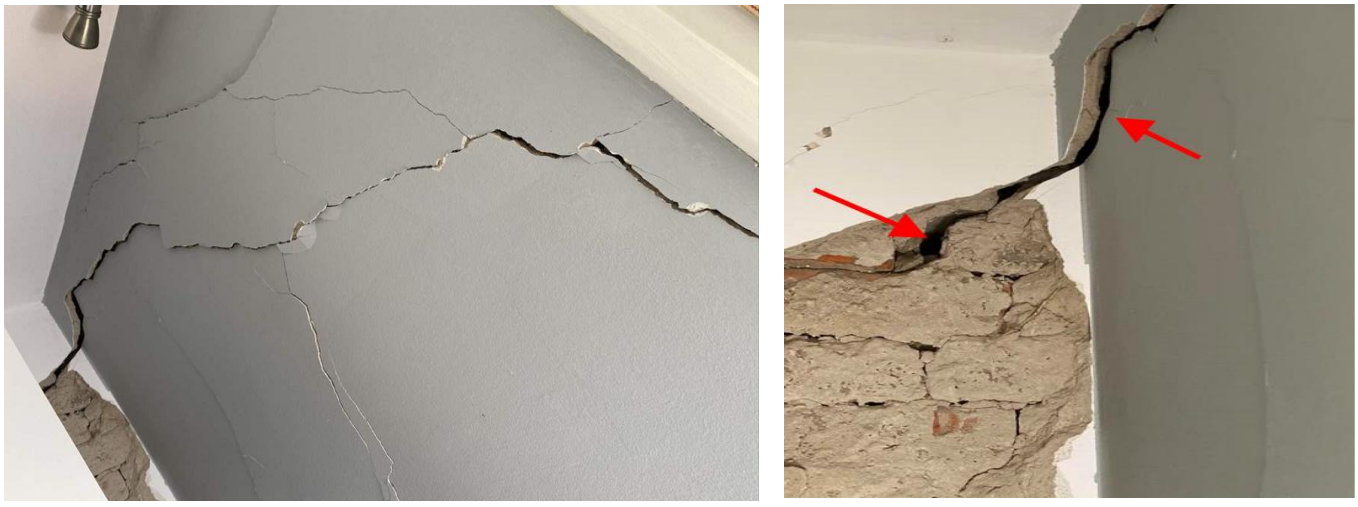
Odmah pri dolasku na predmetnu lokaciju sa ulične strane Veliki Bukovac (južna strana zgrade) razvidna su teška oštećenja na zgradi. Sam njezin jugoistočni dio je strukturalno odvojen te je pre-

trpio znatna oštećenja. Kako je na *slici 4.1.* vidljivo s vanjske, a na *slici 4.2.* s unutarnje strane, nosivi JI dio zgrade potpuno je popucao poprijeko. Time je njegova struktura uništena te možemo smatrati da je taj kut zgrade kao konstruktivna nosiva struktura potpuno izgubio svoju uporabljivost. Opasnost je za kompletnu zgradu time veća što bi se na tom mjestu u suštini trebao nalaziti vertikalni serklaž koji predstavlja ukrutu zgrade u tom području i važan je strukturalni element čija je zadaća osim ukrućivanja nosivih zidova i prijenos vertikalnih opterećenja na temelj i temeljno tlo.



Slika 4.2. Konstruktivno slomljen južni zid; pogled iz vana i iz unutrašnjosti;

Slikom 4.2. jasno je prikazan karakter i težina oštećenja na JI kutu zgrade te na spoju južnog i istočnog zida. Konstrukcija je ovdje pretrpjela snažna (maksimalna) oštećenja te je njezin strukturalni integritet potpuno narušen. Vertikalna pukotina se prostire uzduž cijele etaže (visine stana) te pritom potpuno odvaja sustav nosivih zidova.



Slika 4.3. Jugoistočni kut zgrade; unutrašnjost;

Na *slici 4.3.* desno jasno su vidljiva potpuna razdvajanja nosivog sustava zidova te ovu pukotinu više ne može zvati pukotina, već se ovdje radi o potpunom lomu konstrukcije. Konstrukcija ovih zidova je neuporabljiva, strukturalni integritet je potpuno narušen te svako daljnje zadržavanje konstrukcije u ovakvom stanju predstavlja opasnost za cijelu zgradu. To je moguće potvrditi i time što se sama lokacija oštećenja nalazi na jugoistočnom kutu zgrade, odnosno na samom spoju istočnog i južnog nosivog ziđa zgrade. Na tom mjestu svakako bi se trebao nalaziti vertikalni ab serklaž ili sličan tip konstrukcije, neovisno o materijalu. Jasno da godina izgradnje predmetne zgrade također diktira i način i tehnologiju kojom se izvodilo. Iz tog razloga je sasvim za očekivati nedostatak ab serklaža u tom ali i drugim dijelovima zgrade.



Slika 4.4. Konstruktivni istočni vanjski nosivi zid;

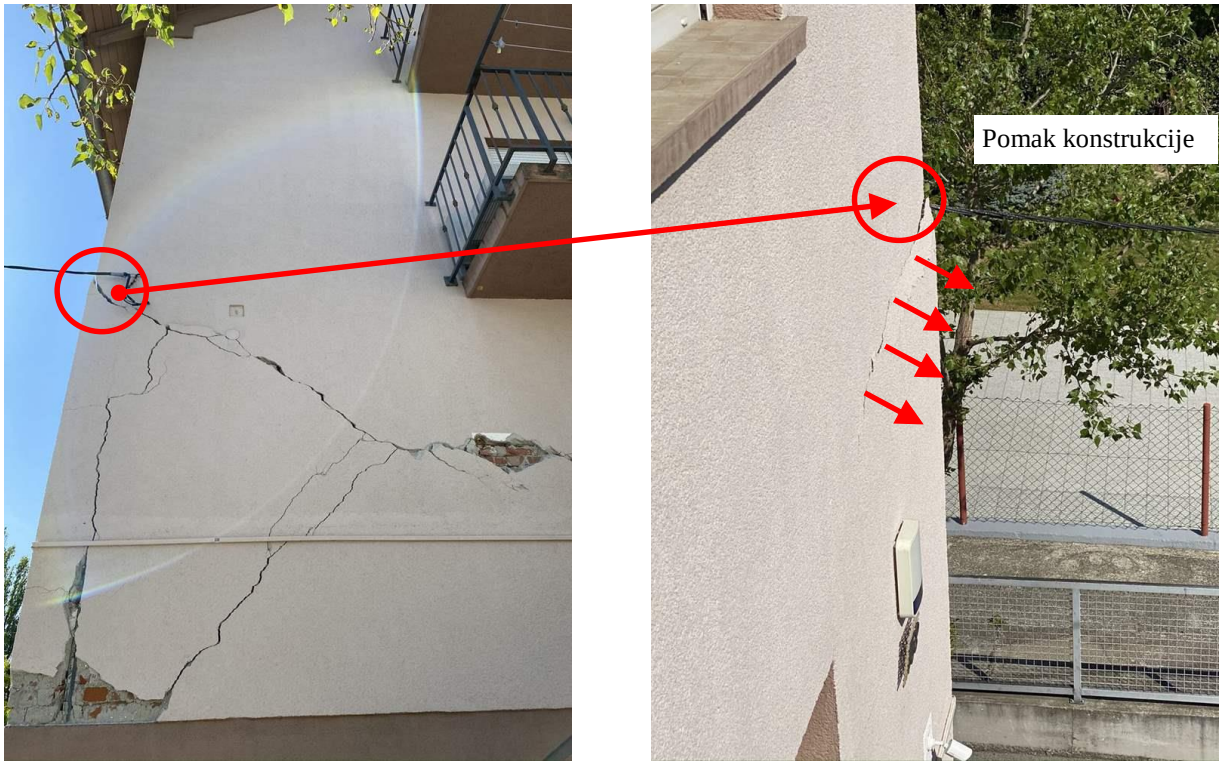


Slika 4.5. Istočni zid te jugoistočni kut zgrade; pogled izvana;

Kad se pogleda južna strana zida (kut JI), jasno je da vanjske pukotine nisu samo površinske nego doslovno presijecaju nosivi zid. Pukotina prodire skroz u unutrašnjost objekta, kompletni zid je oštećen te strukturalno ugrožen. Istočni zid je pak potpuno prekriven maksimalnim pukotinama

koje presijecaju samu strukturu zida. Zidu je kompletno uništen strukturalni integritet i homogenost, a samim time zid je neuporabljiv te predstavlja stalnu opasnost za cijelu zgradu.

Zaključno, za vanjski istočni i južni zid, a posebice za njihov JI spoj može se zaključiti da je razina oštećenja maksimalna, odnosno, razred oštećenja D4-D5. Ovaj stupanj oštećenja značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti.



Slika 4.6. Spoj južnog i istočnog zida, pogled s obje strane;

O snazi oštećenja možemo se uvjeriti i na *slici 4.6*. Naime, razvidno je kako je južni zid, osim što je potpuno strukturalno ispucao, također i ostvario pomak za nekoliko centimetara južno! Detektirani pomak svjedoči o snazi potresnog vala koji je pogodio ovu lokaciju, koja se izgleda našla na direktnom putu širenja potresnog vala. Vratimo li se na poglavlje 3.4., iz same pozicije predmetne zgrade jasno se može očitati kako se predmetna zgrada nalazi praktički na samom rasjedu između horsta Medvednice te većine ostalih strukturnih jedinica (4a-4d; 5a i 5b), odnosno i na samoj granici dvije tektonske jedinice, tercijarnog bazena Hrvatskog Zagorja te Medvedničko-Moslovačkog praga. Taj položaj je također očito pridonio devastirajućem efektu potresnog udara.



Slika 4.7. Horizontalna pukotina južnog nosivog zida;

Horizontalna pukotina na južnoj strani zgrade (na njenom vanjskom nosivom zidu) također prolazi skroz u unutrašnjost objekta. Pukotina je također strukturalna i duboka, te presijeca zid u svoj njegovoj debljini.

Osim što horizontalna pukotina može ukazivati na slijeganje tla direktno ispod nje, njezinim pomnijim pregledom, kao i pregledom zgrade moguće je i otkriti eventualno zakretanje objekta (rotaciju) oko horizontalne osi. Naime, karakter pukotine indicira i na horizontalni pomak konstrukcije, što znači da se jedan dio zgrade uslijed potresa pomaknu u smjeru potresnih valova (u ovom slučaju, glavni smjer kretanja potresa bio je sjever-jug od epicentra).



Slika 4.8. Nosivi zid na sjevernom zidu, SI kut (lijevo), pogled iz unutrašnjosti (desno);

Opis oštećenja:

Na sjevernom zidu predmetne zgrade također su evidentne horizontalne pukotine duž cijelog zida, a posebno na njegovom spoju sa istočnim zidom, odnosno sjeveroistočnom kutu koji predstavlja (isto kao i JI kut) nosivu vertikalnu ukrutu i konstruktivni spoj dvaju nosivih zidova.

Horizontalna pukotina je duboka, strukturalna te se prostire u unutrašnjost objekta time potpuno presijecajući vanjski nosivi zid.

Stupanj oštećenja na sjevernom dijelu može se također okarakterizirati razredom oštećenja D4, odnosno stupanj oštećenja koji značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti.



Slika 4.9. Otvor na istočnoj strani zgrade;



Slika 4.10. Ulaz u prizemlje (etaža 2), istočna strana;



Slika 4.11. Dijagonalne pukotine uz otvor na ulazu u etažu 2;

Opis oštećenja:

Istočni nosivi zid zgrade također je „prošaran“ pukotinskim oštećenjima koja se mogu okarakterizirati kao konstruktivna i strukturalna. Na *slikama 4.12. i 4.13.* jasno su prikazane pukotine i oštećenja koja prodiru u unutrašnjost objekta, tj. nikako nisu površinska ili fasadna. Ovakav tip pukotinskih oštećenja također je strukturalne naravi, prodire u samu konstrukciju te potpuno narušavana strukturalni integritet nosive konstrukcije. Razina oštećenja je D4.



Slika 4.12. Pregradni zidovi etaže 2 (krajnja prostorija);



Slika 4.13. Unutrašnji zidovi prizemlja etaže 2;



Slika 4.14. Unutrašnji zidovi prizemlja etaže 2, pukotina pregradnog zida;

Pregradni zidovi unutrašnjosti pretrpjeli su znatna oštećenja. Pukotine su duboke te doslovno presijecaju zidove. Svi pregradni zidovi izgubili su svoj strukturalni integritet i homogenost konstrukcije. Iz *slike 4.14.* jasno se može iščitati jačina oštećenja. Naime, zidna gips kartonska obloga je doslovno izbačena van iz zida. Dakle, u unutrašnjosti, zid je potpuno ispucao te je njegov pomak pri potresu bio znatni. Oštećenja pregradnih zidova mogu okarakterizirati kao duboka i strukturalna, tip oštećenja D4-D5.



Slika 4.15. Unutarnji pregradni zid prizemlja etaže 2;



Slika 4.16. Istočni pregradni zid (lijevo),
zapadni krajnji nosivi zid prema zajedničkom stubištu (desno);



Slika 4.17. Sjeverni vanjski nosivi zid, oštećenja

Opis oštećenja:

Nastavkom pregleda unutrašnjosti prizemlja u kupaonici se naišlo se na niz pukotina vanjskog nosivog zida (sjever). Pukotine su vertikalne i šire se od otvora . Pukotine su širine do 2 cm te su konstruktivne i strukturalne. Narušavaju integritet nosivog sjevernog zida te je zid kao takav neuporabljiv.



Slika 4.18. Horizontalna pukotina krajnjeg zapadnog nosivog zida;

Krajnji zapadni zid uz stubište zgrade potpuno je prekriven horizontalnim strukturalnim pukotinama. Do takvog oštećenja došlo je zbog udara kompletne zgrade u taj zid, a radi smjera širenja potresnog vala. Naime, konstrukcija stropa i okomitih zidova pomaknula se uslijed potresa u smjeru zapadnog zida te ga time doslovno presjekla. Tome također u prilog ide i dijagonalna pukotina na južnom zidu koja je direktni nastavak horizontalne pukotine zapadnog zida. Gledajući smjer potresa, ovdje je potrebno imati na umu da se epicentar potresa nalazi vrlo blizu (samo 4 km) ali u smjeru sjeveroistoka od predmetne zgrade. U tim je okolnostima propagirajući potresni val koji se širio iz epicentra prema predmetnoj zgradi uzrokovao ovakav razvoj i karakter pukotinskog oštećenja.

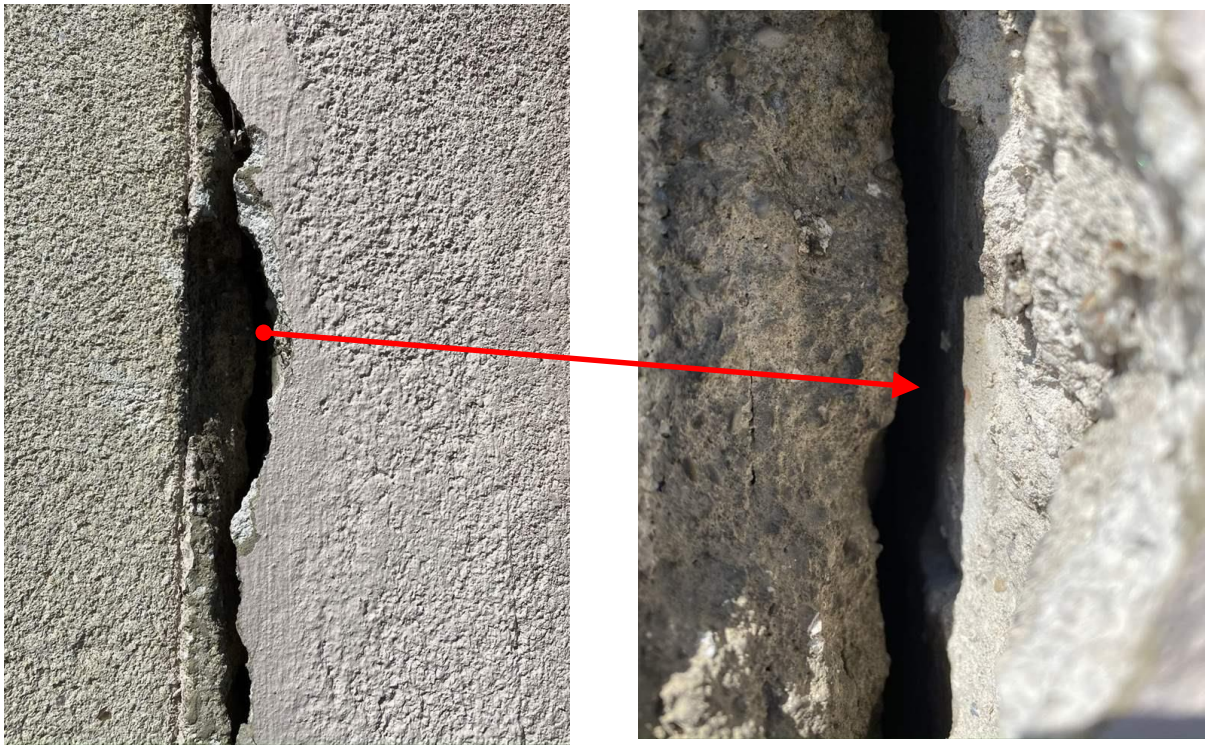


Slika 4.19. Vanjska pukotina konstruktivnog južnog zida prizemlja etaže 2 (desno), detektirana i u unutrašnjosti (lijevo);

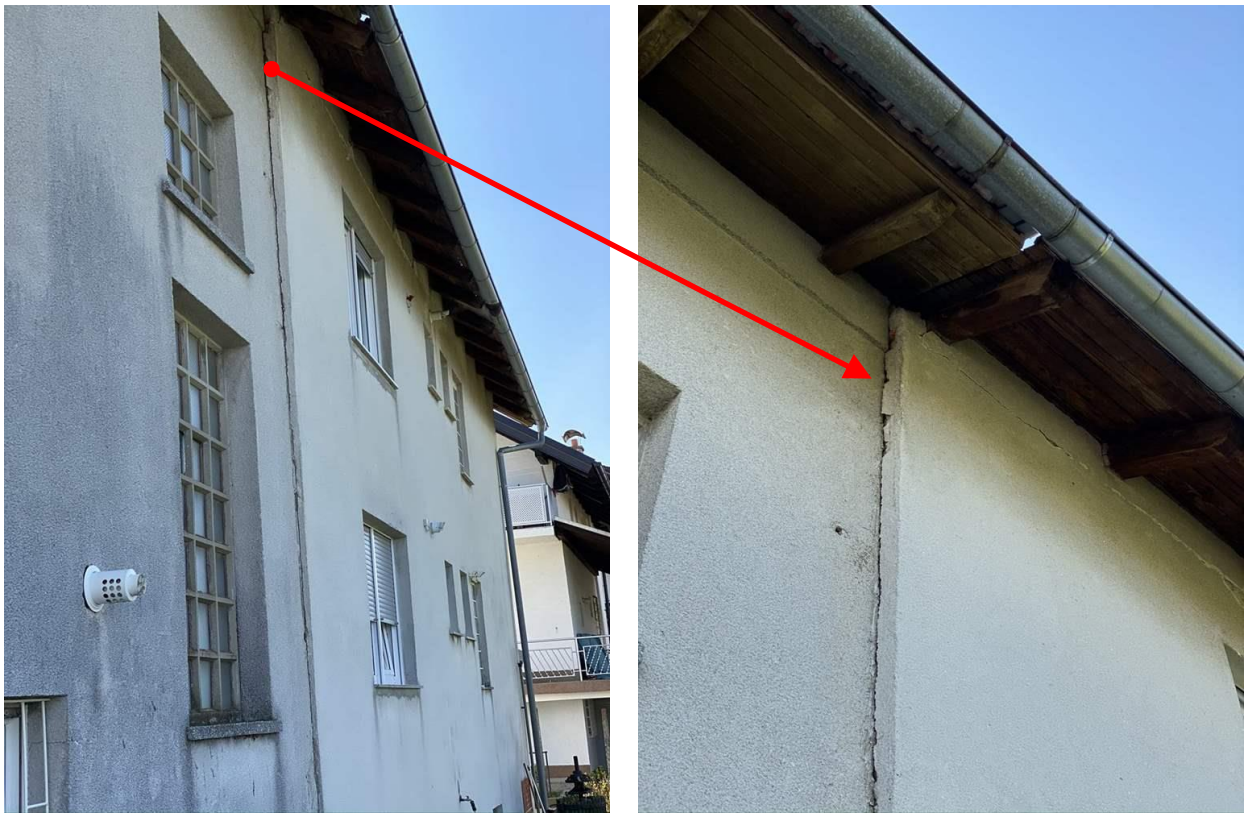
Još jedan dokaz visoke razine oštećenja nosivog ziđa može se vidjeti na južnom nosivom zidu gdje je detektirana pukotina koja prodire skroz u unutrašnjost objekta te je time evidentno strukturalno oštećenje konstrukcije zida te njegov gubitak uporabljivosti.



Slika 4.20. Zapadna dilatacija između dvije građevine; pogled na južno pročelje;



Slika 4.21. Dubinsko oštećenje na dilataciji građevina;



Slika 4.22. Sjeverno pročelje, pogled na dilataciju sa zapadnom građevinom;

Opis oštećenja:

Slike 4.20-4.22. prikazuju dilatacijski spoj predmetne zgrade sa zapadnom građevinom. Pogledom na južno pročelje evidentno je duboko strukturalno oštećenje i odvajanje jednog zida od drugog. Na sjevernom pročelju primjetno je također oštećenje na dilatacijskom spoju, no ipak manje intenziteta od južnog oštećenja, iako nikako ne zanemarivog i niskog razreda oštećenja. Jača oštećenja na južnom i zapadnom dijelu zgrade idu u prilog svemu ranije iznesenom o položaju epicentra potresa te načinu i smjeru širenja potresnog vala kako i ovisnosti položaja i prostorne orijentacije zgrade u odnosu na isti.

4.2. Prijedlozi i načini sanacije

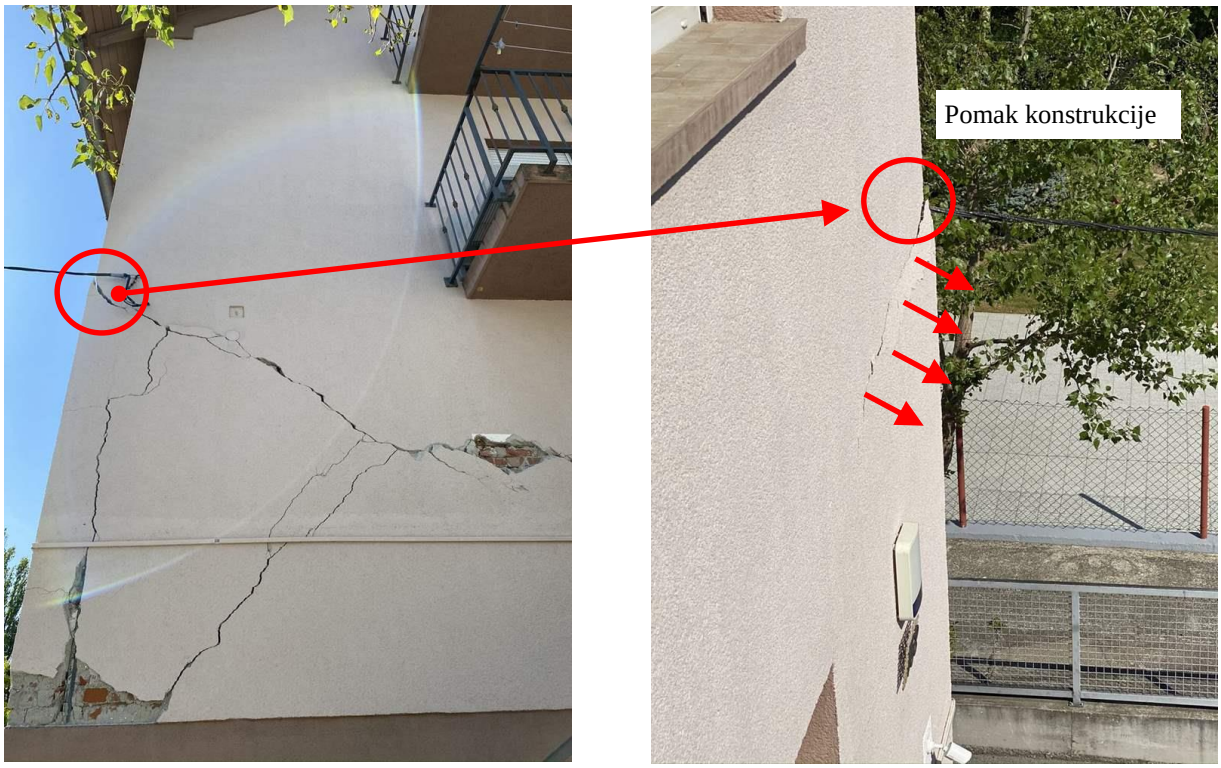
Opisana oštećenja u prethodnom poglavlju ovog zadatka su svakojake naravi i na raznim mjestima. U suštini, ona se protežu cijelim konstruktivnim sustavom obiteljske kuće.

Kako je vidljivo iz detaljnih opisa oštećenja, njihovog karaktera i razine (poglavlje 4.1.), praktično se sva oštećenja mogu svrstati u strukturalna, razred oštećenja D4-D5, tj. stupanj oštećenja koji značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti.

U tom smislu i nastavno na sve navedeno, sanacije koje će se izvesti moraju pokriti različite tipove oštećenja i različite tipove konstrukcija. Ni jedan od navedenih dijelova zgrade ne bi se pri tom smio zanemariti.

4.2.1. Sanacija temelja

Temeljima, kao nosivom sustavu cjelokupnog objekta potrebno je pridodati posebnu pažnju. Iako direktno na temeljima nisu detektirana duboka oštećenja (podrum je temeljen temeljnom pločom), razvoj i karakter pukotinskog oštećenja od podruma na gore sugerira i pomake u temeljnom sustavu zgrade. Naime, detektirani pomaci, a posebice rotacije i odvajanja nosivog ziđa indiciraju na slijeganja u temeljima i temeljnom tlu *(slika 4.23).*



Slika 4.23. Spoj južnog i istočnog zida, pogled s obje strane;

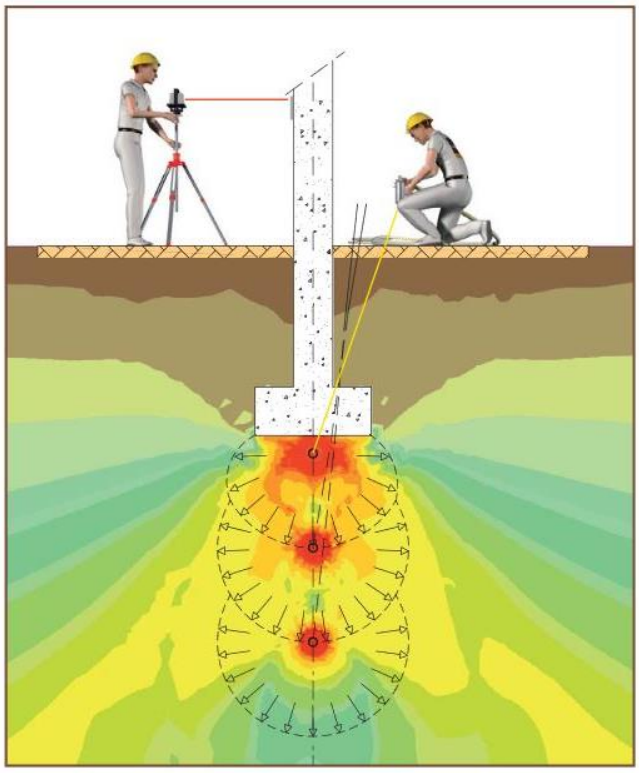
Na temelju rečenog, njihova sanacija je od iznimne važnosti za cijelu konstrukciju zbog nekoliko razloga:

- Za očekivati je da slijeganja temelja nisu stala kad je stao i potres, suprotno tome, ona se kontinuirano događaju i propagiraju (sekundarna slijeganja) a čemu je dokaz i konstantno širenje konstruktivnih pukotina po svim dijelovima objekta;

Sve ovo navedeno potrebno je imati u vidu kod pristupa sanacijama temelja. U tom smislu, može se predložiti nekoliko metoda sanacije:

- Naknadno ojačanje temeljnog tla primjenom kemijskog injektiranja;
- Postavljanje mikropilota uzduž temelja i temeljnih traka;
- Injektiranje samog temelja na lokacijama oštećenja i puknuća;
- Spajanje temelja mehaničkim metodama (bušenje, spajanje čeličnim šipkama itd.) – najmanje preporučljiva metoda u ovom slučaju;

Svakako se u ovom slučaju najviše predlaže prva metoda, odnosno kemijsko injektiranje. Ta metoda pokazala se uspješnom pri ovakvim zahvatima, naime, u tom će se slučaju postići solidifikacija tla, tlačno prednaprezanje, te sprezanje tla s temeljima, a može se očekivati i blago (neškodljivo) ispravljanje narušene geometrije temelja, a time i pripadnog dijela objekta. Neki primjeri primjene kemijskog injektiranja tla u tom istom cilju preuzeti su s interneta i prikazani na sljedećim slikama.



Slika 4.24. Naknadno ojačanje temeljnog tla uz primjenu kemijskog injektiranja;

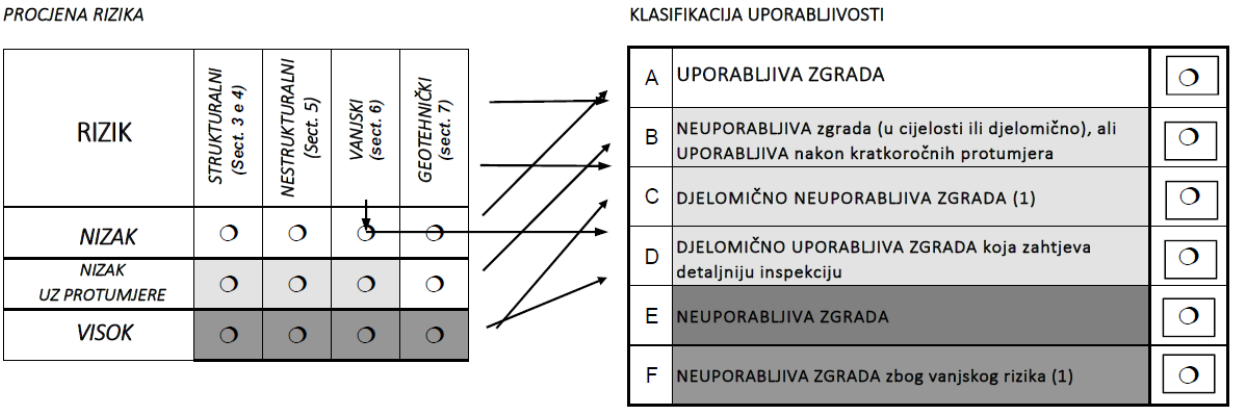


Slika 4.25. Naknadno ojačanje temeljnog tla uz primjenu kemijskog injektiranja s površine i bez razaranja postojeće konstrukcije i temelja;

4.2.2. Sanacija nosivih konstruktivnih dijelova zgrade

Kao što je detaljno opisano u kroz poglavlje 4.1., oštećenja na nosivom sustavu konstrukcije zgrade su znatna i ozbiljnog karaktera. Većina oštećenja okarakterizirana su kao oštećenja stupnja D4 i D5 što ulazi u stupanj oštećenja koji značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti.

Gledajući tablicu povezanosti rizika i uporabljivosti konstrukcije (oštećenih dijelova), (*slika 4.26.)*, možemo zaključiti da je u tom smislu stupanj rizika *visok*, a navedeni konstruktivni dijelovi zgrade *ne zadovoljavaju svoj stupanj uporabljivosti*, odnosno nisu sigurni i uporabljivi.



Slika 4.26. Tablica povezanosti stupnja rizika i uporabljivosti elemenata zgrade i cijele zgrade;

Svrha sanacije jest u tome da sve konstruktivne komponente zgrade (temelji, stupovi, grede, zidovi, stropovi, krovne grede i rogovi povežu jedna s drugom u jednu integralnu cjelinu kako bi se u slučaju novog potresa zgrada ponašala kao jedna integralna cjelina. Osim toga, sama statička stabilnost zgrade se znatno povećava.

Sanacijske metode i pojačanje konstrukcije zgrade u sebi moraju sadržavati:

- Čvrstoću

  Čvrstoćom nosivih elemenata se konstrukcija odupire dinamičkoj sili uzrokovanoj potresnim udarom te zgrada djeluje kao jedna integralna jedinica.
- Krutost

  Krutost predstavlja otpor konstrukcije deformaciji te se može primijeniti samo na strukturne jedinice konstrukcije.
- Duktilnost

  Duktilnost je svojstvo materijala da podnese plastičnu deformaciju bez loma, a mjera duktilnosti izražava se omjerom između deformacija kod sloma i deformacija pri popuštanju.
- Otpornost na požar

  Sanirani i nosivi elementi moraju imati traženu vatrootpornost po današnjim standardima i pravilnicima. Požarna opasnost često prati potrese zbog velikih pomaka u instalacijama, mogućnosti pojave kratkih spojeva, prevrtanja zapaljivih kućanskih elemenata itd.

U tom smislu, mjere sanacije možemo podijeliti na kratkoročne mjere i dugoročne, odnosno one trajne, tj. kompletnu sanaciju.

Kratkoročne mjere sanacije:

- Zatezanje ili nanošenje zatega/kabli;
- Pregrade i zaštita prolaza;
- Podupiranje oštećenog nosivog sustava (grede, serklaži, stropovi);

Dugoročne mjere sanacije:

- Rušenje oštećenih zidova veličine D4 i D5 te zamjena i gradnja novih;
- Uklanjanje oštećenih stupova, jače povezivanje s temeljima, ugradnja nove armature i kompletna obnova;
- Uklanjanje oštećenog dimnjaka te zamjena novim;
- Izgradnja i ugradnja novog nosivog sustava zgrade;
- Izrada novih vertikalnih serklaža u kutovima objekta;

- Povezivanje i uklapanje novoizgrađenog vertikalnog nosivog sustava u horizontalni sustav zgrade (vab vijenci, ab nadvoji, ab hor. serklaži);
- Dubinsko injektiranje nosivog zidnog sustava;
- Izrada novih nadvoja i horizontalnih serklaža;
- Postavljanje čeličnih kabli za prednaprezanje nosivih elemenata zgrade;
- Povezivanje i zatezanje etaža preko vanjskih i unutarnjih nosivih zidova;
- Ankeriranje zidova za vertikalne nosive strukture;
- Ankeriranje i povezivanje drvenog krovišta (rogovi i grede te nazidnice);
- Krpanje pukotina i mjesta opadanja žbuke;
- Ugradnja armaturnih mrežica u zidove (na obje strane zida), njihovo međusobno povezivanje te prekrivanje završnim slojevima;
- Obnavljanje oštećenih zidova pojačanim armaturnim mrežicama te ugradnja kvalitetnog vežećeg sredstva koje ima smanjenu razinu stezanja;

4.2.3. Sanacija nenosivih dijelova zgrade

Iako nisu nosivi dijelovi strukture zgrade, pregradni zidovi, zidne obloge, prozori, vrata i sl. uvelike pridonose homogenosti i cjelokupnosti cijelog konstruktivnog sustava. Oni su, kao što je prikazano kroz poglavlja 4.1. uvelike oštećeni te možemo reći da nema ni jednog nenosivog elementa koji nije pretrpio određeni tip oštećenja.

Dugoročne mjere sanacije:

- Rušenje oštećenih zidova veličine D4 i D5 te zamjena i gradnja novih;
- Rušenje odvojenih pregradnih zidova te obnova sa pojačanjima u strukturi te povezivanja s nosivim sustavom (nosivim zidovima, serklažima itd.);
- Zamjena svih zidnih gips kartonskih obloga novima pojačanima (duple ploče);
- Zamjena keramičkih pločica na ulazima, kupaonicama i kuhinjama;
- Zamjena oštećenih prozora i vratiju novima;
- Gletanje i prikrivanje površinskih pukotina slabijeg i neopasnog intenziteta;
- Uređenje i popravak pristupnog asfaltnog raspucalog puta;
- Uklanjanje i zamjena ulaznog portala u dvorište;
- Pregled i kontrola cjelokupnih instalacija od strane strojarskih i elektroinženjera te popravak i zamjena potrebnih;
- Kompletan popravak i navlačenje novog fasadnog sustava na stari i nadograđeni dio zgrade, uključujući i pomoćnu građevinu;
- Zamjena pokrova na krovištu pomoćne građevine;

- Zamjena jednog dijela krovišta pomoćne građevine (deformirani dio + 30%);
- Uređenje okoliša;

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 (što je posebno naglašeno u poglavlju 4.2.1.). 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. Radovi na nenosivom i pregradnom sustavu odrađuju se nakon primarnih radova te ne bi trebali predstavljati složene radove. No, u svakom će slučaju i oni biti opsežni, detaljni i temeljiti.

4.2.4. Detalji i opis sanacije

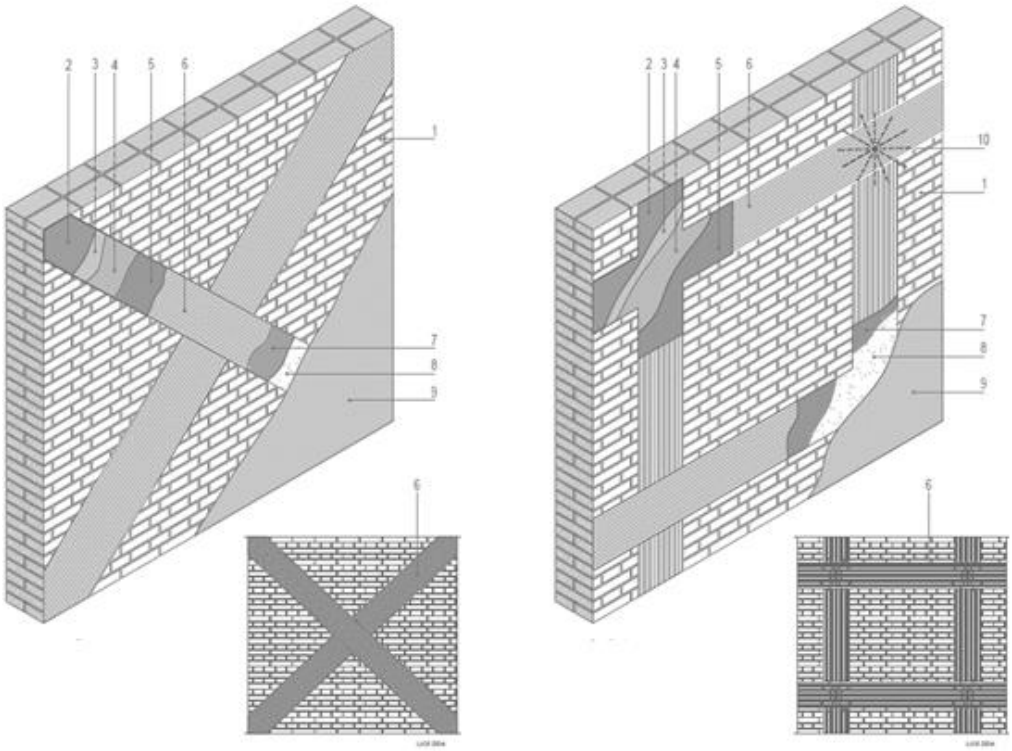
U nastavku su dani određeni primjeri moguće sanacije konstruktivnog nosivog i nenosivog sustava zgrade. Potrebno je imati na umu da će i cijena sanacije varirati ovisno o metodi izbora sanacije. Za predvidjeti je da će sanacija posebnim materijalima (karbonska i staklena vlakna, posebne injektirajuće smole i sl.) koštati više nego običnim materijalima i metodama (cementni mort, armaturne mreže i sl.), no zbog toga se ne smije eliminirati ta mogućnost. Svakako se preporuča kombinacija suvremenih i klasičnih metoda, ovisno o stupnju i mjestu oštećenja kako i prioritetu sanacije.

Važno je za napomenuti kako sanacija korištenjem spomenutih suvremenih metoda predstavlja lakše i brže izvedivu sanaciju ali uz podizanje mehaničke otpornosti i stabilnosti zgrade na viši stupanja . Istovremeno nije potrebno dodatno duboko zadiranje u postojeću konstrukciju, duboka štemanja i sl. radovi koji dodatno oštećuju konstrukciju.

4.2.4.1. Ojačanja nosivih zidova

a) Postupak ojačanja zidova od opeke karbonskim vlaknima

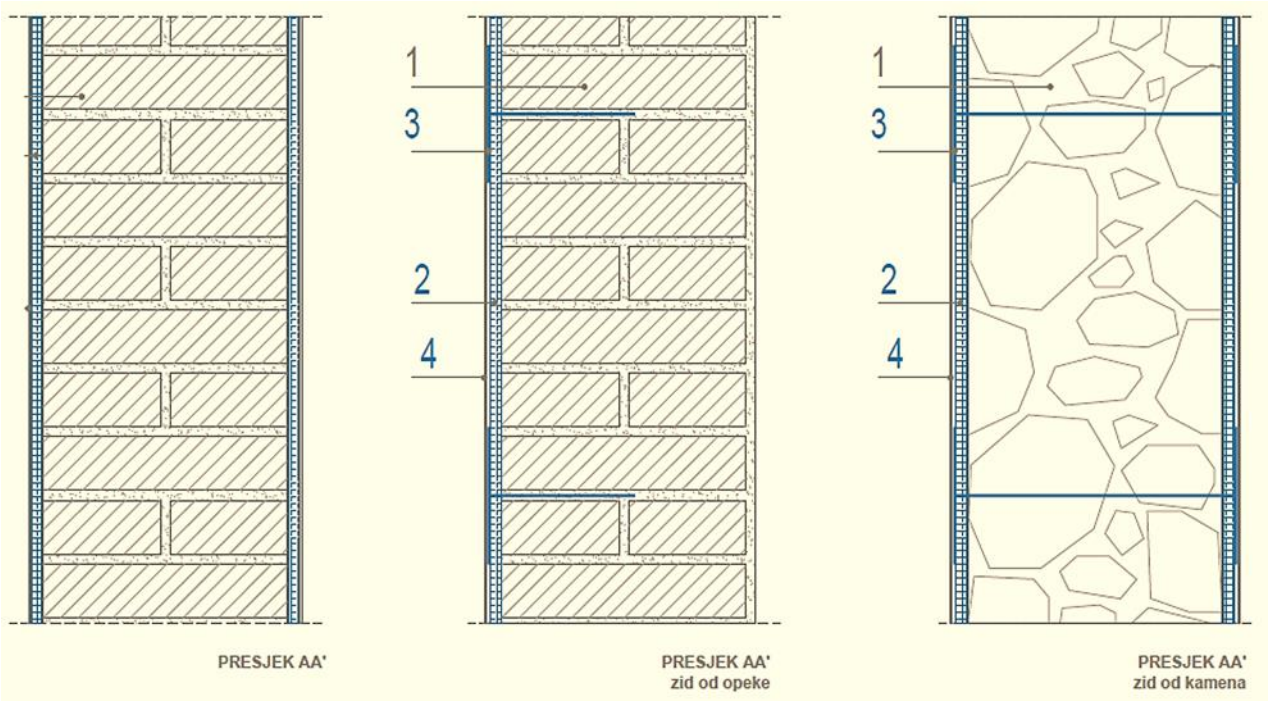
Karbonske tkanine iz linije FRP sustava namjenje su za izvedbu popravaka ili statičkom(vlačno-savojnom) ojačanju oštećenih nosivih elemenata. Karakterizira ih visoka čvrstoća i visok modul elastičnosti. Ako je površina koju treba ojačati posebno neravna, preporučuje se nanošenje izravnavajućeg sloja u smjeru vlačnih opterećenja s prilično ravnim slojem debljine oko 5 – 6 mm koristeći PLANITOP HDM MAXI ili PLANITOP HDM RESTAURO, dvokomponentni mort visoke duktilnosti, ojačan vlaknima. Nakon što je mort očvrsnuo, potrebno je nanijeti MAPEWRAP tkaninu.



Slika 4.27. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA;

b) Postupak ojačanja zidova od opeke armiranjem i sidrenjem

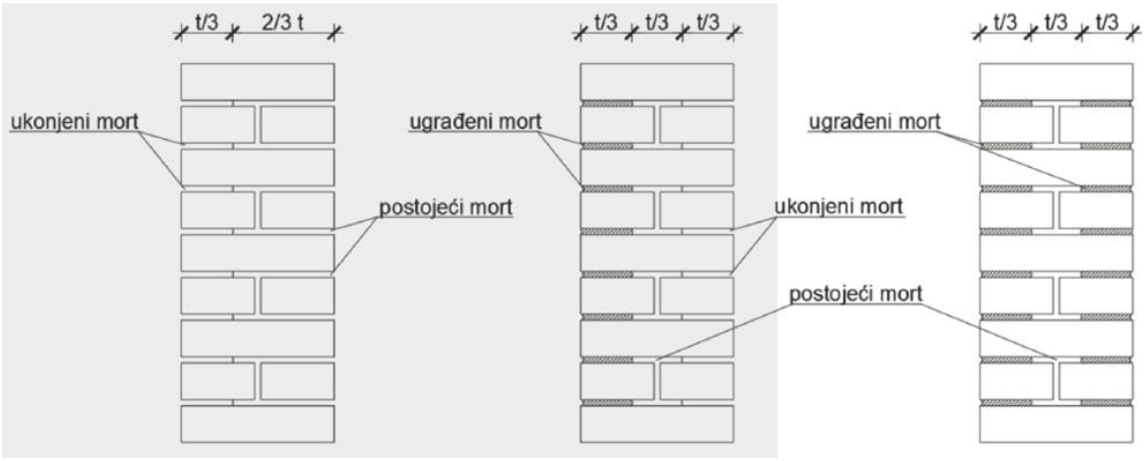
Posmično/vlačno ojačanje za nosive zidove (kamen, opeka i tuf) može se izvesti primjenom „kompaktne armirajuće žbuke“ koja se sastoji od armaturne mrežice (FRCM sustav ili obični rebrasti čelik) u kombinaciji s dvokomponentnim mortom visoke duktilnosti ojačanim vlaknima. Ovakav tip sanacije posebno se preporučuje za vanjske i unutarnje nosive zidove jer se znatno dobiva na posmičnoj i vlačnoj čvrstoći zidova (koja dotad nije postojala) te se zidovi homogeniziraju po cijeloj svojoj dužini. Osim toga, u ovom slučaju se izbjegavaju razna injektiranja zidova, a koja se niti ne preporučaju na zidovima tanjim od 50 (60) cm. Povezivanje i sidrenje se svakako preporuča izvesti s obje strane zida.



Slika 4.28. Ojačanje nosivog i/ili pregradnog zida od opeke, kamena ili tufa. Način ojačanja: 1. Postojeći zid od opeke; 2. Mrežica FRCM sustava ili obična ČBR mreža; 3. Sidrenje od posebnog užeta ili obična čelična šipka φ6 ili 8; 4. Posebne ili obične vrste cementne žbuke;

c) Djelomična zamjena morta u sljubnicima

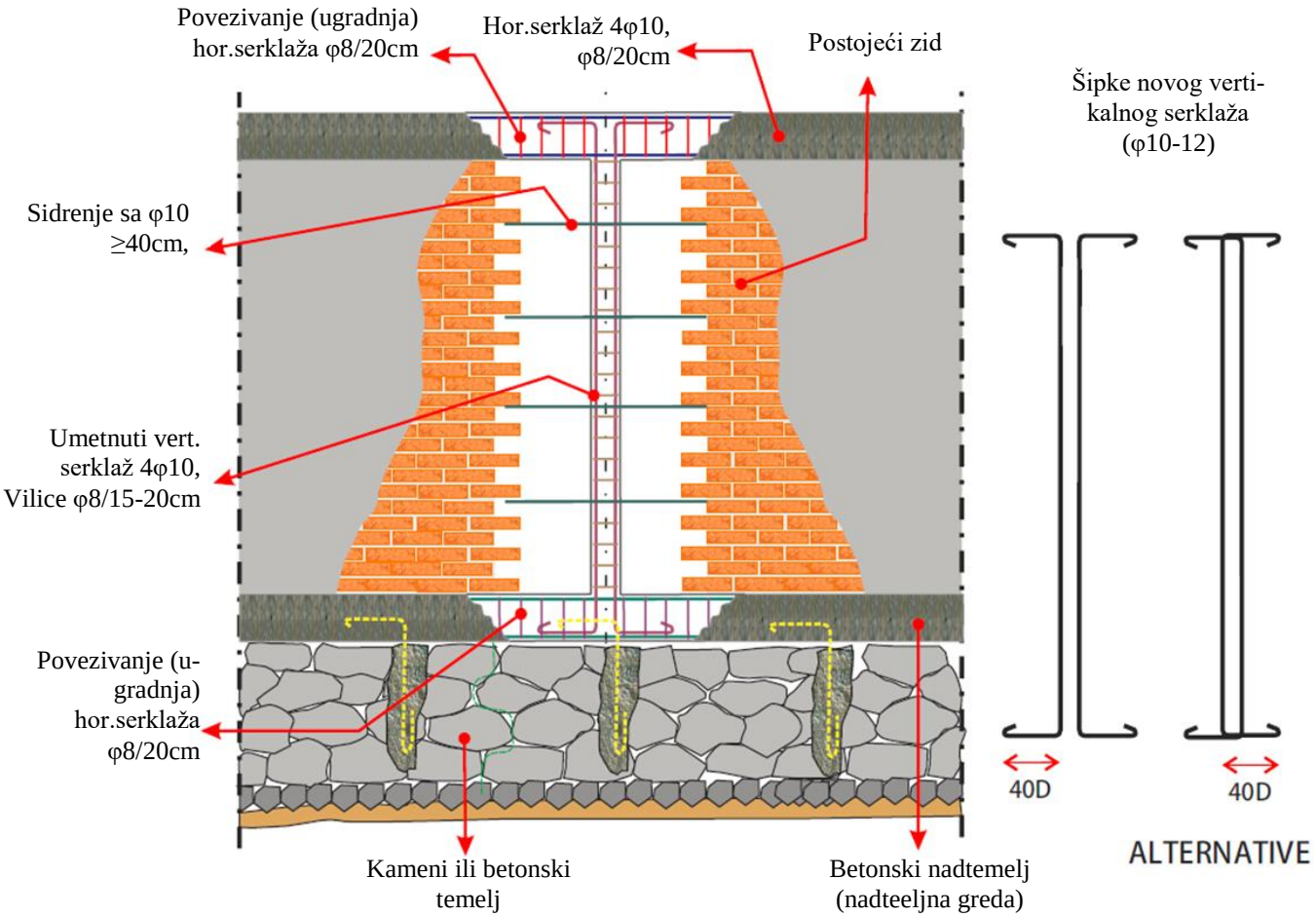
Djelomična zamjena morta u sljubnicama sastoji se od djelomičnoga, ali dubokog uklanjanja oštećenoga morta u sljubnicama i zamjene novim mortom boljih mehaničkih svojstava i trajnosti. Tom je metodom moguće povećati otpornost zidanih konstrukcija na djelovanje vertikalnih i horizontalnih opterećenja.



Slika 4.29. Djelomična zamjena morta u sljubnicima zidova;

d) Ojačanje postojećeg zida AB elementima

Postojeći oštećeni nosivi (ali i pregradni) zidovi mogu se sanirati i ojačati umetanjem novih horizontalnih i vertikalnih armiranobetonskih elemenata *(slika 4.30).* Ono što je ključno za ovakav tip sanacije jest da se horizontalni i vertikalni elementi međusobno spoje i na taj način ukrute oštećenu konstrukciju zida. Ovakav tip sanacije preporuča se izvesti kroz više etaža oštećene zgrade jer će se na taj način dobiti cjelokupni nosivi sustav (od temelja do krova). Izvedba se može izvesti i djelomičnim uštemavanjem u dijelove koji na određenim etažama nisu oštećeni tako da izvedba bude sigurna a opet, konstruktivna i svrsishodna.

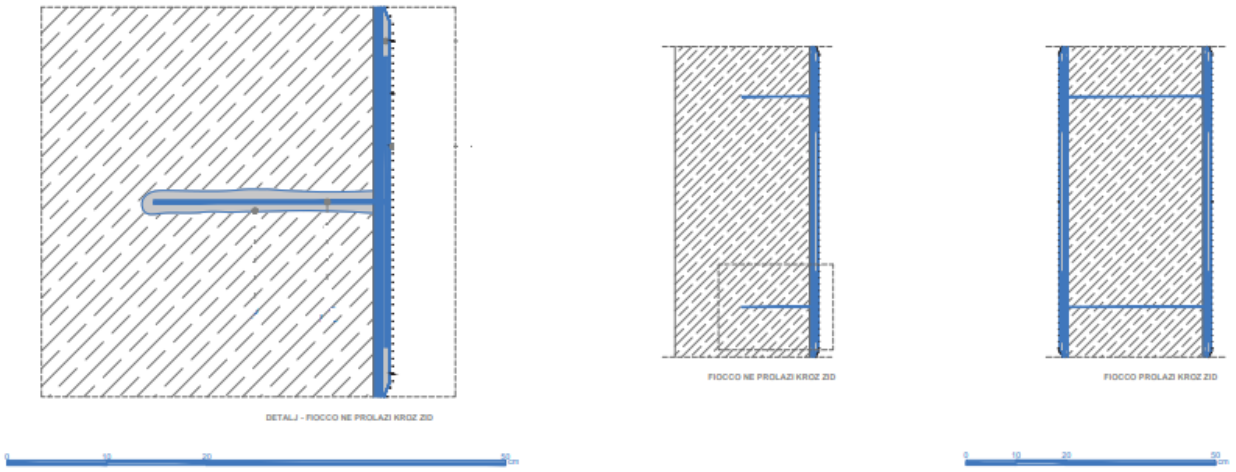


Slika 4.30. Ojačanje oštećenog zida umetanjem ab elementa;

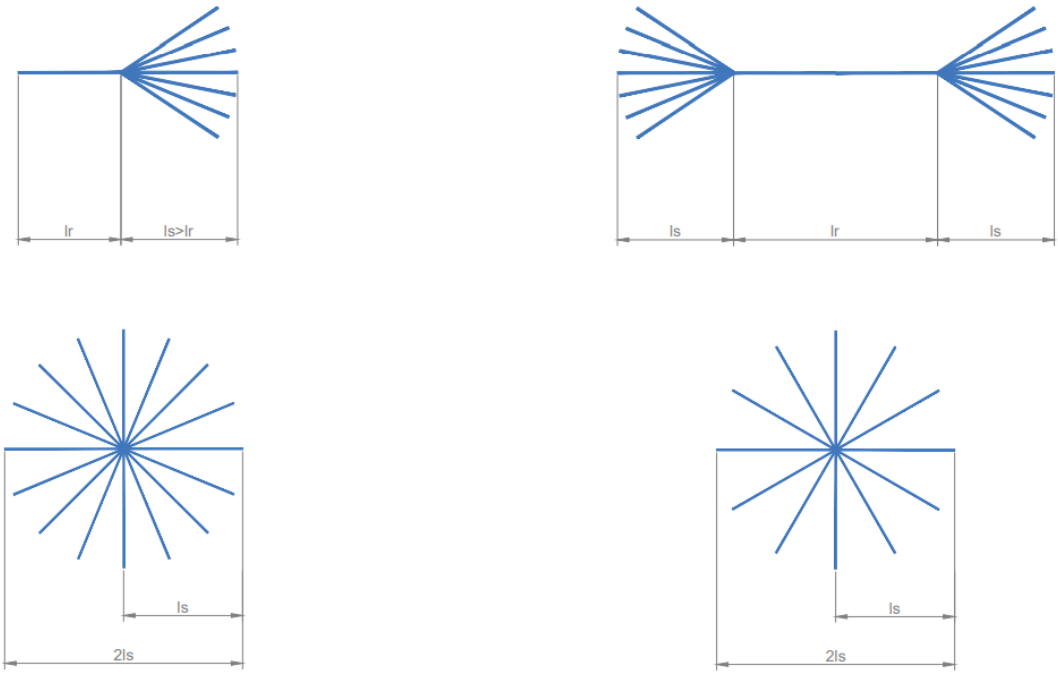
e) Ojačanje zida-KARBONSKA UŽAD

Da bi se osigurala veća učinkovitost sustava ojačanja na nosivim zidovima, moguće je izvesti dodano sidrenje užetom MAPEWRAP-om FIOCCO koje se ugrađuje u bušotinu cca 40cm. Sidrenje od posebnog užeta može se izvesti kroz element i tako osigurati dvostruko sidrenje ili samo s jedne strane zida, ovisno o potrebama projekta i vrsti zida. Nakon što se uže za sidrenje umetne u

rupu u kojoj se nalazi sredstvo za sidrenje potrebno je krajeve užeta rasplesti i posipati ih suhim pijeskom.



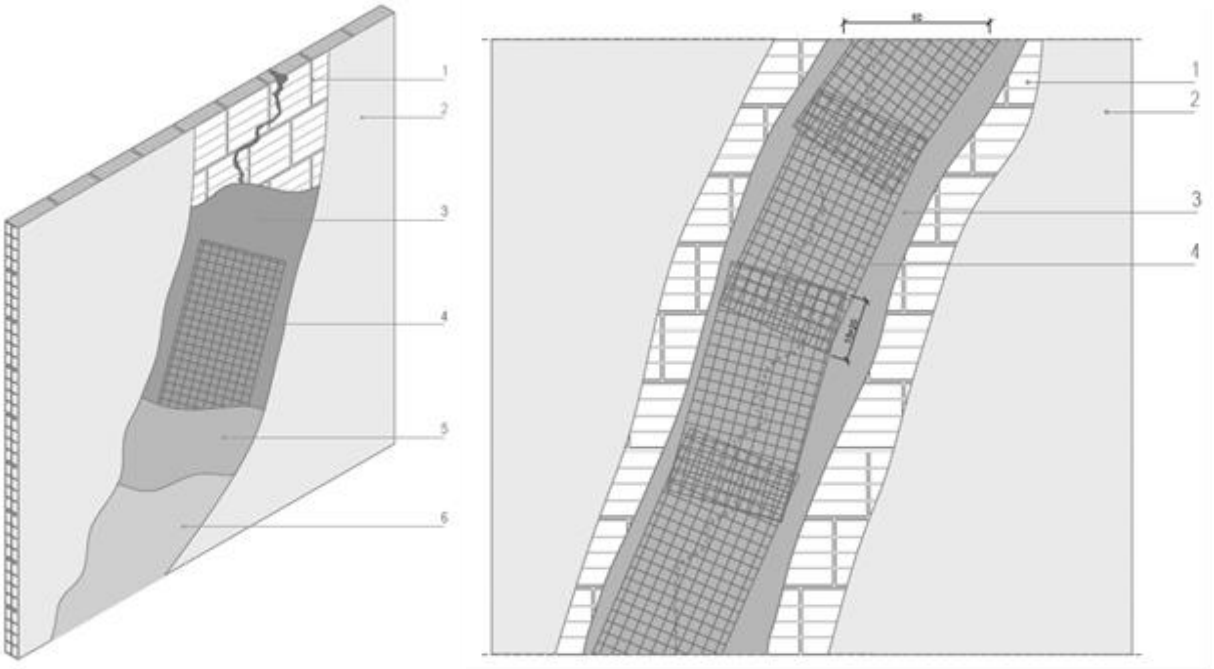
Slika 4.31. Ojačanje zida pomoću karbonskog užeta s jedne strane zida ili dvostruko sidrenje;



Slika 4.32. Prikaz raspletenog užeta;
lr-dužina krutog dijela;
ls- dužina raspletenog dijela;

4.2.4.2. Popravak pukotina

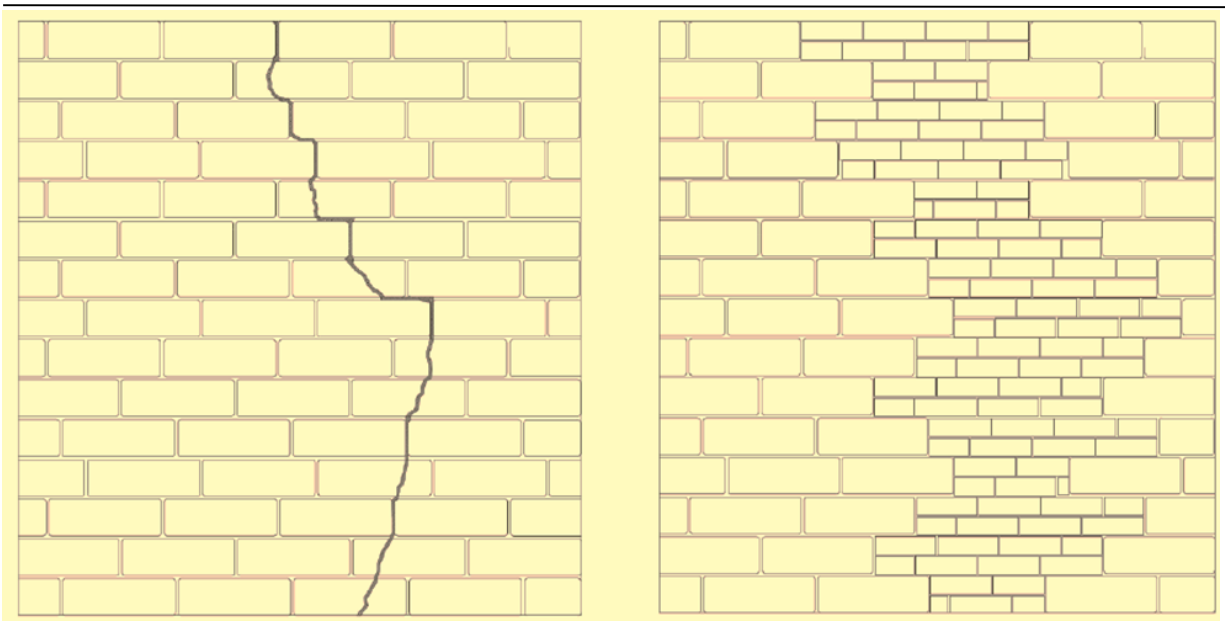
Metode popravka pukotina ovise o vrsti i širini pukotina *(Slika 4.32).* Ako je širina pukotina razmjerno mala, manja od 10 mm, i ako je debljina zida razmjerno mala, pukotine se smiju zatvoriti mortom. Iste se pukotine kod debljih zidova zatvaraju injektiranjem. Popravak pukotina širine veće od 10 mm najčešće obuhvaća rekonstrukciju, odnosno djelomično preslagivanje dijela zida. Otpornost zidova na vertikalno raspucavanje može se značajno poboljšati ugradnjom čeličnih spirala ili polimerne armature maloga promjera u horizontalne sljubnice. Za popravak dijagonalnih pukotina može se uz prije navedene tehnike primijeniti ovijanje jednoga ili oba lica ziđa u kombinaciji s odgovarajućim mortom ili žbukom.



Slika 4.33 .Sanacija pukotina i ojačanje pregradnih zidova može se izvesti primjenom sustava tankoslojne armirane žbuke koji se sastoji od mrežice iz FRCM SUSTAVA ili čelične rabitz mrežice (moguće i ČBR tanke mreže) u kombinaciji s dvokomponentnim mortom ojačanim vlaknima i visoke duktilnosti: 1. Postojeći pregradni zid; 2. Postojeća žbuka; 3. Dvokomponentni mort visoke duktilnosti; 4. Mrežica (alkalnootporna od staklenih vlakna ili čelična rabitz mrežica ili ČBR tankoprofilna mrežica); 5. Drugi sloj dvokomponentnog morta kao i pod 3); 6. Završni sloj;

a) Ponovno zidanje dijela zida

Lokalna metodologija uklanjanja i ponovne izgradnje (“scuci-cuci”) ima za cilj obnavljanje kontinuiteta zida uzduž linijskih pukotina (zamjena oštećenih elemenata novima, ponovno uspostavljanje konstrukcijskoga kontinuiteta) i obnavljanje teško oštećenih dijelova zidova. Poželjna je uporaba materijala koji su oblikom, dimenzijama, krutošću i čvrstoćom slični onima u izvornom zidu.



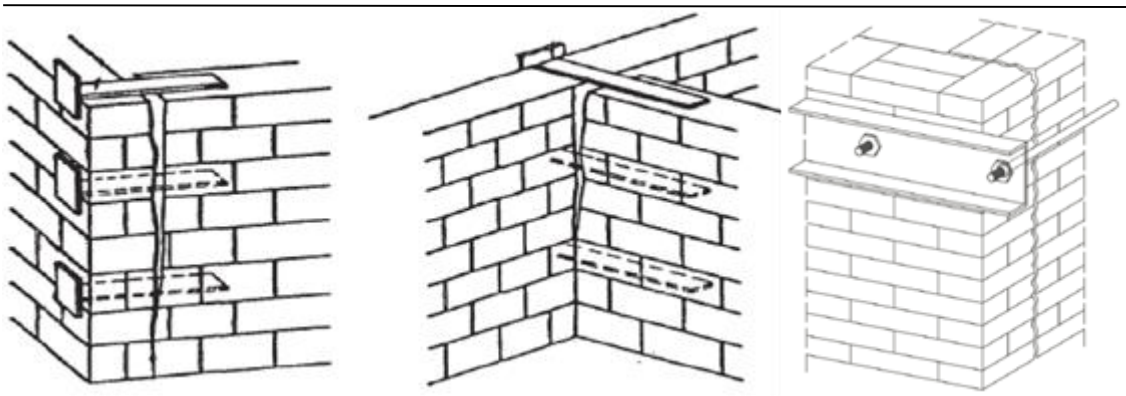
Slika 4.34. Ponovno zidanje dijela zida;

Načini izvođenja razlikuju se ovisno o stupnju oštećenja i tipologiji zida. Ako je oštećenje razmjerno malo i zahvaća samo jedan sloj zida, intervencija se može izvesti samo na zahvaćenoj strani. Ako oštećenje prolazi kroz veći dio zida, intervenciju treba izvesti postupnom zamjenom zidnih elemenata samo s jedne strane ili djelovanjem na obje strane koordinirano, u slučaju veće debljine zida. Općenito, u zahvatima "scuci-cuci" posebna se pozornost posvećuje kompatibilnosti novoga dijela s ostatkom zidane konstrukcije.

b) Povezivanje konstrukcije sidrima i zategama

Prije izvedbe zatega treba razmotriti kvalitetu ziđa (starost materijala, nehomogenost, nedostatak veziva, rasprostranjenost pukotina) koja znatno utječe na primjenjivost ovakvih rješenja.

Kako bi se povezali zidovi koji su se odvojili potresom, mogu se upotrijebiti zatege koje završavaju na lastin rep, metalnim pločama ili polimernim mrežama. Takve ploče mogu biti jako učinkovite u ojačanju ugla, no ne mogu povratiti zidove u vertikalan položaj. Rascjep se zatim zapunjuje, a površine pokrivaju mrežicom i žbukom ili slično.



Slika 4.35. Mogući načini povezivanja nosivih zidova:
(a) Povezivanje međusobno okomitih zidova metalnim pločama (skobe);
(b) Povezivanje međusobno okomitih zidova čeličnim sidrima ili zategama;

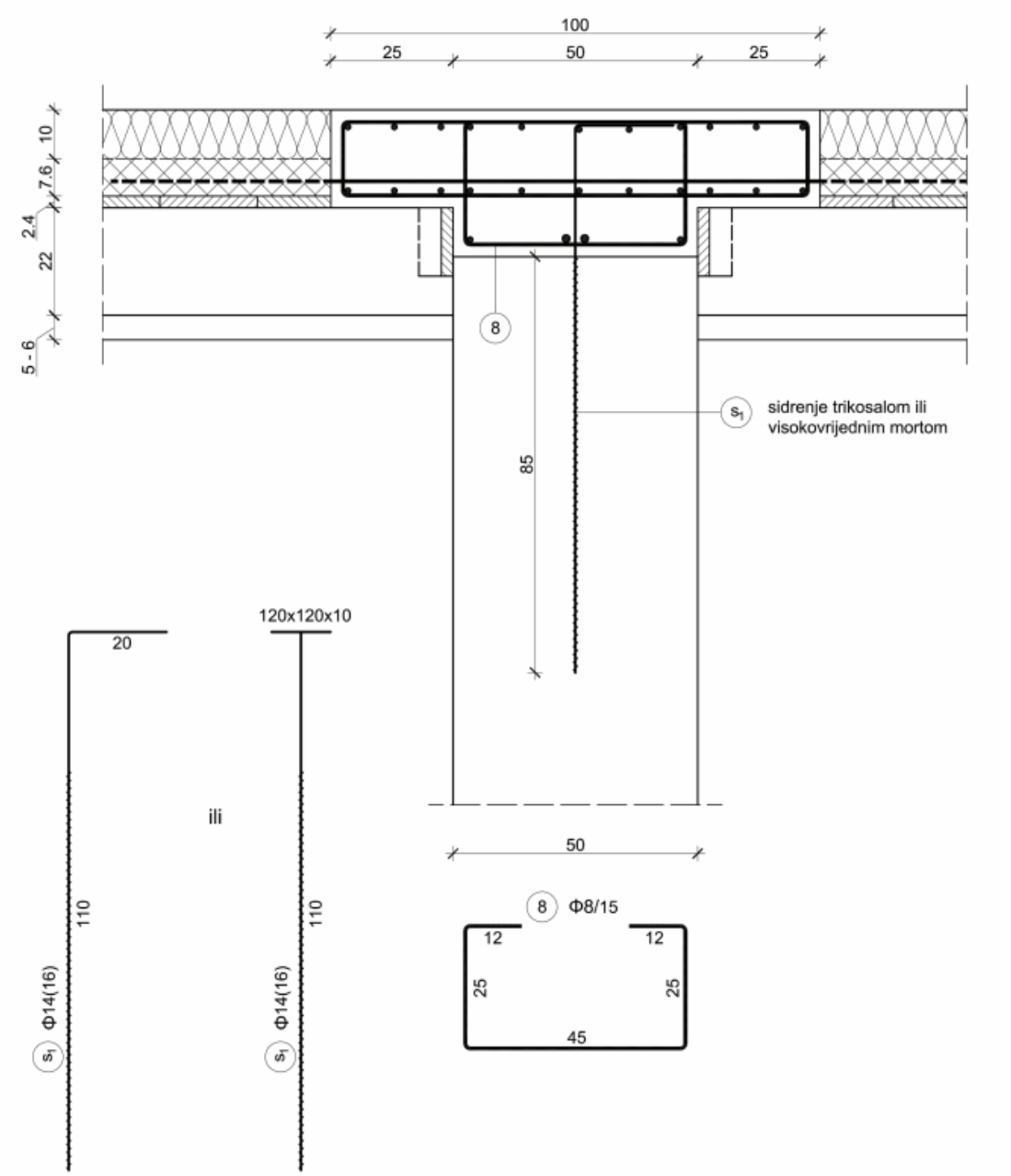
Druga mogućnost je bušenje horizontalnih rupa u zidovima kroz vertikalnu pukotinu i injektiranje epoksidnom smolom ili drugim materijalom uz umetanje čeličnih šipki.

Daljnje detaljne prijedloge sanacijskih mjera i vrsta sanacije potrebno je razraditi u suradnji i savjet Projektanta te se tijekom projektiranja sanacije odlučiti za neke od njih. Za određenu vrstu oštećenja dato je više mogućih rješenja.

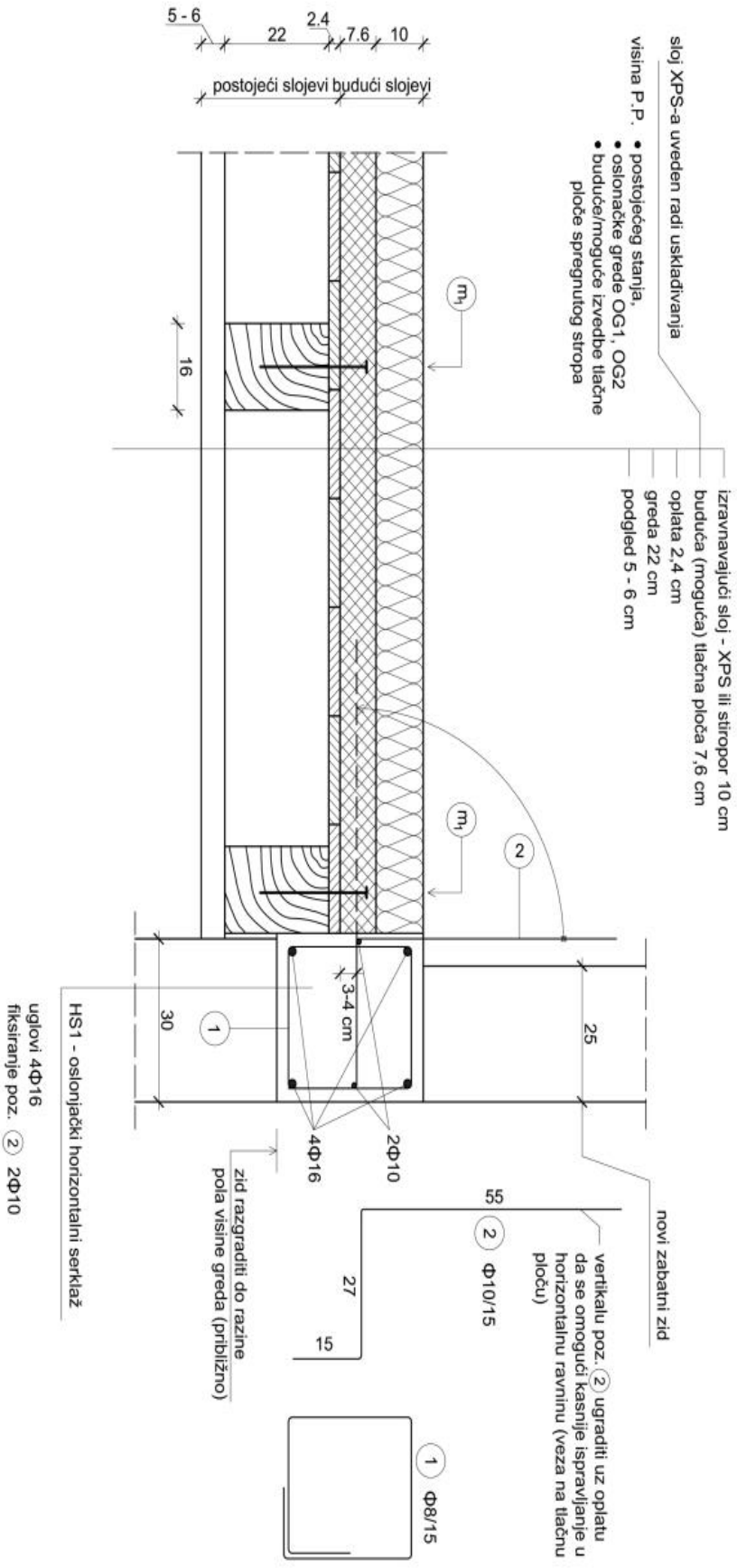
4.2.4.3. Primjeri i detalji građevinsko tehničkih rješenja

Na sljedećim presjecima nalaze se mogući prijedlozi sanacije detalja.

PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2


5 - 6
22
2.4
7.6
10
postojeći slojevi
budući slojevi
sloj XPS-a uveden radi uskladivanja visina P.P.
• postojećeg stanja,
• oslonačke grede OG1, OG2
• buduće/moguće izvedbe tlačne ploče spregnutog stropa
izravnavajući sloj - XPS ili stiropor 10 cm
buduća (moguća) tlačna ploča 7,6 cm
oplata 2,4 cm
greda 22 cm
podgled 5 - 6 cm
16
m1
2
3-4 cm
30
25
1
HS1 - oslonjački horizontalni serklaž
uglovi 4Φ16
fiksiranje poz. 2 2Φ10
4Φ16
2Φ10
zid razgraditi do razine pola visine greda (približno)
novi zabatni zid
vertikalu poz. 2 ugraditi uz oplatu da se omogući kasnije ispravljanje u horizontalnu ravninu (veza na tlačnu ploču)
55
2 Φ10/15
27
15
1 Φ8/15

5. OKVIRNI TROŠKOVNIK PREDLOŽENIH MJERA SANACIJE

Predloženi troškovnik koji slijedi sastoji se od generalnih radova (i pripadajućih cijena) ranije navedenih hitnih i dugoročnih mjera sanacije. Troškovnik je prezentiran samo jediničnim cijenama jer je za ukupne količine radova potrebna ukupna izmjera, a na kraju i odluka redoslijeda sanacijskih mjera.

Jedinične cijene dobivene su temeljem istraživanja tržišta te će naravno ovisiti o mnogo faktora tijekom izvođenja.

5.1. Sanacija temelje i temeljnog sustava

Br.	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična Cijena	Iznos
1.	**ISTRAŽNI RADOVI**				
1.1.	Penetracijsko ispitivanje čvrstoće temeljnog tla prije poboljšanja injektiranjem na šest mjesta. Obračun po broju mjesta ispitivanja.	paušal	1,00	5.000,00	
1.2.	Vizualni pregled građevine sa evidencijom pukotinskih oštećenja i pomaka.	paušal	1,00	1.500,00	
1.3.	Određivanje mikrolokacije i utvrđivanje te snimanje strukture vodovoda, kanalizacije, plinovoda i odvodnje.	paušal	1,00	2.500,00	
1.4.	Pregled i određivanje stanja konstruktivnih dijelova objekta (zidova, stolarije, podova, krovišta)	paušal	1,00	2.500,00	

2.	**PROJEKTNA DOKUMENTACIJA**				
2.1.	Izrada glavnog i izvedbenog projekta ojačanja temeljnog tla injektiranjem ekspandirajuće smole	paušal	1,00	15.000,00	
2.2.	Izrada glavnog i izvedbenog projekta sanacije vodovodnih, kanaliacijskih, plinskih instalacija	paušal	1,00	5.000,00	
2.3.	Izrada glavnog i izvedbenog projekta sanacije konstrukcije	paušal	1,00	15.000,00	

3.	SANACIJA				
3.1.	**Injektiranje ekspanzione smole u temeljno tlo** Izvođenje zahvata sanacije temeljnog tla injektiranjem ekspandirajuće smole kroz prethodno izbušene bušotine promjera 30mm, na razmaku od 80-120 cm duž temelja, umeću se čelične cijevi za injektiranje dvokomponentne poliuretanske smole koja može razviti silu ekspanzije do 10.000 kPa. Cijevi se postavljaju u jedan do tri nivoa, sve do 3,0 m od razine dna temelja. Kroz tako postavljeni sustav cijevi ubrizgava se smola sve do trenutka kada postavljeni laserski uređaji (niveliri) ne zabilježe podizanje konstrukcije od minimalno 0,5 mm (maksimalno 0,5 mm) ili prema ocjeni operatera o postizanju dovoljnog poboljšanja tla. Redoslijed i način injektiranja određuje tehničar na gradilištu. Obračun po dužnom metru temelja.	m'		6.000,00	
3.2.	**Sanacija vodovodnih, odvodnih i sanitarnih instalacija.** Ustavku je uključeno iskolčenje trase svih instalacija, dobava, montaža cijevi sa spojem verikalne odvodnje oborinskih voda, ispitivanje vodonepropustnosti gravitacijskih cjevovoda prema važećim propisima i upuststvima	paušal		15.000,00	
3.3.	**Sanacija konstuktivnih dijelova objekta.** Stavka uključuje injektiranje pukotina dvokomponentnim epoksidnim ljepilom za konstrukcijska ljepljenja u nosivim AB elementima (AB stupovi , grede, ploče i zidovi.) prema naputku nadzornog inženjera i projektanta. Sanacija pukotina predviđa identifikaciju, detaljno snimanje i markiranje pukotina. Čišćenje mjesta oko pukotina, odstranjivanje nepričvršćenih i degradiranih dijelova betona, zatim otvaranje pukotine i otpuhivanje komprimiranim zrakom. Postavljanje pakera sa bušenjem potrebnih rupa za njih, brvtljenja pukotina. Injektiranje pukotina pod pritiskom sa injekcionom dvokomponentnom smolama na bazi epoksida.	m'		750,00	
3.4.	**Hidroizolaicja**. Nabava, dobava svog potrebnog materijala i izvedba hidroizolacije temeljnog zida od opeke ili betona. Hidroizolacija se izvodi polaganjem slijedećih slojeva na potpuno očišćenu i suhu podlogu: 1. hladni premaz kao Resitol ili slično; 2. varena bitumenska traka kao Bitufix GV4 (2 sloja) ili slično. Izvoditi prema uputama proizvođača. Obračun po m2 površine temeljnog zida	m2		350,00	

5.2. Sanacija strukturalnih i nestrukturalnih dijelova

Br.	Opis stavke troškovnika	Jedinica mjere	Količina	Jedinična Cijena
1.	Podupiranje oštećenog nosivog sustava	SAT	1	120,00
	Ručno rušenje oštećenih zidova (zbrinjavanje i odvoz na deponij)	m2	1	1.400,00
	Zidanje nosivih zidova širine 30cm	m3	1	1.200,00
	Uklanjanje oštećenih stupova	m3	1	1.400,00
	Povezivanje sa temeljima, ugradnja nove armature	kgf	1	15,00
	Uklanjanje oštećenog dimnjaka	m1	1	700,00
	Zidanje novog dimnjaka (SCHIEDEL FI 200)	m1	1	1.100,00
	Izrada novih vertikalnih serklaža (oplata,armiranje,	m1	1	550,00

	betoniranje) dimnezije 300x400			
	Izrada novih horizontalnih serklaža	m1	1	550,00
	Izrada AB vijenca	m1	1	450,00
	Izrada AB nadvoja	m1	1	450,00
	Krpanje pukotina i mjesta otpadanja žbuke	m2	1	200,00
	Ugradnja armaturnih mrežica u zidove i njihovo međusobno povezivanje te prekrivanje završnim slojevima	m2	1	250,00
	Rušenje oštećenih zidova (pregradnih)	m2	1	280,00
	Gradnja novih zidova (pregradni zidovi 12cm)	m2	1	400,00
	Zamjena gipskartonskih obloga novima	m2	1	240,00
	Gletanje i armiranje fasadnim ljepilom i mrežicom vanjskih pukotina u zidovima	m2	1	300,00
	Skidanje keramičkih pločica	m2	1	85,00
	Poravnavanje zidova i ugradnja nove keramike. Pločice do 150,00kn	m2	1	400,00
	Demontaža i montaža oštećenih pozora. Prozor sa roletom dimenzije 140x120	kom	1	3.850,00
	Zamjena unutarnjih vratiju 205x95 ili slično	kom	1	3.900,00
	Kompletan popravak fasadnog sustava i navlačenje novog. Cijena varira ovisno o zahtjevima projektanta i konzervatora.	m2	1	220,00
	Zamjena pokrova na krovištu Crijep Gerard	m2	1	250,00 350,00

5.3. Specijalni radovi sanacije

Ovaj troškovnik odnosi se na sanaciju konstruktivnih elemenata objekta (stupovi, zidovi, lukovi , svodovi, itd) metodom injektiranja i sprezanja.

Izrada odgovarajućih radnih skela za potrebe bušenja, sprezanja i injektiranja.

120,00 kn/m2

Bušenje u promjeru 25 mm. Ugradnja prozirnih plastičnih cjevčica promjera 13 mm, na razmaku cca 50 cm, a sve prema detalju nacrta, dubini i rasteru iz projekta. Uklanjanje pipaca po završenom injektiranju.

Obračun prema broju ugrađenih cjevčica. 55,00 kn/kom

Obijanje, ispuhivanje ili ispiranje te brtvljenje pukotina brzo vezujućim sredstvom. Nije uključena završna zidarska obrada, gletanje i ličenje.

Obračun prema ukupnoj dužini obrađenih pukotina. 500,00 kn/m'

Injektiranje pukotina širine 2 – 20 mm odozdo prema gore. Ispuhivanje ili ispiranje injekcijskih cjevčica prije injektiranja. Receptura izrade smjese prema odrednicama projekta.

a) Suspenzije na bazi portland cementa i vapna 75,00 kn/kom

b) Suspenzije na bazi bijelog cementa i vapna 110,00 kn/kom

c) Gotove smjese za objekte pod zaštitom spom. kult.) 250,00 kn/kom

Obračun po broju injektiranih pipaca

Izrada ležajeva zatega izradom utora dimenzija i dubine prema projektu. Nabava, doprema i ugradnja čel. oslonačkog sklopa prema detalju projekta. Zatvaranje utora po izvršenom sprezanju. Nije uključena završna obrada, gletanje i ličenje.

Obračun po broju oslonačkih mjesta. 550,00 kn/kom

Bušenje za štapne elemente i zatege u kamenu, betonu ili opeci.

a) Promjera 32 mm, dužine do 60 cm 250,00 kn/m'

b) Mirno bušenje dijamantom, promjera 42 mm,dužina većih od 60 cm 800,00 kn/m'

Obračun prema dužini bušenje.

Nabava, doprema, dorada i ugradnja sa injektiranjem štapnih elemenata od rebrastog čelika promjera do 25 mm, za potrebe prošivanja pukotina ili ojačanje uglova objekta.

Obračun prema dužini ugrađenog elementa.. 400,00 kn/m'

Nabava, doprema, dorada i ugradnja zatega od visokovrijednog čelika (npr. Cona-Sol 0,6" i slično) sa zamašćenom PHD košuljicom – komplet sa podložnom pločom i ostalim priborom. Aktiviranje, napinjanje i zaklinjavanje na silu zadanu projektom, rezanje viška struka.

Obračun prema dužini ugrađene zatege. 800,00 kn/m'

6. ZAKLJUČAK

Terenskim pregledom predmetnih etaža i njenog okruženja detektirana su oštećenja po cijelom objektu, njegovoj unutrašnjosti i vanjskoj strani koja možemo podijeliti na;

- Strukturalna oštećenja (oštećenja u nosivom sustavu i nosivoj konstrukciji, ab stupovima, ab gredama, vertikalnim i horizontalnim serklažima, nadvojima, vijencima te nosivim zidovima);
- Oštećenja u temeljnom sustavu i temeljnom tlu;
- Oštećenja u nenosivim zidanim elementima (pregradni zidovi);
- Oštećenja u oblogama zidova;
- Oštećenja u vanjskom dijelu, okolišu i sl.

Osnovni nosivi elementi na seizmičke sile su zidovi, kod kojih je u ovom slučaju uočeno niz nepravilnosti. Osim što je uočeno da nisu izvedeni horizontalni i vertikalni serklaži, konstrukcija nosivih zidova je neuporabljiva, strukturalni integritet je potpuno narušen te svako daljnje zadržavanje konstrukcije u ovakvom stanju predstavlja opasnost za cijelu zgradu. Vanjski istočni i južni zid, a posebice za njihov JI spoj može se zaključiti da je razina oštećenja maksimalna, odnosno, razred oštećenja D4-D5. Stupanj oštećenja na sjevernom dijelu može se okarakterizirati razredom oštećenja D4.

Zaključno, sa svime gore navedenim i kroz ovaj zadatak detaljno detektiranim i obrađenim, predmetnu zgradu(dvojnu stambenu zgradu) potrebno je okarakterizirati kao neuporabljivu(u cijelosti) s hitnošću provođenja kratkoročnih, ali posebno dugoročnih mjera sanacije opisanih prethodnim poglavljem. Nastavno na to, sveukupno oštećenje predmetne građevine i pomoćnog objekta može se okarakterizirati u vidu stopostotnog(100%) oštećenja.

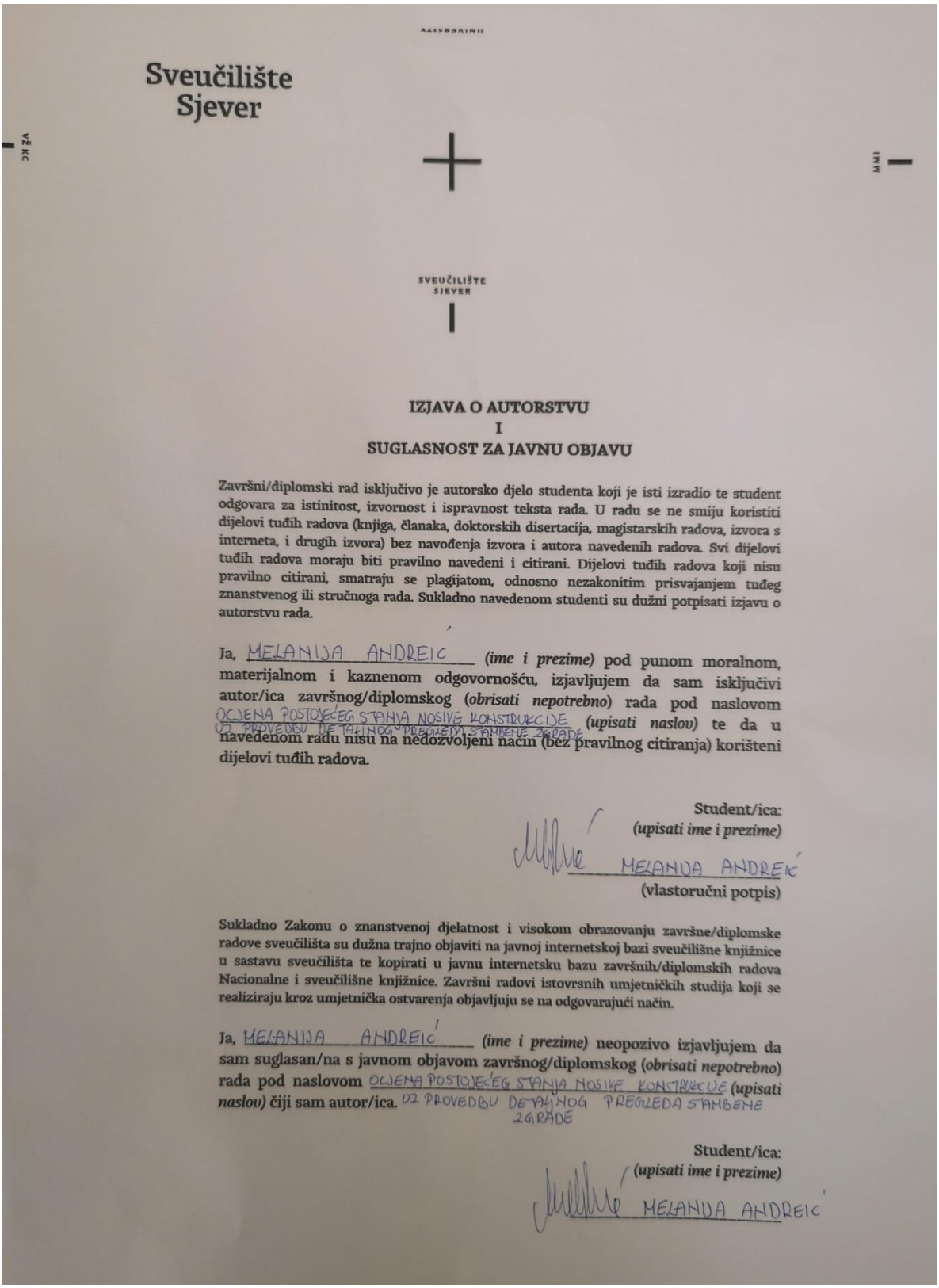
Predložena mjera sanacije temelja je ojačanje temeljnog tla primjernom kemijskog injektiranja. Ta se metoda pokazala uspješnom pri ovakvim zahvatima. Predloženo je više mjera sanacije nosivih i pregradnih zidova . Ojačanje zidova karbonskim vlaknima i karbonskom užadi, ojačanje zidova armiranjem i sidrenjem, zamjena morta u sljubnicima, ojačanje zidova ab elementima. Svakako se preporuča kombinacije suvremenih i klasičnih metoda. Popravak pukotina ovisi o vrsti i širini pukotina. Predložene mjere sanacije pukotina su: primjena sustava tankoslojne armirane žbuke, ponovno zidanje dijela zida, povezivanje konstrukcije sidrima i zategama.

Potrebno je imati na umu da je radove sanacije potrebno izvoditi određenim redoslijedom prioriteta s time da je neophodno primarno sanirati kompletni noseći sustav cijele zgrade, posebno uključujući temeljni sustav i temeljno tlo. Hitnost sanacije pridonose duboka strukturalna oštećenja nosivog ziđa cijele zgrade i svih obrađenih etaža te doslovna razdvajanja međusobno okomitih no-

sivih zidova. Izabrano rješenje na kraju treba konstruktivno povezati nosive dijelove zgrade u jednu cjelinu, povećati im nosivost, krutost i otpornost povećanjem mehaničke otpornosti i stabilnosti te time zgradu funkcionalno podići na razini uporabljivosti i time je pripremiti za buduću eksploataciju ali i mogući novi potresni udar.

U Varaždinu, _____ Student:

Melanija Andreić



Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

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, MELANIJA ANDREIC *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE KONSTRUKCIJE U PROVEDBI DETALJNOG PREGLEDA STAMBENE ZGRADE *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
MELANIJA ANDREIĆ
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost 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, MELANIJA ANDREIĆ *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE KONSTRUKCIJE *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica. U PROVEDBU DETALJNOG PREGLEDA STAMBENE ZGRADE

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
MELANIJA ANDREIĆ

7. POPIS LITERATURE

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

[2] G. Grünthal.:“ European Macroseismic Scale 1998“, Centre Europèen de Géodynamique et de Séismologie, Imprimerie Joseph Beffort, Helfent-Bertrange, ISBN No2-87977-008-4, Luxembourg 1998.

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

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

[5] Orešković, M.: „Elaborati ocjena postojećeg stanja konstrukcije zgrada pogođene potresom na zagrebačkom području“, travanj-rujan 2020.

[6] Orešković,M.(2019): Nastavni materijali iz kolegija Tehnička dijagnoza na Diplomskom studiju graditeljstva Sveučilište Sjever, Varaždin

[7] 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.)

Internet izvori:

[8] http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-52-2000-11-06.pdf

[9] https://bib.irb.hr/datoteka/Uloga_gradevinarstva_u_smanjenju_rizika_od_potresa.pdf

[10] http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE_66_2014_8_3_1031.pdf

[11] http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_potresima?@=1lrg8

8. POPIS SLIKA

Slika 2.1. Tri tipa granica između ploč: a) divergentne granice, b) konvergentne granice, c) transformne granice;….1

(Izvor: http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geol%20mora%2003%20morfogeneza.pdf)

Slika 2.2. Prikaz hipocentra i epicentra potresa;……...3

(Izvor: http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/geography/platetectonics/quakerev1.shtml)

Slika 2.3. Shematski prikaz prostornih valova;crne strelice prikazuju smjer širenja čestica;……..4

(Izvor: https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmoloski_pojmovnik)

Slika 2.4. Shematski prikaz površinskih valova; crne strelice prikazuju smjer širenja čestica;……..4

(Izvor: https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmoloski_pojmovnik)

Slika 2.5.Prikaz seizmograma za 3 vrste potresnih valov;……..5

Crvena linija prikazuje najbrže P-valove;

Zelena linija prikazuje S-valove koji su 1,7 puta sporiji od P-valova;

Zadnji dugi i najsporiji L-valovi;

(Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Seizmi%C4%8Dki_val)

Slika 2.6. Primjer krivulje kašnjenja valova;……7

(Izvor: https://opzs.unipu.hr/_download/repository/FG_3_2020_Potresi%5B3%5D.pdf)

Slika 2.7. Određivanje epicentra potresa na temelju podataka sa tri seizmološke postaje;……..7

(Izvor: http://www.hfd.hr/ljskola/arhiva/2003/markusic.pdf)

Slika 2.8. Grafički prikaz Rihterove ljestvic;……..7

(Izvor: https://geoclass.wordpress.com/2009/09/01/mjerenje-potresa/)

Slika 2.9. Prikaz Rihterove ljestivce;……8

(Izvor: https://sh.wikipedia.org/wiki/Richterova_skala)

Slika 2.10. Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica(MCS);……. 9

(Izvor: geofizika.uzivo/photos/mercalli-cancani-siebergova-ljestvica-mcs-ljestvica-%C4%8De%C5%A1%C4%87e-nazivana-samo-kao-merc)

Slika 3.1. Prikaz predmetne zgrade na zemljopisnoj karti;……11

(Izvor: https://googlemaps.hr.)

Slika 3.2. Prikaz predmetne katastarske čestice;……12

(Izvor: Izvadak iz katastarskog plana)

Slika 3.3. Lokacija predmetne zgrade u odnosu na epicentre potresa u razdoblju od 22.03.2020-26.03.2020.;……..14

Slika 3.4. Karta podrhtavanja tla na površini za vrijeme prvog potresa najveće magnitude izraženo u postocima gravitacijskog ubrzanja ($g=9,81ms^{-2}$);…….. 14

(Izvor: https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=906613)

Slika 3.5. Histogram magnituda potresa koji prikazuje broj potresa po razredima magnituda (prvi razred magnituda kreće od 1.3);……...17

(Izvor: https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020)

Slika 3.6. Magnitude potresa u vremenu do 5. travnja u 6:24. Visina stupića označava lokalnu magnitudu;……18

(Izvor: https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020)

Slika 3.7. Prikaz lokacije epicentra sa oštećenjem;……18

(Izvor: https://www.emsc-csem.org/Earthquake/europe/)

Slika 3.8. Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina);……19

(Izvor: https://www.emsc-csem.org/Earthquake/europe/)

Slika 3.9. Predmetna lokacija sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od Tp = 95 i 475 godina;……20

(Izvor. http://seizkarta.gfz.hr/karta.php)

Slika 3.10. Osnovna geološka karta promatranog područja;……22
(Izvor:Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.)

Slika 3.11. Pregledna tektonska karta lista Ivanić Grad;……24
(Izvor: https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Ivanic_Grad.pdf)
Slika 3.12. Zagrebački rasjed koji je sačinjen od niza manjih rasjeda;……25

(Izvor: Pribičević, B. i Đapo, A.: Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži…, Geod. list 2016, 3, 207–230)

Slika 3.13. Žarišta potresa na ovom području;……26
(Izvor: Pribičević, B. i Đapo, A.: Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži…, Geod. list 2016, 3, 207–230)
Slika 3.14. Prikaz ovisnosti procjene rizika i klasifikacija uporabljivosti;……29
(Izvor: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.945.3894&rep=rep1&type=pdf)
Slika 4.1. Konstruktivni jugoistočni kut stambene zgrade; maksimalna oštećenja;……30

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.2. Konstruktivno slomljen južni zid; pogled iz vana i iz unutrašnjosti;……31

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.3 Jugoistočni kut zgrade; unutrašnjost.;……31

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.4. Konstruktivni istočni vanjski nosivi zid;……32

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.5. Istočni zid te jugoistočni kut zgrade; pogled iz vana;……32

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.6. Spoj južnog i istočnog zida, pogled s obje strane;……33

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.7. Horizontalna pukotina južnog nosivog zida;……34

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.8. Nosivi zid na sjevernom zidu, SI kut (lijevo), pogled iz unutrašnosti (desno);……34

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.9. Otvor na istočnoj strani zgrade;……35

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.10. Ulaz u prizemlje (etaža 2), istočna strana;……35

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.11. Dijagonalne pukotine uz otvor na ulazu u etažu 2;……36

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.12. Pregradni zidovi etaže 2 (krajnja prostorija);……37

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.13. Unutrašnji zidovi prizemlja etaže 2;……37

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.14. Unutrašnji zidovi prizemlja etaže 2, pukotina pregradnog zida;……38

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.15. Unutarnji pregradni zid prizemlja etaže 2;……..38

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.16. Istočni pregradni zid (lijevo),zapadni krajnji nosivi zid prema zajedničkom stubištu……..39

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.17. Sjeverni vanjski nosivi zid, oštećenja;……..39

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.18. Horizontalna pukotina krajnjeg zapadnog nosivog zida……40

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.19. Vanjska pukotina konstruktivnog južnog zida prizemlja etaže 2 (desno), detektirana i u unutrašnjosti);……..40

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.20. Zapadna dilatacija između dvije građevine; pogled na južno pročelje;……41

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.21. Dubinsko oštećenje na dilataciji građevina;……41

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.22. Sjeverno pročelje, pogled na dilataciju sa zapadnom građevinom;……42

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.23. Spoj južnog i istočnog zida, pogled s obje strane;……43

(Izvor; Predmetna građevina; Gornji Bukovec 168;)

Slika 4.24. Naknadno ojačanje temeljnog tla uz primjenu kemijskog injektiranja;……44

(Izvor; https://www.webgradnja.hr/clanci/ojacavanje-temeljnog-tla/597/9)

Slika 4.25. Naknadno ojačanje temeljnog tla uz primjenu kemijskog injektiranja s površine i bez razaranja postojećekonstrukcije i temelja;……45

(Izvor; https://www.webgradnja.hr/clanci/ojacavanje-temeljnog-tla/597/9)

Slika 4.26. Tablica povezanosti stupnja rizika i uporabljivosti elemenata zgrade i cijele zgrade……45

Slika 4.27. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA;……49

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.28. Ojačanje nosivog i/ili pregradnog zida od opeke, kamena ili tufa. Način ojačanja: 1. Postojeći zid od opeke; 2. Mrežica FRCM sustava ili obična ČBR mreža; 3. Sidrenje od posebnog užeta ili obična čelična šipka φ6 ili8;4.Posebne ili običnevrste cementne žbuke;……50

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.29. Djelomična zamjena morta u sljubnicima zidova;……50

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.30. Ojačanje oštećenog zida umetanjem ab elementa;……51

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.31. Ojačanje zida pomoću karbonskog užeta s jedne strane zida ili dvostruko sidrenje;……52

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.32. Prikaz raspletenog užeta;……52

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.33. Sanacija pukotina i ojačanje pregradnih zidova može se izvesti primjenom sustava tankoslojne armirane žbuke koji se sastoji od mrežice iz FRCM SUSTAVA ili čelične rabitz mrežice (moguće i ČBR tanke mreže) u kombinaciji s dvokomponentnim mortom ojačanim vlaknima i visoke duktilnos-

ti:……53

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.34. Ponovno zidanje dijela zida;……54

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)

Slika 4.35. Mogući načini povezivanja nosivih zidova:……55

(Izvor; Protupotresna ojačanja konstrukcije; MAPEI)