

# PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU ZAGREBA

---

Divić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:625176>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivana Divić

**PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI  
ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU  
ZAGREBA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivana Divić

**PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI  
ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU  
ZAGREBA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Mislav Stepinac

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Ivana Divić

**SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT OF  
AGGREGATE BUILDINGS IN ZAGREB**

MASTER THESIS

Supervisor: Associate Professor Mislav Stepinac

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3



## POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

Ivana Divić	0082061077
(Ime i prezime)	(IMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU ZAGREBA  
(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT OF AGGREGATE BUILDINGS IN ZAGREB  
(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

ARES, UIP-2019-04-3749, izv.prof.dr.sc. Mislav Stepinac  
(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum: 25.06.2024.

Mentor: izv.prof.dr.sc. Mislav Stepinac

Potpis mentora:  Digitally signed by Mislav Stepinac  
Date: 2024.06.25 10:09:06 +02'00'

Komentor:

Gradjevinski fakultet  
Fra Andrije Kačića-Miošića 26, HR-10000 Zagreb, OIB: 62924153420  
TEL.: +385 (0) 1 4639 115, FAKS: +385 (0) 1 4828 051  
www.grad.unizg.hr



Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja:

Ivana Divić

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU ZAGREBA

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

26.6.2024.

Potpis:

Ivana Divić

Građevinski fakultet  
Fra Andrije Kačića-Miošića 26, HR -10000 Zagreb, OIB: 62924153420  
TEL.: +385 (0) 1 4639 115, FAKS: +385 (0) 1 4828 051  
www.grad.unizg.hr



Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet



## OBRAZAC 6

## IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja:

Ivana Divić

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

PROCJENA POTRESNE OŠTETLJIVOSTI ZGRADA U BLOKOVIMA U DONJEM GRADU ZAGREBA

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

izv. prof. dr. sc. Mislav Stepinac

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

4.7.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum: 26.6.2024.

Potpis:

Ivana Divić

Građevinski fakultet  
Fra Andrije Kačića-Miošića 26, HR-10000 Zagreb, OIB: 62924153420  
TEL.: +385 (0) 1 4639 115, FAKS: +385 (0) 1 4828 051  
www.grad.unizg.hr

## ZAHVALE

*Iskreno hvala mentoru izv. prof. dr. sc. Mislavu Stepincu na pruženoj pomoći i vodstvu pri izradi ovog rada. Također, želim zahvaliti i svim profesorima i asistentima Građevinskog fakulteta na prenesenom znanju tijekom studiranja.*

*Najviše zahvaljujem svojim roditeljima, najvećoj podršci, bez kojih ovo ne bi bilo moguće. Hvala bratu, sestrama i ostatku obitelji na pažnji i svakom novčiću danom za kavu prilikom odlazaka u Zagreb, a posebno djedu Anti koji nikad nije zaboravio nazvati i čestitati na položenom ispitu. Svim dragim prijateljima i dečku Vatri zahvaljujem na nezaboravnim studentskim danima.*

*Ova diploma je za vas!*



## SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je procjena potresne oštećljivosti zgrada u blokovima na osnovi dvije brze metodologije. U uvodnom dijelu dane su osnovne informacije o potresima u Hrvatskoj 2020. godine, zatim su opisana karakteristična oštećenja građevina stradalih u potresu i dan je pregled o materijalnoj i financijskoj šteti od potresa. U idućem poglavlju opisane su metode procjene stanja postojećih konstrukcija kao i metode seizmičkog proračuna zidanih konstrukcija. U trećem poglavlju navedene su i detaljno objašnjene makroseizmička metoda i Adriseizmička metodologija. U glavnom dijelu spomenute metode su primijenjene na jedan blok zgrada u Donjem gradu Zagreba. Na kraju rada prikazani su i uspoređeni rezultati obju metoda i uspoređeni s brzim procjenama nakon potresa.

**Ključne riječi:** potres, zgrade u blokovima, makroseizmička metoda, Adriseizmička metodologija, oštećljivost

## SUMMARY

The topic of this thesis is the seismic vulnerability assessment of aggregate buildings based on two quick methods. The introductory part contains basic information about the earthquakes in Croatia in 2020, characteristic damage of the buildings affected by the earthquake and an overview of the material and financial damage from the earthquake. In the next chapter, the methods of assessing the condition of existing structures as well as the methods of seismic design of masonry structures are described. In the third chapter, the macroseismic method and Adriseismic methodology are listed and explained in detail. In the main part, the mentioned methods were applied to a buildings aggregates in the Lower Town in Zagreb. At the end of the thesis, the results of both methods are presented and compared with quick post-earthquake usability assessment.

**Key words:** earthquake, aggregate buildings, macroseismic approach, Adriseismic methodology, vulnerability

## SADRŽAJ

ZAHVALE .....	iv
SAŽETAK .....	v
SUMMARY .....	vi
SADRŽAJ .....	vii
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Potresi u Hrvatskoj 2020. godine .....	1
1.2. Karakteristike oštećenih građevina i tipska oštećenja .....	3
1.3. Materijalna i financijska šteta u stambenom sektoru .....	11
<b>2. Pregled stanja područja za postojeće građevine .....</b>	<b>15</b>
2.1. Procjena stanja postojećih konstrukcija .....	15
2.2. Metode procjene stanja postojećih konstrukcija .....	16
2.3. Seizmički proračun zidanih konstrukcija .....	17
2.3.1. Metode seizmičkog proračuna zidanih konstrukcija .....	17
2.3.1.1. Metoda postupnog guranja (Pushover metoda) .....	19
2.4. Metode procjene seizmičkog rizika .....	22
2.4.1. Adriseizmička metodologija .....	23
2.4.2. Makroseizmička metodologija .....	27
2.4.2.1. Raspodjela nosivih elemenata .....	33
2.4.2.2. Pravilnost i kompaktnost tlocrta .....	37
<b>3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA BLOKA .....</b>	<b>38</b>
3.1. Procjena oštetljivosti zgrada unutar bloka prema makroseizmičkoj i Adriseizmičkoj metodi .....	40
3.2. Usporedba rezultata makroseizmičke i Adriseizmičke metode .....	91
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>97</b>
<b>POPIS LITERATURE .....</b>	<b>99</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>102</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>105</b>

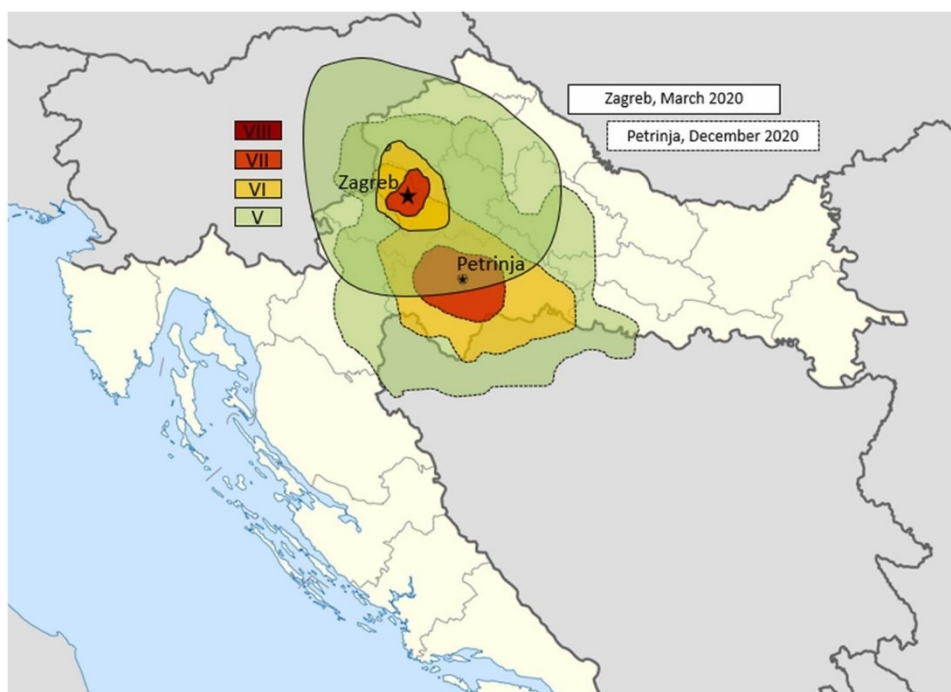
## 1. UVOD

### 1.1. Potresi u Hrvatskoj 2020. godine

Sjeverna Hrvatska pretrpjela je u 2020. godini dva razorna potresa, u Gradu Zagrebu i okolici te u Sisačko-moslavačkoj županiji. Potresi su rezultirali gubitkom osam ljudskih života, iseljavanjem s područja pogođenih potresom te urušavanjem dijelova ili građevina u cijelosti. Budući da se radi o neomeđenom i nearmiranom ziđu koje većinom datira iz vremena kada nisu postojale odgovarajuće norme, povećala se osviještenost ljudi o važnosti pravilnog projektiranja, izvođenja, održavanja te obnove građevina.

22. ožujka 2020. godine Grad Zagreb i okolicu pogodila su dva potresa s razmakom od pola sata. Prvi potres magnitude 5.5 po Richteru bio je intenziteta VII na EMS-98 ljestvici što označava štetan potres – mnoge zgrade trpe blagu do umjerenu štetu (1)(2). Procijenjena dubina hipocentra potresa bila je 10 km, dok se epicentar nalazio blizu Markuševca, približno 7 km od Donjeg grada. Drugi potres bio je magnitude 4.9 po Richteru (2). Serija potresa rezultirala je gubitkom jednog života te uzrokovala ogromne materijalne štete, pretežno u Donjem gradu, gdje se nalaze vrlo stare zgrade velike kulturne i povijesne važnosti (3). Tipična oštećenja na 25000 građevina, koliko ih je oštećeno potresom u Zagrebu, bila su uglavnom dijagonalne pukotine na slabo armiranim posmičnim zidovima s nesimetričnom vertikalnom i horizontalnom armaturom, longitudinalno izvijanje stupova zbog stvaranja plastičnih zglobova kod armiranobetonskih okvira, padanje zabatnih zidova, dimnjaka, parapeta i sl. (4). Iako je potres bio umjerenog intenziteta, zbog kulturne i povijesne važnosti zgrada, vremena u kojem su izgrađene, kada nisu postojale seizmičke norme, Vlada Republike Hrvatske i Svjetska banka procijenili su štetu na 11,3 milijardi eura.

Devet mjeseci kasnije, 29. prosinca 2020. godine, potres magnitude 6.4 po Richteru, procijenjenog intenziteta u epicentru VIII-IX prema EMS-98 ljestvici (slika 1), što označava jako štetan, odnosno destruktivan potres (1), pogodio je područje Sisačko-moslavačke županije izazivajući štete i u okolnim županijama. Epicentar potresa nalazio se 3 km južno od Petrinje. Ovom potresu prethodilo ih je mnogo od kojih se najveći dogodio dan prije, 28. prosinca, magnitude 5.0 i epicentra udaljenog od Petrinje 5 km. Serija potresa odnijela je sedam ljudskih života, rezultirala ogromnim materijalnim štetama i urušavanjima, velikom seobom, no i zbog slabijeg socio-ekonomskog statusa cijelog područja, ujedinila je Hrvatsku u pomoći. U Sisačko-moslavačkoj županiji oštećeno je 56000 građevina, a potres je uzrokovao i dodatne štete na građevinama u Zagrebu koje su ranije potresom oštećene. Zbog loše gradnje (nearnirano i neomeđeno ziđe često i dotrajalog materijala zbog čega su tipska oštećenja slična zagrebačkim) te neadekvatnog temeljena obzirom na tlo, procijenjena šteta iznosila je 4,8 milijardi eura (4).



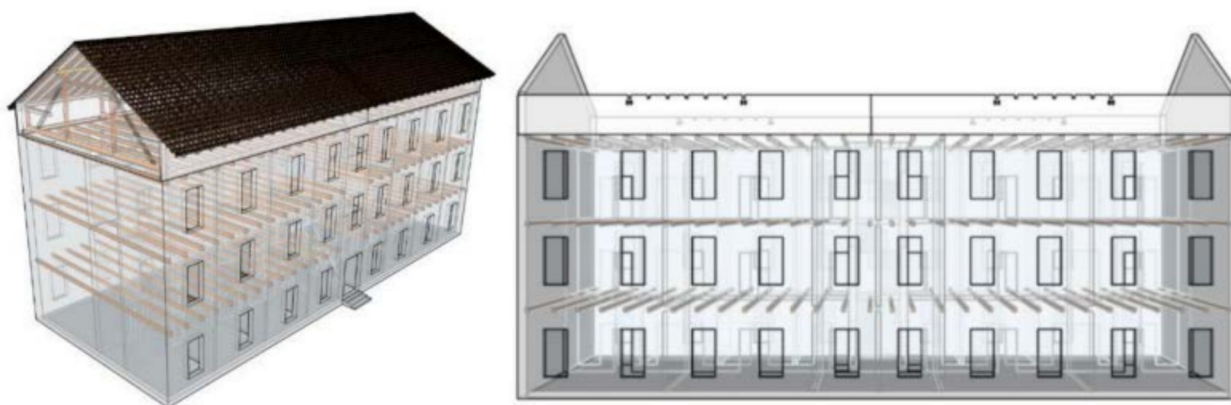
**Slika 1:** Karta intenziteta potresa u Zagrebu i Petrinji 2020. godine prema EMS-98 (3)

## 1.2. Karakteristike oštećenih građevina i tipska oštećenja

Hrvatski građevinskog fond sastoji se od otprilike 800000 stambenih i 125000 nestambenih zgrada. Više od 40% fonda je starije od 50 godina što znači da je uporabni vijek velikog broja građevina istekao i da nisu projektirane prema seizmičkim normama. Zgrade sagrađene do 1970. godine karakteriziraju nearmirani neomeđeni zidovi debljine 30-60 cm sagrađeni od tradicionalne austrougarske glinene opeke dimenzija 29×14×6,5 cm povezane vapnenim mortom (slika 2) i uglavnom fleksibilni drveni stropovi koji su slabo povezani s nosivim zidovima dok se na visoke zabatne zidove nastavlja strmo drveno krovništvo iz kojega se diže masivni dimnjak (slika 3). 1960-ih godina pojavljuje se armirani beton koji u kombinaciji s čelikom i drvetom postupno zamjenjuje tradicionalne građevinske materijale do tada korištene te dolazi do pojave krutih armiranobetonskih stropova (5).



Slika 2: Prikaz tipičnog зида зграда u centru Zagreba (2)



**Slika 3:** Prikaz tipične zgrade za stanovanje (2)

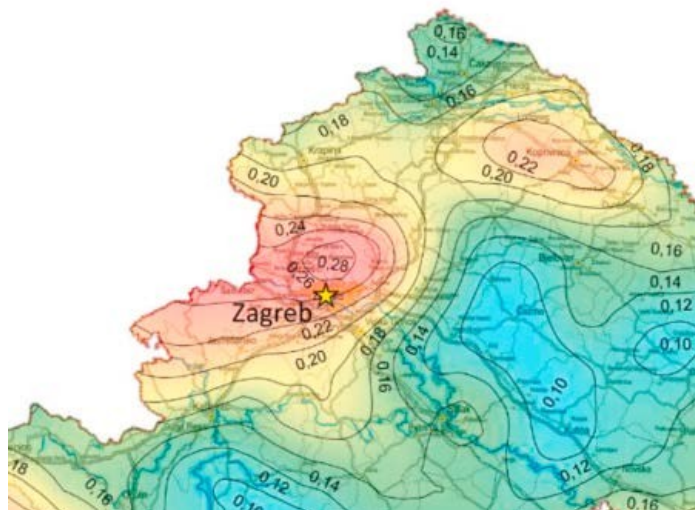
U mnogo europskih gradova povijesni dio čine zidani gradski blokovi, a Zagreb nije iznimka. Zbog rasta broja stanovnika i urbanizacije u 19. stoljeću dolazi do njihove pojave. Seizmičko ponašanje zgrada povezanih u blok vrlo je kompleksno te se razlikuje od ponašanja samostojećih zgrada, a k tomu seizmičke norme ne nude smjernice kako pristupiti projektiranju zgrada u bloku te je zbog toga vrlo bitno procijeniti seizmički rizik svake zgrade unutar bloka. S obzirom na međudjelovanje zgrada unutar bloka, seizmički rizik se procjenjuje na osnovnu karakteristika same zgrade te karakteristika zgrada koje su joj susjedne (pozicija unutar bloka, tlocrta simetričnost, visina zgrade i sl.) (6).



**Slika 4:** Prikaz gradskih blokova u centru Zagreba (2)

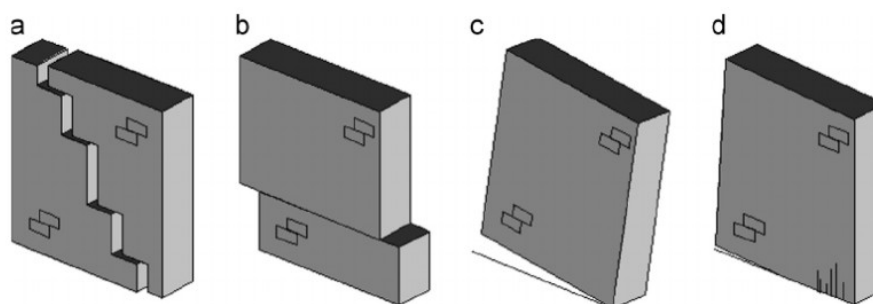
Zadnji razorni potres Zagreb je pogodio prije 140 godina, a upravo zbog rijetkosti njihove pojave spremnost na potres u Hrvatskoj nije postojala. Grad Zagreb ima umjeren seizmički hazard (opasnost) s ubrzanjem tla  $a_{gT}=0,25-0,28$  (slika 5), no činjenica da je vrlo naseljen te su zgrade u Donjem gradu pretežno stare oko 100 godina i dio su gradskih blokova čini seizmički rizik čini vrlo visokim, a u prilog ne idu ni neodržavanje ni brojne renovacije i rekonstrukcije zgrada odrađene bez stručnog nadzora (7).





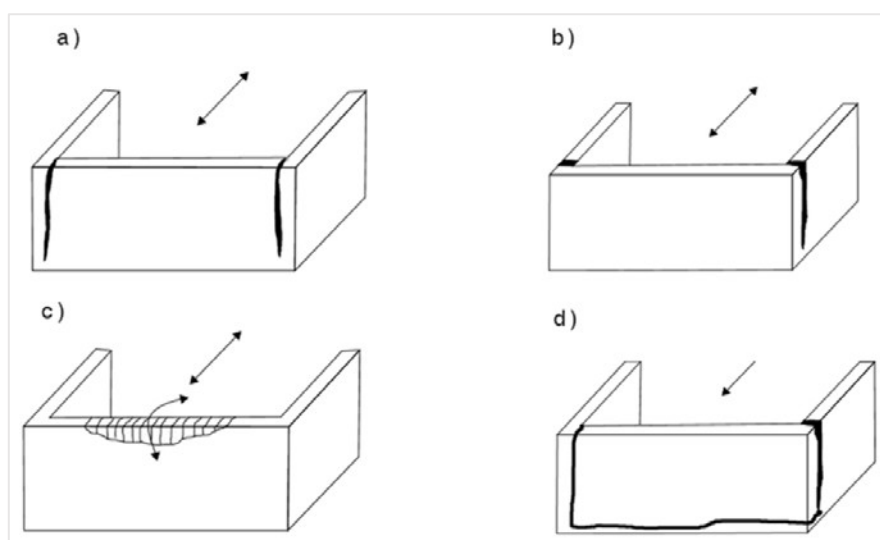
**Slika 5:** Ubrzanje tla za Zagreb za povratni period od 475 godina (2)

Zbog navedenog opisa zgrada i materijala iz prvog paragrafa, gradnje u blokovima iz drugog paragrafa i objašnjenog seizmičkog rizika u trećem paragrafu, dolazi do tipskih oštećenja prilikom potresa na konstrukcijama koja su uglavnom oštećenje zidova izvan i u ravnini, urušavanje i oštećenje zabatnih zidova, pregradnih zidova, krovišta, dimnjaka, parapeta, konzolnih dijelova, nadvoja i svodova, oštećenja stepenica. Poznato je da zidani zidovi imaju vrlo malu vlačnu čvrstoću i veliku vlastitu težinu zbog čega se loše ponašaju prilikom potresa. Do otkazivanja zidova u ravnini dolazi pojavom a) vlačne ili posmične dijagonalne pukotine, b) klizanjem po sljubnicama tzv. posmični slom, c) uslijed odizanja (vlačno popuštanje uslijed savijanja u ravnini), d) uslijed drobljenja u kutu (tlačno popuštanje uslijed savijanja u ravnini) (slika 6).



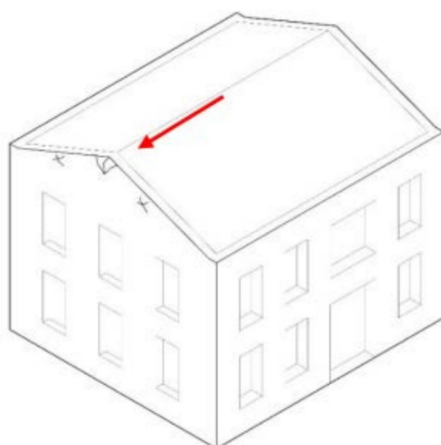
**Slika 6:** Mehanizmi otkazivanja ziđa u ravnini (8)

Radi nedostatka „efekta kutije“ dolazi do otkazivanja zidova izvan ravnine jer zidovi nisu adekvatno povezani s međukatnom konstrukcijom i nedostaju vertikalni i horizontalni serklaži, a oštećenja koja su tada vidljiva su a) vertikalne pukotine na spoju zidova, b) vlačni slom i vertikalne pukotine, c) horizontalne pukotine uslijed savijanja van ravnine i d) globalno otkazivanje zidnog panela (slika 7).

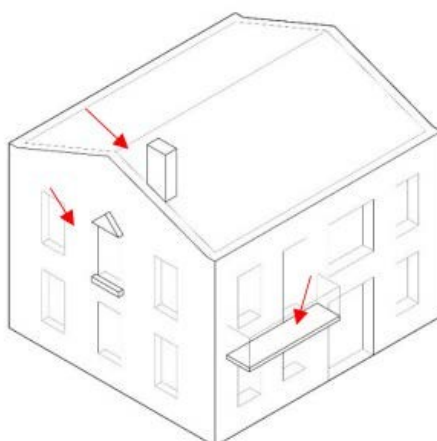


**Slika 7:** Mehhanizmi otkazivanja zida van ravnine (9)

Zabatni zidovi uobičajeno su debljine 14 cm i vrlo visoki i prilikom potresa dolazi do udara dijelova krovišta (krovnih rogova i krutih greda) zbog neadekvatne povezanosti čime se on urušava (slika 8). Do urušavanja nenosivih pregradnih zidova debljine oko 14 cm dolazi pretežno zbog vitkosti jer ti zidovi često budu dugi i visoki. Oštećenja krovišta pojavljivala su se u zgradama kod kojih je došlo do prenamjene potkrovlja u stan gdje su se često uklanjali elementi krovišta čime se vrlo promijenio statički sustav krovišta. Dimnjaci su svojom velikom vlastitom težinom i vitkosti oštetili dijelove krovišta i krovove, a zbog loše povezanosti konzolnih elemenata i ornamenata s građevinama došlo je i do njihovog urušavanja (slika 9) (4).



**Slika 8:** Lokalna oštećenja zabatnih zidova u nivou krovišta (9)



**Slika 9:** Lokalna oštećenja dimnjaka, konzolnih elemenata, ornamenata (9)



Slika 10: Primjer vanjskih i unutarnjih oštećenja u Petrinji (izvor: autor)



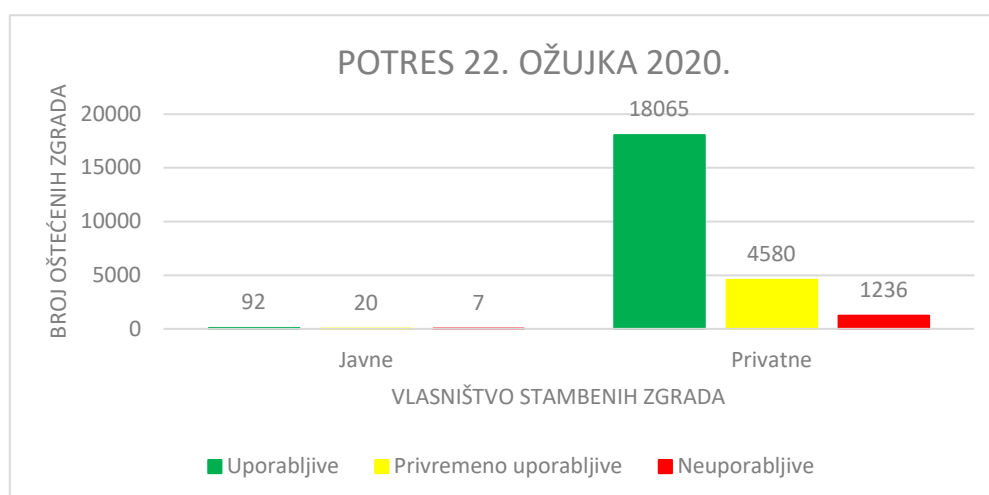
Slika 11: Primjer vanjskih i unutarnjih oštećenja u Zagrebu (2)

### 1.3. Materijalna i financijska šteta u stambenom sektoru

Nakon potresa koji je pogodio Grad Zagreb, Zagrebačku županiju i Krapinsko-zagorsku županiju, inženjeri cijele Hrvatske krenuli su u brzi pregled građevina koje su pritom bile kategorizirane u 3 glavne skupine prema stupnju oštećenja (slika 12): "uporabljive" (zelena naljepnica), "privremeno neuporabljive" (žuta naljepnica) i "neuporabljive" (crvena naljepnica). Najviše štete u potresu pretrpio je stambeni sektor (64%), zatim sektor kulturne baštine (13%), obrazovni (10%), zdravstveni (8%) i poslovni (5%), a dalje u tekstu analizirat će se stambeni sektor (10).

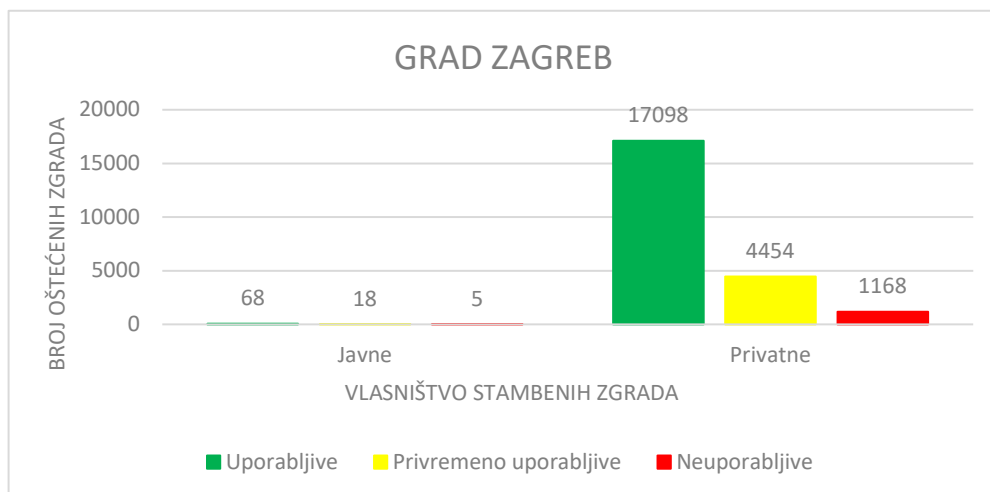


Slika 12: Naljepnice koje označavaju uporabljivost građevina nakon potresa (11)

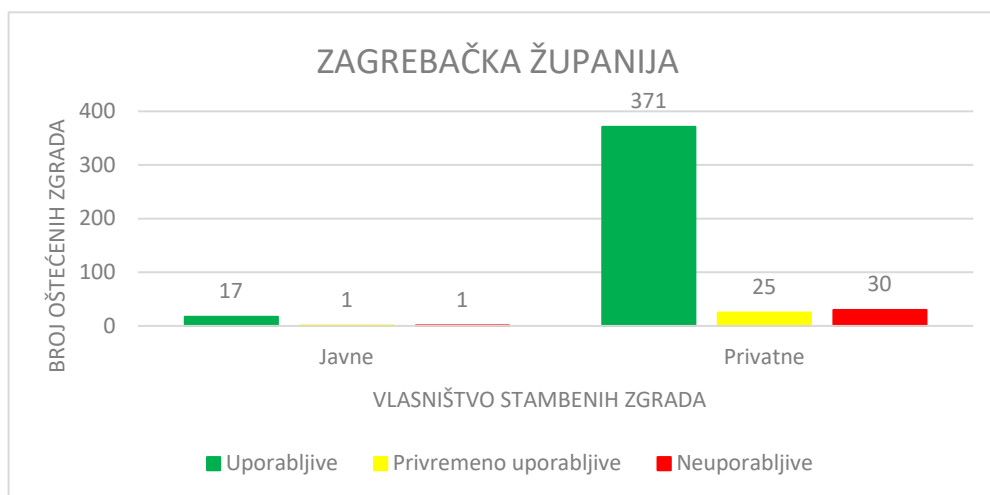


Slika 13: Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020.

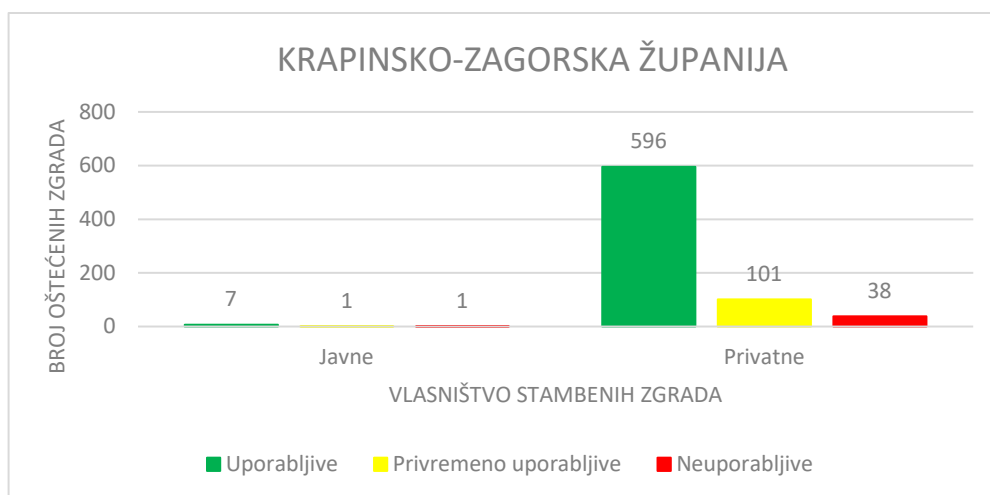
Prema prikazanom grafu na slici 13. vidimo da je u Gradu Zagrebu, Zagrebačkoj županiji i Krapinsko-zagorskoj županiji ukupno oštećeno 24000 stambenih javnih i privatnih zgrada, od čega najviše u Gradu Zagrebu 22811 (17% građevinskog fonda) (slika 14.) dok je u Zagrebačkoj županiji oštećeno 445 (slika 15.), a u Krapinsko-zagorskoj 744 građevine (slika 16.). Također, vidljivo je da je najveći broj lakše oštećenih zgrada s naljepnicom uporabljivo (18157 zgrada što čini 76% ukupno oštećenih stambenih zgrada), poprilično manje umjereno oštećenih zgrada s naljepnicom privremeno neuporabljivo (4600 zgrada što čini 19%), dok je teško oštećenih ili potpuno uništenih s naljepnicom neuporabljivo najmanje (1243 zgrada što je svega 5%) (10).



**Slika 14:** Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Gradu Zagrebu



**Slika 15:** Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Zagrebačkoj županiji

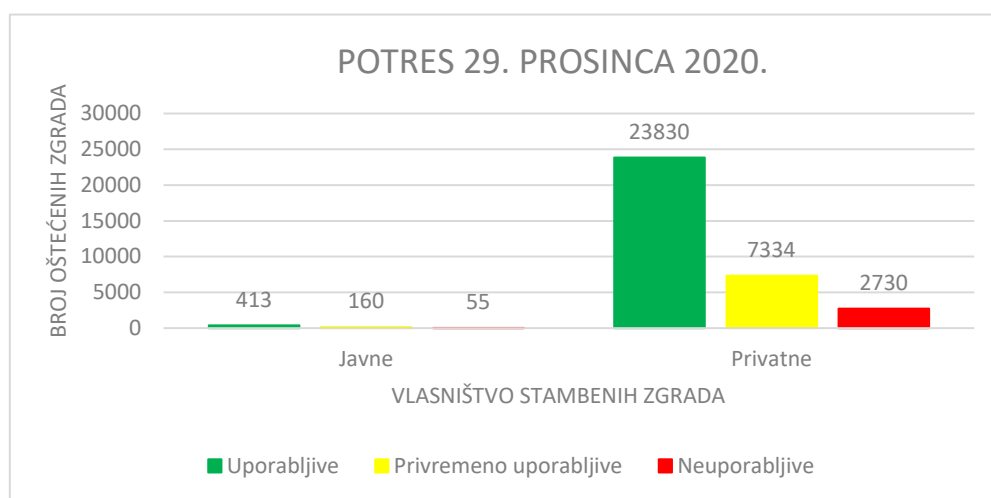


**Slika 16:** Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Krapinsko-zagorskoj županiji

Ukupna šteta stambenog sektora od potresa procjenjuje se na 6,88 milijardi eura, dok su ukupni gubitci 364 milijuna eura. Ukupni gubitci podrazumijevaju troškove selidbe ljudi iz privremeno ili trajno neuporabivih objekata i odvoz i odlaganje dijelova zgrada stradalih u potresu. Na Grad Zagreb, zbog guste naseljenosti i velikog broja stanovnika, odnosi se 99% ukupno procijenjene štete i gubitaka (10).



Devet mjeseci nakon potresa koji je pogodio Zagreb, 29. prosinca 2020. godine dogodio se potres i u Petrinji. Inženjeri poučeni ranijim iskustvom opet su nesebično izašli na teren te procijenili stanje zgrada i njihovu uporabivost istim naljepnicama kao i prije (slika 12). I u Sisačko-moslavačkoj županiji najviše štete pretrpio je stambeni sektor (72% ukupno oštećenih zgrada je stambeno).



**Slika 17:** Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 29. prosinca 2020.

Prema prikazanom grafu na slici 17. vidljivo je da je u Sisačko-moslavačkoj, Zagrebačkoj, Karlovačkoj, Krapinsko-zagorskoj županiji i Gradu Zagrebu oštećeno ukupno 34522 stambenih javnih i privatnih zgrada, od čega najviše u Sisačko-moslavačkoj županiji 29431 zgrada, dok je u Zagrebačkoj 2830, u Karlovačkoj 1383, u Krapinsko-zagorskoj 480 i u Gradu Zagrebu 398. Također, uočljivo je i da je ipak najviše uporabljivih zgrada (24243 zgrada što čini 70% od ukupnog broja zgrada oštećenih u potresu), onih privremeno neuporabljivih dosta manje (7494 zgrada što čini 22%), a najmanje neuporabljivih (2785 što je 8%). Ukupna šteta potresa procjenjuje se na 4,12 milijardi eura, dok su ukupni gubitci 714 milijuna eura. Od toga na stambeni sektor otpada 2,49 milijardi eura ukupne štete i 109 milijuna eura ukupnih gubitaka. Sisačko-moslavačka županija pretrpjela je najveće posljedice te se na nju odnosi 85% ukupne štete i gubitaka (12).

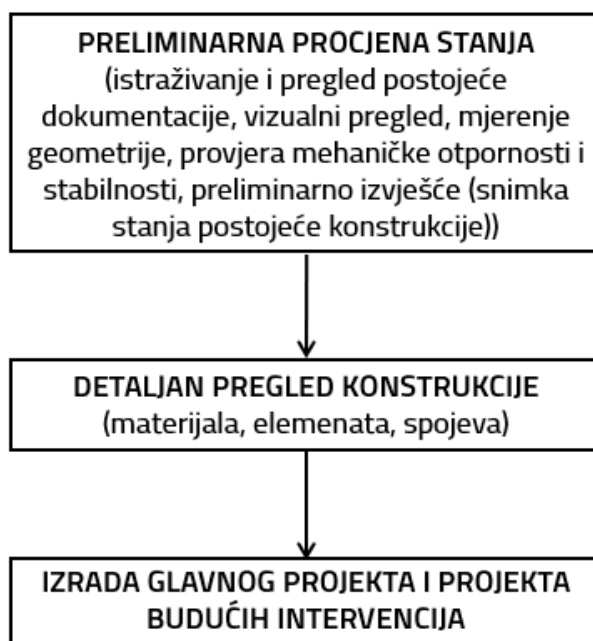
## 2. PREGLED STANJA PODRUČJA ZA POSTOJEĆE GRAĐEVINE

### 2.1. Procjena stanja postojećih konstrukcija

Budući da je u Hrvatskoj tradicijska gradnja konstrukcija nearmiranim neomeđenim zidom, što podrazumijeva povijesne objekte, da bi se očuvala kulturna i povijesna baština te osigurala sigurnost ljudi uslijed izvanrednih događaja, potrebno je procijeniti postojeća stanja konstrukcija i njihov seizmički rizik. To nije lagan zadatak jer je izloženost građevinskog fonda slabo definiran parametar, građevine izvan uporabnog vijeka s mnoštvom nezabilježenih i strukom nepotvrđenih renovacija i dorada.

Procjena stanja postojećih konstrukcija je procjena preostale razine nekog svojstva građevine, njenog dijela, elementa ili spoja, a vrši se zbog oštećenja konstrukcije uslijed izvanrednih događaja (potres), uočavanje konstrukcijskih ili materijalnih nepravilnosti, sumnja u pouzdanost konstrukcije, vizualnih oštećenja, promjena namjene građevne, isteka vijeka trajanja konstrukcije itd. Na slici 18. navedeni su koraci procjene stanja postojećih konstrukcija (13).

## PROCJENA STANJA POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA



Slika 18: Koraci procjene stanja postojećih konstrukcija

### 2.2. Metode procjene stanja postojećih konstrukcija

Od velike je društvene važnosti obnoviti povijesne jezgre i zadržati vizuru grada obnovama starih zgrada umjesto rušenjem i gradnjom novih. Kako bi se to napravilo pravilno i sigurno, potrebno je prije obnove znati stanje postojeće konstrukcije, tj. imati dovoljan broj što točnijih potrebnih podataka. U prethodnom poglavlju definirana je procjena stanja postojećih konstrukcija i opći koraci njene izvedbe, a na tržištu danas postoji nekoliko nerazornih i polunerazornih metoda koje se razlikuju u namjeni i sofisticiranosti. Polunerazorne metode podrazumijevaju ostavljanje traga na ispitnom mjestu. Izvođenjem polunerazornih i nerazornih metoda dobivamo podatke o tlačnoj čvrstoći opeke, tlačnoj čvrstoći morta, tlačnoj čvrstoći ispunskog betona, vlačnoj čvrstoći armature, tlačnoj, posmičnoj i savojnoj čvrstoći ziđa, modulu elastičnosti i geometriji građevine (14).

Najbitnije nerazorne metode procjene rizika su: vizualni pregled, mjerenje tvrdoće ziđa sklerometrom, ultrazvučna ispitivanja implusnim čekićem i akcelerometrom, infracrvena termografija koja se izvršava infracrvenom kamerom i infracrvenim

termometrom. Ispitivanje plosnatim prešama (engl. *flat-jack test*) spada u polunerazornu metodu zbog potrebe za zamjenom morta među opekama, a daje podatke o tlačnoj i posmičnoj čvrstoći zida i modulu elastičnosti zida. Vizualnim pregledom procjenjujemo kvalitetu opeke, morta te njihov spoj. Mjerenje tvrdoće zida sklerometrom daje nam informaciju o tlačnoj čvrstoći morta i zida. Ultrazvučnim ispitivanjem saznajemo o cjelovitosti i homogenosti zida. Infracrvena termografija ukazuje na nepravilnosti i oštećenja u konstrukciji i prisutnosti vlage i položaju i stanju armature (5).

### 2.3. Seizmički proračun zidanih konstrukcija

Većina postojećih zgrada izgrađena je prije mnogo godina kada inženjerstvo nije bilo na današnjoj razini i norme su bile blaže ili uopće nisu postojale. Tada je fokus u projektiranju bio na vertikalne gravitacijske sile s ograničenim ili nepostojećim bočnim silama što je stvaralo probleme pri horizontalnim djelovanjima. Seizmički proračun se shodno tome razvio te je danas jako bitan faktor u projektiranju i osigurava zgradama dovoljno otpornosti prilikom djelovanja seizmičkih sila. Seizmički proračun kao takav sastoji se od nekoliko koraka. Za početak potrebno je odrediti seizmičku zonu u kojoj se građevina nalazi čime se određuje ubrzanje tla za određeni povratni period ovisno o razini obnove i određeni tip tla na kojem se građevina temelji (A,B,C,D,E). Zatim slijedi analiza seizmičkih opterećenja kako bi se utvrdile sile koje će djelovati na građevinu prilikom potresa, a nakon toga se konstrukcija modelira da se simulira njeno ponašanje prilikom potresa. Potom kreće analiza linearnih i nelinearnih odgovora konstrukcije, provjerava se otpornost i stabilnost konstrukcije na horizontalne sile. Ukoliko konstrukcija ne zadovoljava uvjete, predlažu se potrebna ojačanja što rezultira izradom plana obnove.

#### 2.3.1. Metode seizmičkog proračuna zidanih konstrukcija

Analitičkim pristupom simuliraju se potresne pobude, a za to je potrebno modelirati konstrukciju i opteretiti ju što sličnije stvarnim uvjetima, a za sve to trebaju detaljni podatci o geometriji, materijalnim i konstruktivnim karakteristikama. Na slici 19 nalazi se primjer

modela zgrade unutar bloka u Zagrebu. Najčešće se zgrade unutar bloka modeliraju kao izolirane građevine zbog nedostupnosti podataka o susjednim zgradama što rezultira različitim odzivima konstrukcije u modelu s obzirom na stvarnost te predstavlja problem (15).



Slika 19: 3D model konstrukcije

U tablici 1. prikazane su sve metode simulacije seizmičkog opterećenja zidanih konstrukcija, a dalje u tekstu detaljnije će se pojasniti metoda postupnog guranja.

Tablica 1: Seizmički proračuni konstrukcija prema EN1998

	Statička	Dinamička
Linearna	Metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja	Višemodalna spektralna analiza
Nelinearna	Metoda postupnog guranja (engl. <i>Pushover analysis</i> )	Nelinearna dinamička metoda u vremenu (engl. <i>Time-history method</i> )

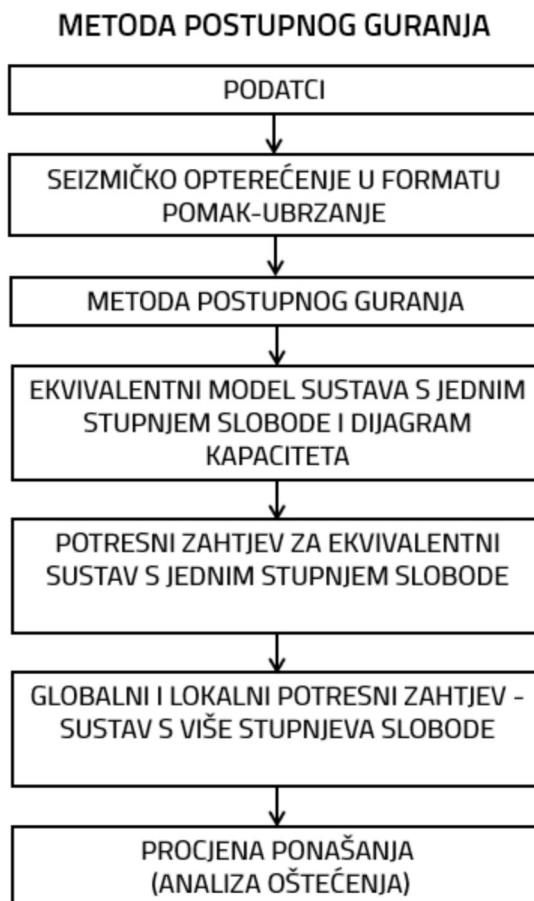
Razine oštećenja definiraju se ovisno o međukatnom pomaku, pomaku kontrolnog čvora itd. U tablici 2 prikazane su razine oštećenja definirane ovisno o pomaku kontrolnog čvora, s tim da je  $D_{yy}$  pomak na granici popuštanja, a  $D_{uu}$  pomak pri slomu.

**Tablica 2:** Razine oštećenja (16)

Razina oštećenja		
D1	Blago	$0,7 D_{yy}$
D2	Umjereno	$D_{yy}$
D3	Značajno	$D_{yy} + 0,5(D_{uu} - D_{yy})$
D4 - D5	Otkazivanje	$D_{uu}$

#### 2.3.1.1. Metoda postupnog guranja (Pushover metoda)

Metoda postupnog guranja (engl. *pushover analysis*) nelinearna je statička metoda proračuna postojećih ili novih konstrukcija, kako bi se odredili mjerodavni plastični mehanizmi i sl. Glavni princip metode je da se prati odgovor sustava pod stalnim gravitacijskim opterećenjima i monotono rastućim horizontalnim opterećenjima. Na taj se način simuliraju inercijalne sile koje se javljaju u sustavu prilikom potresnog opterećenja. Ocjena otpornosti na potres se daje na temelju praćenja kontrolnog čvora koji je centar mase najvišeg kata. Na osnovu putanje kontrolnog čvora konstruira se krivulja nosivosti iz koje se može ocijeniti potresna otpornost sustava. Osnovni koraci ove metode prikazani su na slici 20 (17).



**Slika 20:** Koraci metode postupnog guranja (pushover analysis)

Dakle, metoda postupnog guranja započinje prikupljanjem podataka o geometriji konstrukcije, upotrijebljenom materijalu i nelinearnom odnosu sila-pomak za elemente koji su opterećeni monotono rastućim opterećenjem. Također, definira se i elastični spektar pseudoubiranja tla  $SS_{ada}$  koji određuje seizmički zahtjev na konstrukciju.

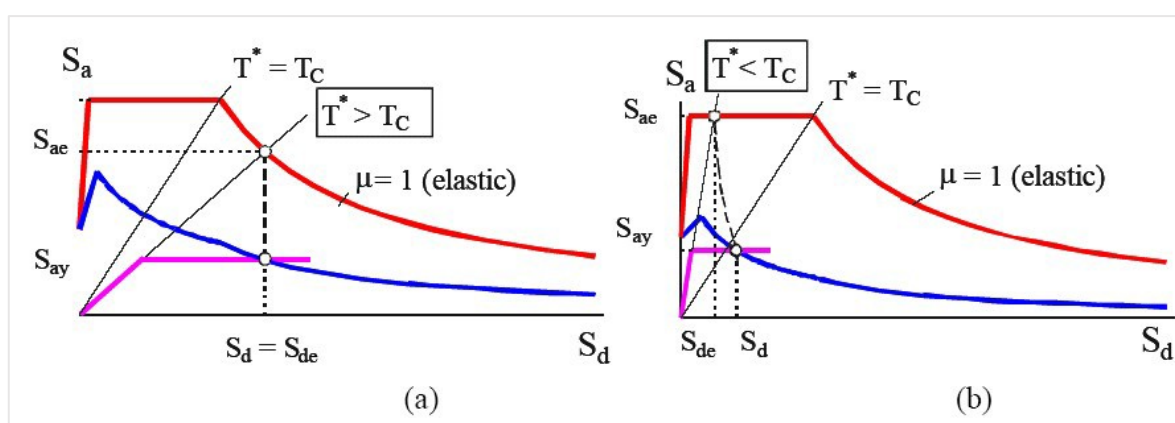
Zatim se definira seizmičko opterećenje na konstrukciju u obliku ubrzanje-pomak. Za elastični sustav s jednim stupnjem slobode SDOF definira se spektar ubrzanja  $SS_{ada}$  i spektar pomaka  $SS_{ada}$ . Nakon određivanja elastičnog spektra, za nelinearni SDOF sustav određuju se reducirani spektri ubrzanje-pomak.

Potom slijedi metoda postupnog guranja kojom se određuje nelinearan odnos poprečne sile i najvećeg pomaka u sustavu s više stupnjeva slobode MDOF. Potrebno je prvo pretpostaviti vektor oblika pomaka za model  $\{\Phi\}$  i odrediti raspodjelu horizontalnih sila po

visi kao umnožak mase kata i komponente pretpostavljenog oblika pomaka:  $P_i P = m_i \eta_i \phi_i \phi$

Vrlo je važno odgovarajuće rasporediti horizontalna opterećenja. Nakon definiranja MDOF sustava potrebno ga je transformirati u ekvivalentni SDOF. Budući da se za transformaciju pomaka i sile koristi ista veličina, početna krutost ekvivalentnog SDOF sustava ostaje ista kao za početni MDOF sustav. Nelinearan odnos poprečna sila-pomak za SDOF sustav potrebno je aproksimirati odgovarajućim elastoplastičnim oblikom. Naposljetku, krivulja kapaciteta (odnos ubrzanja i pomaka) određuje se tako da se sile sadržane u krivulji sila-pomak ekvivalentnog SDOF sustava podijele s ekvivalentnom masom.

Seizmički zahtjev za ekvivalentni sustav s jednim stupnjem slobode može se odrediti grafičkim postupkom prikazanim na slici 2. Sjecište radijalne linije koja odgovara elastičnoj krutosti u bilinearnom idealiziranom sustavu (ljubičasto) i elastičnog spektra zahtjeva (crveno) označava potrebnu nosivost za elastično ponašanje i odgovarajući elastični pomak. Zahtjev neelastičnog pomaka (plavo) dobiva se pomoću  $R_{\mu}$  (faktora umanjenja uslijed histereznog ponašanja duktilne konstrukcije i trošenja potresne energije koji ovisi o više parametara (krutost nakon popuštanja, period vlastitih vibracija, vrsta i veličina prigušenja itd.)).



Slika 21: Grafički postupak za određivanje zahtjeva elastičnog i neelastičnog pomaka (17)



Ako je elastični period  $T^*$  veći od  $T_c$ , tada je zahtjev neelastičnog pomaka jednak zahtjevu elastičnog pomaka. U protivnom je zahtjev neelastičnog pomaka veći od zahtjeva elastičnog pomaka. Grafički zahtjev neelastičnog pomaka može se definirati kao sjecište krivulje kapaciteta i spektra zahtjeva neelastičnosti za odgovarajući faktor umanjenja  $R_{A_t}$ . Nakon toga dolazi se do dijela transformacije najvećeg pomaka SDOF sustava u najveći pomak vrha zgrade. Zatim je potrebno odrediti lokalne seizmičke zahtjeve. Ponovno se provodi proračun postupnim guranjem do pomaka  $D_{\bar{D}}$  na MDOF modelu. Pomak  $D_{\bar{D}}$  predstavlja ciljani pomak (engl. *target displacement*) iz dodatka B Eurokoda 8 (16). Zatim je potrebno odrediti potrebne veličine (katne pomake, rotacije čvorova) koje odgovaraju pomaku  $D_{\bar{D}}$ .

Na kraju, formira se ocjena ponašanja konstrukcije uspoređivanjem potresnih zahtjeva (globalnih i lokalnih), određenih u prethodnom koraku, s kapacitetom nosivosti odgovarajuće razine ponašanja. Globalno ponašanje može se vidjeti uspoređivanjem kapaciteta pomaka i pomaka prema seizmičkom zahtjevu.

#### 2.4. Metode procjene seizmičkog rizika

Rizik od potresa najčešće se definira kao kombinacija posljedica događaja i odgovarajuće vjerojatnosti njihove pojave. Procjena seizmičkog rizika polazi od očekivanog oštećenja postojećeg fonda građevina na temelju kojeg se proračunava opasnost za ljudski život i te odgovarajući financijski gubitci zbog nastale štete. Seizmički rizik ( $S_{\bar{R}}$ ) izražavamo kao kombinaciju tri faktora: seizmičke opasnosti/hazarda (H) (vjerojatnost premašivanja određene razine podrhtavanja tla uslijed mogućih potresa u budućnosti), izloženost izgrađenog okoliša (E) (popis imovine izložene hazardu) i oštetljivost/ranjivost izgrađenog okoliša ( $I_{\bar{V}}$ ) (vjerojatnost oštećenja uslijed određene razine seizmičkog intenziteta) (18).

$$S_{\bar{R}} = I_{\bar{V}} \cdot EE \cdot HH$$

(1)

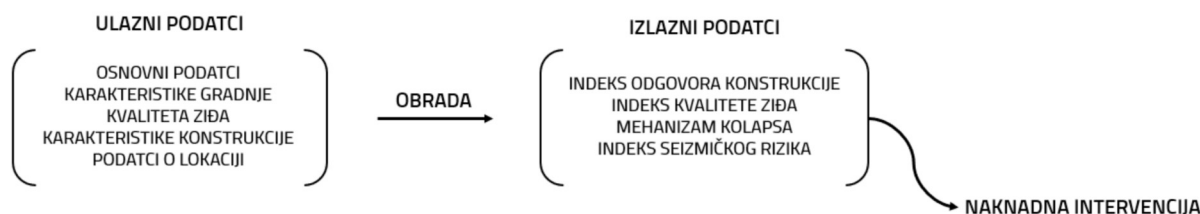
Budući da su nedavni potresi na Mediteranu ponovno potvrdili činjenicu visoke seizmičke ranjivosti nearmiranih neomeđenih zidanih zgrada (19), urbana gradska središta koja su često blokovski građena te gusto naseljena dokaz su velike izloženost izgrađenog okoliša, a umjerena do visoka seizmička opasnost činjenica je za mediteransko područje, smanjenje seizmičkog rizika postaje najbitniji inženjerski zadatak.

Seizmičku ranjivost procjenjujemo analitičkim, empirijskim i hibridnim metodama. Empirijske se procjene temelje na brzom pregledu oštećenja dok se analitičke temelje na graničnim stanjima uporabljivosti, mehaničkim karakteristikama materijala i uključuju algoritme procjene ranjivosti. Hibridne metode su kombinacija analitičkih i empirijskih-izvedene su iz statističkih pristupa i uzimaju u obzir stvarne učinke prošlih potresa na različite tipove građevina kao i analitičke metode. Dalje u tekstu detaljnije će se objasniti Adriseizmička i makoreseizmička metoda procjene seizmičke ranjivosti kojima se neposredno smanjuje seizmički rizik (20).

#### **2.4.1. Adriseizmička metodologija**

Adriseizmička metodologija stvorena je s ciljem razvoja i povećanja suradnje u procjeni i smanjenju seizmičkog rizika država regije koja okružuje Jadransko i Jonsko more jer se procjenjuje kako 45%-61% ukupnog građevinskog fonda tih država čine nearmirane zidane zgrade. Primjenjiva je na nearmirane zidane zgrade koje otkazuju na tri načina: globalnim otkazivanjem (raspadanje ziđa na gradivne jedinice), otkazivanje izvan i unutar ravnine. Ovisno o ulaznim parametrima za pojedinu konstrukciju, procjena daje kvalitativni rezultat, tj. dobivaju se vrijednosti indeks odgovora konstrukcije, indeks kvalitete ziđa (MQI), najvjerojatniji mehanizam kolapsa i indeks seizmičkog rizika. Detaljna seizmička analiza nearmiranih zidanih zgrada izazovna je financijski i vremenski stoga je ovakav tip metode dobra alternativa zbog jednostavnosti i brzine uz dovoljnu točnost za usmjereno planiranje na urbanoj i regionalnoj razini. Glavne prednosti ove međunarodno primjenjive metode su opće i lako dostupne ulazne informacije (bez istraživanja povijesnih podloga), brza provedba

procjene (uz definirane ulazne podatke, procjena traje par minuta) i jednostavna interpretacija rezultata (20).



**Slika 22:** Glavne faze Adriseizmičke metodologije

Na slici 22. napisane su glavne faze ove metode: unos podataka, njihova obrada i izlazni podatci. Također, faza koja trenutno nije izravno povezana sa seizmičkom procjenom je naknadna intervencija koja je predlaže u cilju jačanja potresne otpornosti zgrade.

Ulazni podatci podrazumijevaju:

1. Osnovni podatci (GPS koordinate, lokacija, vrijeme gradnje)
2. Karakteristike gradnje (vrsta temelja, omeđenog/neomeđenog zida, međukatne konstrukcije, krovništa)
3. Kvaliteta zida (izvodi se pomoću metode MQI gdje se svakom ulaznom parametru dodjeljuje kvalitativna vrijednost kako je prikazano u tablici 3., a ta kvalitativna kategorija povezana je s numeričkim podacima radi izlaznih podataka)

**Tablica 3:** Ulazni parametri: glavne vrijednosti (20)

Karakteristike zgrade		MQI	
I	Niska vrijednost	N.F.	Nije ispunjeno
II	Srednja vrijednost	P.F.	Djelomično ispunjeno
III	Visoka vrijednost	F.	Ispunjeno

4. Karakteristike konstrukcije (uporaba zgrade, broj katova iznad zemlje, pravilnost..)
5. Podatci o lokaciji (vršno ubrzanje tla, tip tla, izloženost konstrukcije) – ovdje je potrebno paziti da se vršno ubrzanje tla unosi kao postotak od ukupne gravitacije

Zatim se ulazni podatci obrađuju te dobivamo izlazne podatke:

1. Indeks odgovora konstrukcije - povezuje pretpostavljeni kapacitet konstrukcije s numeričkom vrijednošću (u rasponu od 0 do 1) i odgovarajućom kategorijom (I-IV) vidljivoj u tablici 4. Specifična vrijednost određuje se analizom tri glavna mehanizma otkazivanja zida: destabilizacija zida, otkazivanje van ravnine i otkazivanje u ravnini. Na mehanizam otkazivanja utječu kvaliteta zida i ulazni podaci o karakteristikama zgrade.

**Tablica 4:** Indeks odgovora konstrukcije: kategorije i vrijednosti

Klasa	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
I	0,00	0,20
II	0,21	0,40
III	0,41	0,55
IV	0,56	0,70
V	0,71	0,85
VI	0,86	1,00

2. Indeks kvalitete zida – ovisi isključivo o kvaliteti zida. Osnova za određivanje kategorije zida je MQI metoda, a daje tri kategorije (A,B,C) ovisno o odupiranju konstrukcije vertikalnim opterećenjima i opterećenjima unutar i izvan ravnine.
3. Mogući mehanizam kolapsa – ovisi o MQI rezultatima i parametru o vezama među konstrukcijskim elementima. Dakle, kada je kvaliteta zida klase C, zidovi mogu otkazivati pri vrlo niskim seizmičkim vrijednostima. Kada je kvaliteta zida prosječne ili dobre klase A ili B te su veze između konstrukcijskih elemenata dobre,

sustav ocjenjivanja označava otkazivanje van ravnine kao najvjerojatniji mehanizam kolapsa. Kada se ne provjeri niti jedan od prikazanih uvjeta, zgrada može razviti globalno ponašanje, a do urušavanja može doći uslijed dostizanja krajnje nosivosti u vertikalnoj ravnini.

4. Seizmički rizik – izračunava se na temelju indeksa odgovora konstrukcije i podataka o lokaciji, a moguće je pet kategorija od nema do vrlo visok. On se ne izražava numerički jer mu vrijednost ovisi o ubrzanju tla i izloženosti. No u tablici 5. vidljivo je da se povećava rizik paralelno povećanju broja o kojem ovisi.

**Tablica 5:** Kategorije i vrijednosti seizmičke oštetljivosti i posljedično seizmičkog rizika

Kategorija	Min	Max
Vrlo visok	1,40	
Visok	0,90	1,39
Srednji	0,45	0,89
Nizak	0,10	0,44
Nema	0,00	0,09

Naknadna intervencija predlaže se kada se zbog određenih nedostataka predlažu mjere za povećanjem seizmičke otpornosti. Mjere mogu biti lokalne ili opsežne te se predlaže i materijal za korištenje.

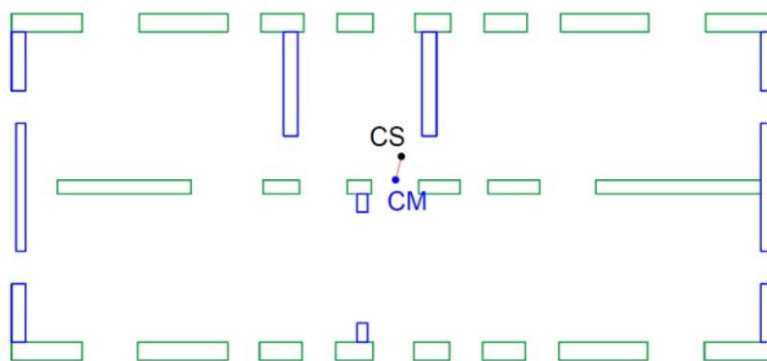
### 2.4.2. Makroseizmička metodologija

Makroseizmička metoda omogućuje da se u kratkom vremenu dobiju okvirno točne procjene oštjetljivosti za veliki broj građevina bez velike baze podataka i uz brojne pretpostavke. Prilikom procjene koristi se tablica 6. s 10 parametara koja se odnosi na izolirane građevine i 5 parametara kojima je u obzir uzet utjecaj bloka.

**Tablica 6:** Obrazac za procjenu ranjivosti građevina (21)

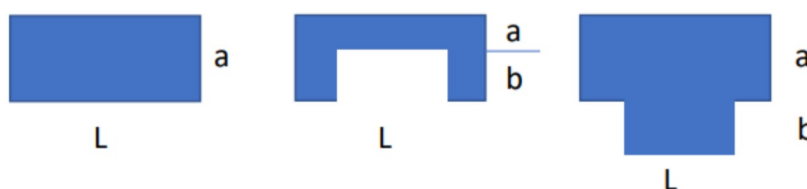
	Parametar	Razred				Težinski faktor
		A	B	C	D	
1.	Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1,00
2.	Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25
3.	Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75
4.	Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,50
5.	Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,50
6.	Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,50
7.	Tip međukatne konstrukcije	0	5	15	45	0,80
8.	Krovište	0	15	25	45	0,75
9.	Detalji	0	0	25	45	0,25
10.	Stanje građevine	0	5	25	45	1,00
11.	Prisutnost susjednih jedinica različite visine	- 20	0	15	45	1,00
12.	Pozicija jedinice u nizu građevina	- 45	- 25	- 15	0	1,50
13.	Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,50
14.	Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	- 15	- 10	0	45	1,20
15.	Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	- 20	0	25	45	1,00

- Povezanost međusobno okomitih zidova – ovisi o tome je li zgrada građena u skladu sa seizmičkim propisima (prisutnost armiranobetonskih stropnih konstrukcija, serklaža)
- Tip zidanih elemenata – ovisi o vrsti opeke i veza opeke te o horizontalnim vezama između elemenata (homogena/nehomogena opeka s/bez horizontalnih sljubnica)
- Tlo i temeljenje – ovisi o tipu tla i vrsti temelja
- Raspodjela nosivih elemenata – izbor prema postotku zidova u dva okomita smjera (slika 23). Budući da nije bio poznat raspored i dimenzija zidova procijenjenih zgrada, postotak se pretpostavio u odnosu na sličnu zgradu s poznatim dimenzijama zidova.



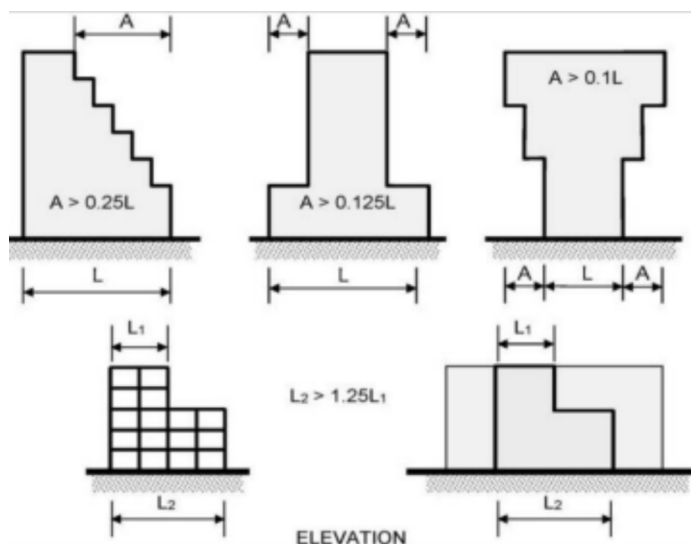
Slika 23: Raspodjela nosivih elemenata

- Pravilnost tlocrta – na izbor utječe omjer tlocrtnih dimenzija zgrade (slika 24).



Slika 24: Pravilnost tlocrta

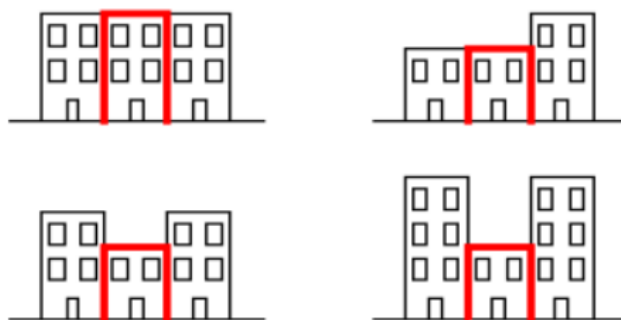
- Raspodjela mase po visini – distribucija mase po visini, na izbor utječe prisustvo arkada/svodova (slika 25)



Slika 25: Raspodjela mase po visini

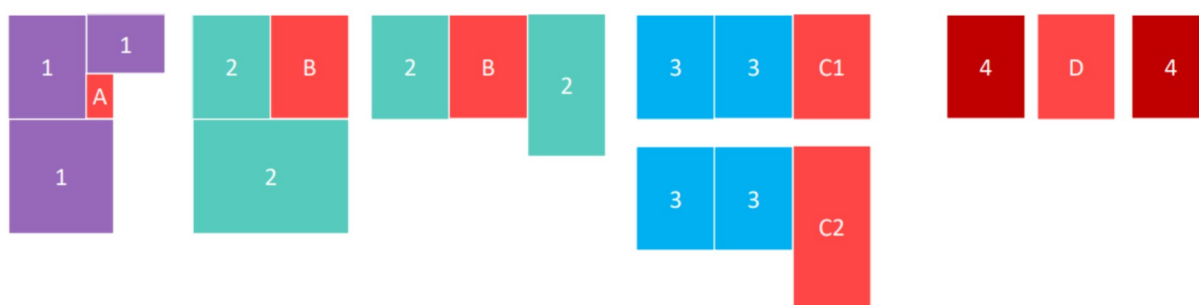
- Tip međukatne konstrukcije – razred se bira prema vrsti međukatne konstrukcije i njenoj povezanosti sa zidovima
- Krovnište – vrsta krovništa, prisustvo veznih greda i vlačnih zatega utječu na razred
- Detalji – razred prema povezanosti zgrade s okvirima, balkonima, dimnjacima i ostalim detaljima
- Stanje građevine – razred ovisi o prisustvu pukotina i njihovim dimenzijama
- Prisutnost susjednih jedinica različite visine – razred se bira prema visini susjednih zgrada u odnosu na promatranu zgradu (slika 26).





Slika 26: Prisutnost susjednih jedinica različite visine

- Pozicija jedinice u nizu građevina – pozicija zgrade unutar bloka; u sredini, u kutu bloka, okružena sa tri strane itd. (slika 27).



Slika 27: Pozicija jedinice u nizu građevina

- Broj razmještenih katova – razred prema rasporedu međukatnih konstrukcija.
- Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica – razred se bira ovisno o sličnosti susjednih građevina u pogledu materijala, konstrukcijskih elemenata i slično.
- Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada – postotak otvora susjednih zgrada u odnosu na promatranu utječe na razred (slika 28).



Slika 28: Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada

Indeks ranjivosti  $I_{pv}$  (engl. *Vulnerability index*) računa se prema izrazu:

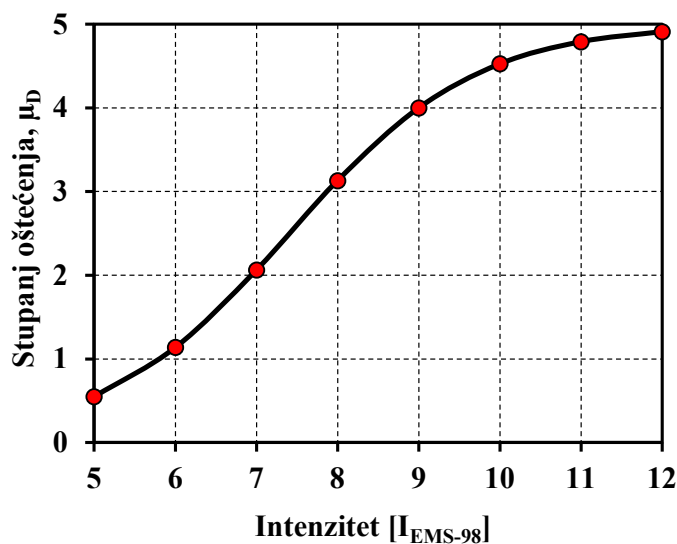
$$I_{pv} = \prod_{ii=1}^{ii=nn} S_{ii} \cdot W_{ii} \quad (2)$$

gdje  $S_{ii}$  predstavlja vrijednost parametra za procijenjeni razred konstrukcije, a  $W_{ii}$  vrijednost težinskog faktora. Određena su četiri moguća razreda konstrukcije, gdje A predstavlja najpovoljniji, a D najkritičniji razred. Budući da su kriteriji klasifikacije definirani kvalitativno, za većinu parametara razred konstrukcije određuje se vizualnim pregledom građevine, a za preostale parametre kod kojih je kriterij izražen kvantitativno, potrebno je izračunati razred (22). U tablici 7. prikazana je europska makroseizmička ljestvica (EMS-98) kojom je definirano 6 razreda oštećenja konstrukcije.

Tablica 7: Europska makroseizmička tablica (EMS-98)

EUROPSKA MAKROSEIZMIČKA LJESTICA (EMS-98)	
D0	Bez oštećenja
D1	Površinske pukotine na manjem broju zidova i otpadanje žbuke
D2	Pukotine na većini zidova i otpadanje žbuke, oštećenja konstruktivnih i značajna oštećenja nekonstruktivnih elemenata
D3	Oštećenja zabatnih zidova i dimnjaka, značajna konstruktivna i teška nekonstruktivna oštećenja
D4	Ozbiljna oštećenja međukatnih i krovnih konstrukcija
D5	Otkazivanje konstrukcije

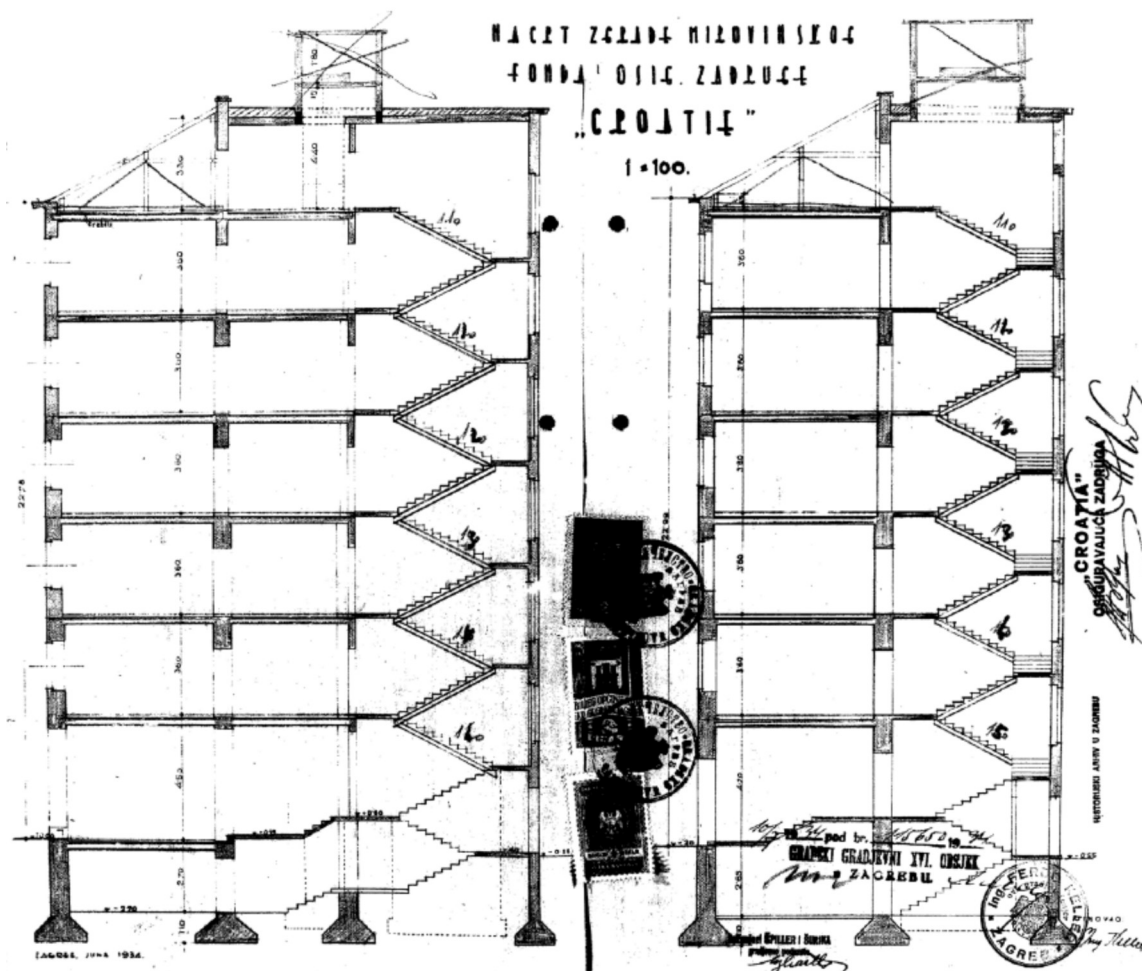
Očekivani razred oštećenja konstrukcije  $\mu_{HD}$  ovisi o indeksu ranjivosti konstrukcije (bloka)  $V_i$  intenzitetu potresa  $I$  i faktoru duktilnosti konstrukcije (bloka)  $Q$ . Indeksom ranjivosti konstrukcije i faktorom duktilnosti opisuje se konstrukcija, a jačina potresa opisana je intenzitetom (21). Faktor duktilnosti ima vrijednost između 1-4, no za zidane konstrukcije obično se uzima s vrijednošću 1,5 (23). Jačina potresa može se opisati i magnitudom, ali obično se uslijed nedostatka podataka koristi intenzitet potresa koji se izražava pomoću Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) ljestvice. Rezultati se obično opisuju pomoću krivulja ranjivosti koje prikazuju korelaciju između intenziteta potresa i razreda oštećenja za određeni indeks ranjivosti (slika 29). Krivulje ranjivosti zapravo opisuju vjerojatnost prekoračenja određene razine oštećenja ovisno o vršnom ubrzanju tla.



Slika 29: Krivulja ranjivosti

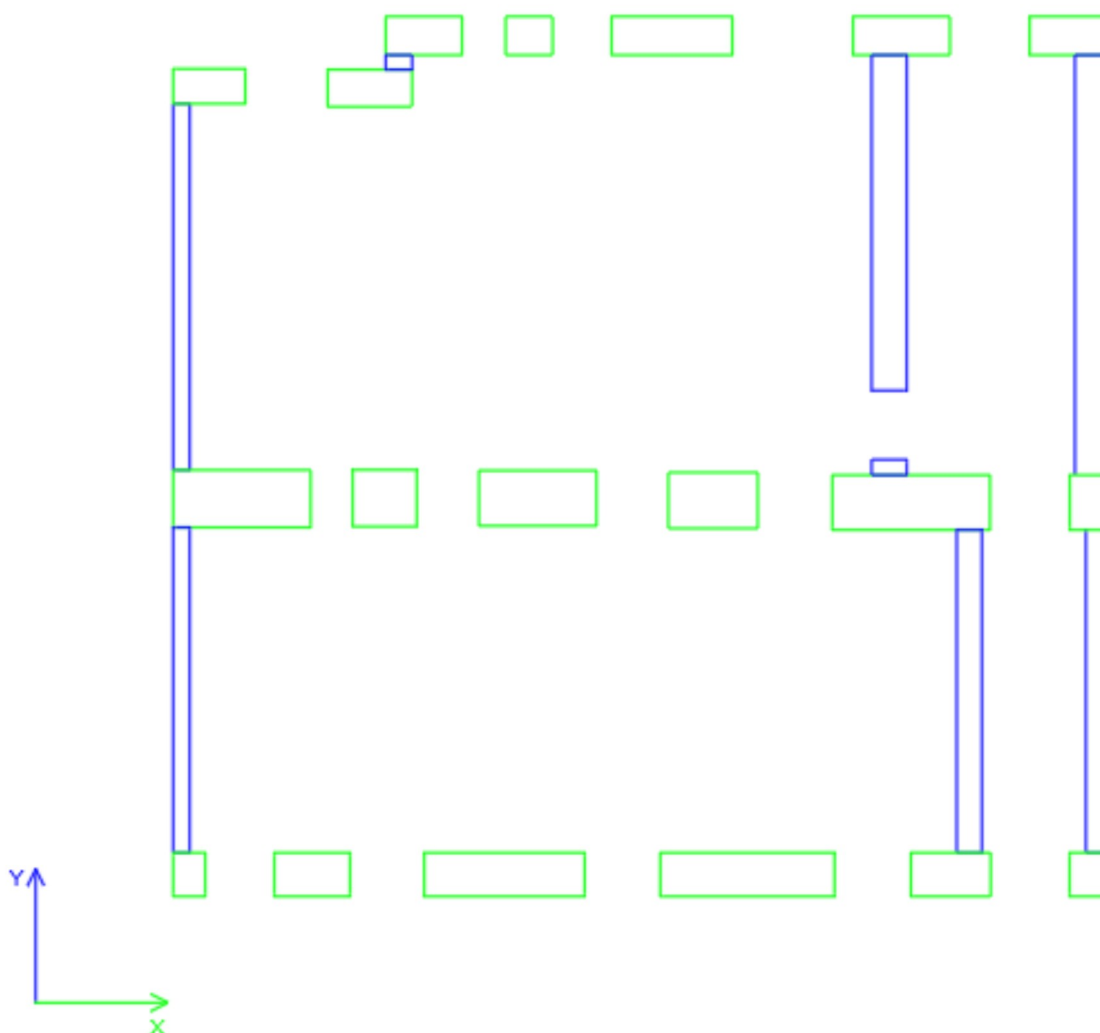
## 2.4.2.1. Raspodjela nosivih elemenata

Budući da nisu dostupni arhivski nacrti zgrada unutar bloka koji se analizira u ovom radu, na osnovu zgrade u neposrednoj blizini čije arhivske nacрте imamo (slika 30 i 31) i koja je vrlo slična izgledom i godinom gradnje zgradama unutar bloka, analiziran je uvjet raspodjele nosivih elemenata. Na slici 32 vidljivo je da se većina nosivih zidova proteže paralelno s ulicom u x smjeru dok je zidova okomito vrlo malo što je i dokazano izračunatim omjerom površina nosivih zidova i ukupne površine u tablici 8.



Slika 30: Arhivski presjek zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9





**Slika 32:** Raspodjela nosivih zidova u x (zelena boja) i y (plava boja) smjeru na karakterističnom katu zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9

**Tablica 8:** Raspodjela površina nosivih zidova u x i y smjeru zgrade na adresi Đorđićeva ul.9

	Površina [ $m^2$ ]	Postotak površine [%]
Ukupna površina	183,10	-
Površina nosivih zidova u x smjeru	17,63	9,63
Površina nosivih zidova u y smjeru	12,52	6,84

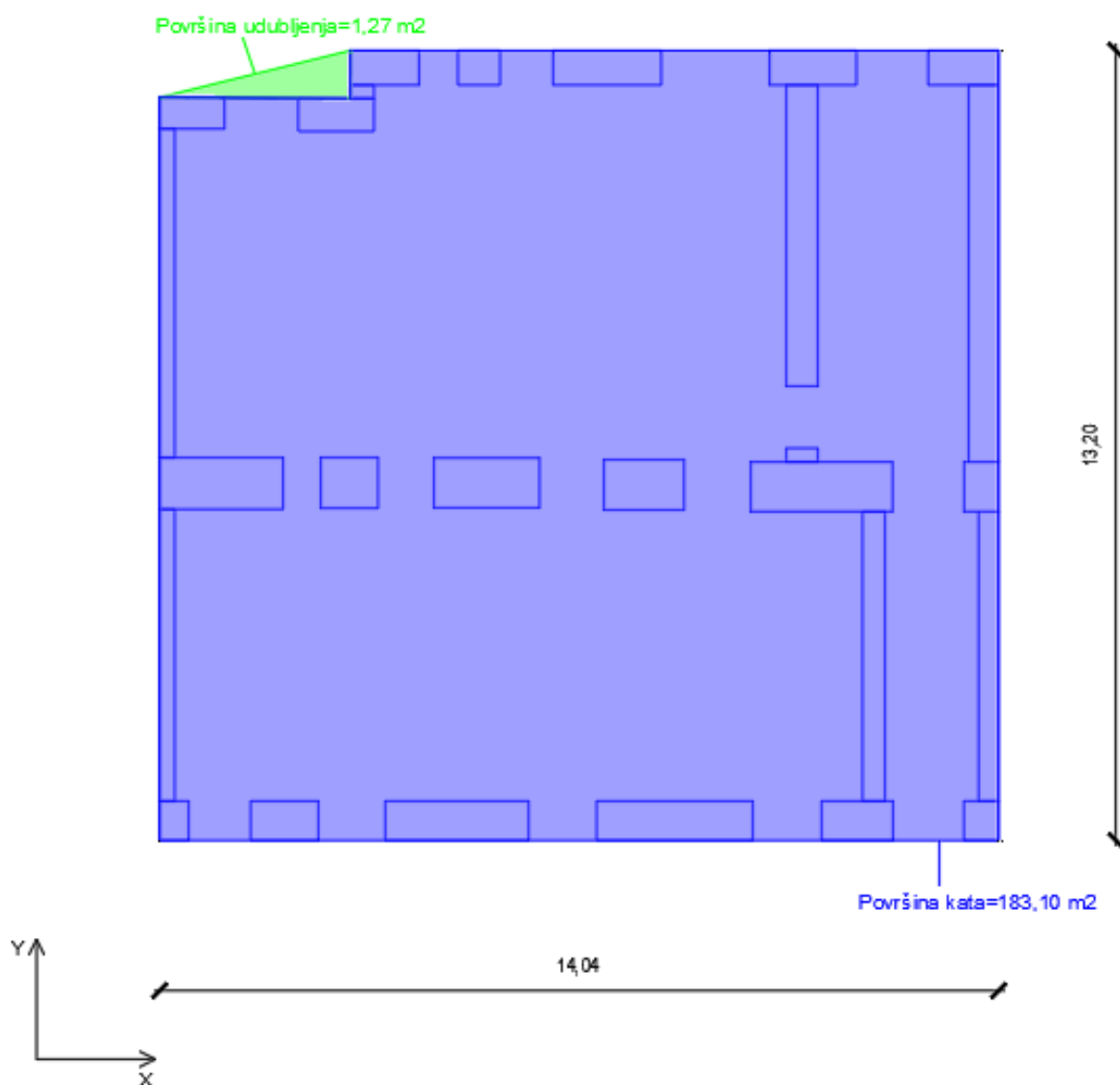
Kako nije poznat raspored i dimenzija zidova svih zgrada unutar bloka koje procjenjujemo, postotak će se pretpostaviti u odnosu na zgradu s adresom Đorđićeva ul. 9, a x os, u čijem smjeru je većina nosivih zidova, bit će ona koja je paralelna s ulicom (slika 33).



**Slika 33:** Blok zgrada koji je tema diplomskog rada gdje se pretpostavlja da je x os paralelna s ulicom

## 2.4.2.2. Pravilnost i kompaktnost tlocrta

Što je tlocrt pravilniji i kompaktniji, to je bolje seizmičko ponašanje zgrade. Prema EN 1998-1 kako bi se tlocrt smatrao pravilnim, oblik bi trebao biti približno pravokutan, a omjer duljine manje i veće stranice ne bi trebao biti manje od minimalne vrijednosti  $\lambda_{\min} = 0,15$ . Na slici 34. vidljivo je da je omjer manje i veće stranice 0,94 što tlocrt čini pravilnim. Nadalje, kompaktnost oblika tlocrta se provjerava omjerom površine udubljenja i kata. Dakle, ako je omjer zelene površine i plave manji od 15%, tlocrtna konfiguracija se smatra kompaktnom. Na slici 35 vidljivo je da je omjer 0,7% što oblik čini kompaktnim (24).

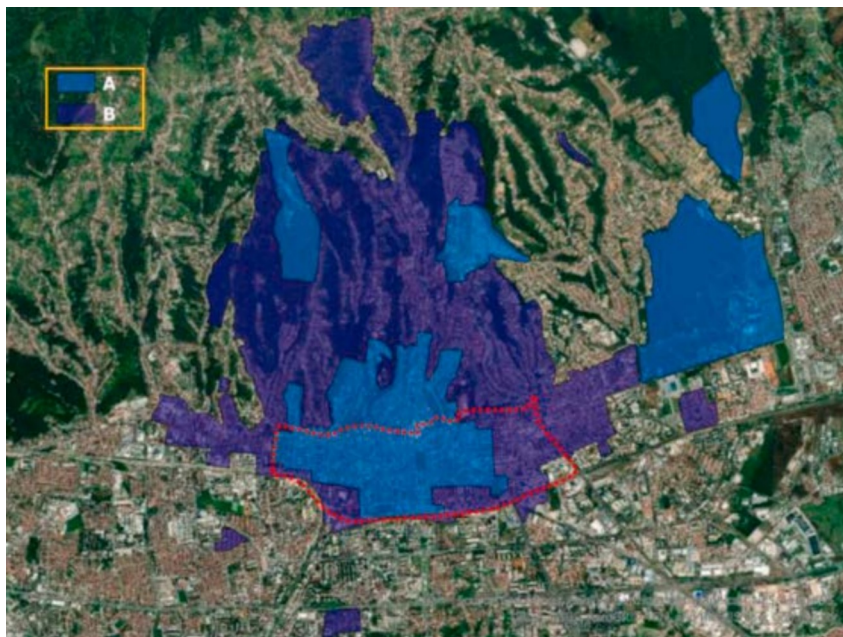


Slika 34: Pravilnost tlocrta zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9

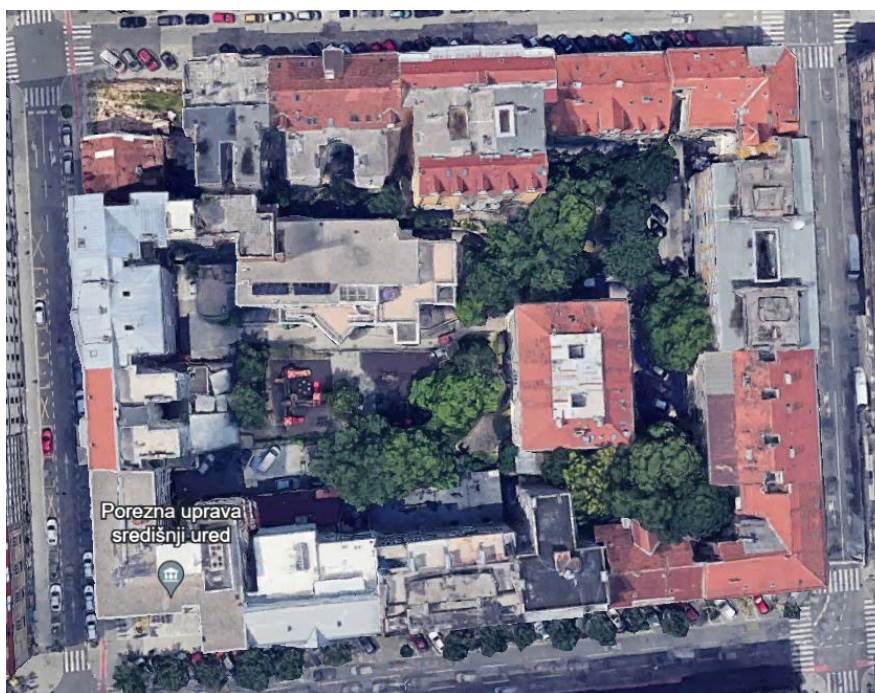


### 3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA BLOKA

Zgrade čiju potresnu oštetljivost procjenjujemo u ovom radu nalaze se u Donjem gradu u Zagrebu u zoni A (slika 35). Zona A predstavlja najstariji i arhitektonski najvrjedniji dio Zagreba u kojem se nalaze, osim povijesno vrijednih zgrada, mnoge bolnice, crkve, škole, vladine zgrade i kulturne ustanove, dok zonu B čini preostali dio zagrebačkog povijesnog urbanog dijela u kojem je većina zgrada izgrađena prvom polovicom 20. stoljeća. Promatrani blok zgrada omeđen je Petrinjskom ulicom, Ulicom Ignjata Đorđića, Palmotićevo ulicom i Boškovićevom ulicom (slika 36). Čini ga 18 zgrada pretežno stambene ili javne namjene.



**Slika 35:** Zone zaštićene kulturne baštine grada Zagreba (zona A i zona B). U području označenom isprekidanom linijom nalazi se promatrani blok zgrada.



Slika 36: Promatrani blok zgrada

### 3.1. Procjena oštetljivosti zgrada unutar bloka prema makroseizmičkoj i Adriseizmičkoj metodi

Prva zgrada nalazi se u kutu bloka na adresi Boškovićeve ulica 11/Palmotićeve ulica 34 i datira iz 1937. godine. Suteran, visoko prizemlje i 3 kata čine ovu zgradu nepravilna tlocrta L oblika. Sagrađena je opekom i vapnenim mortom tipičnom za austrougarski tip gradnje, drvenih međukatnih konstrukcija i drvenog krovišta te ima pretežno stambenu namjenu osim prizemlja u kojem se nalazi restoran.



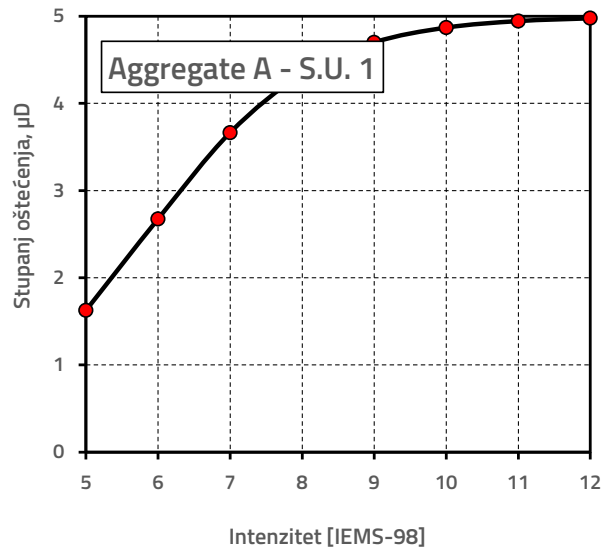
Slika 37: Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 11/Palmotićeve ul. 34

Tablica 9: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 11/Palmotićeve ul.

34

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	45
Σ(10 parametara)						266,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	15	0	1,5	22,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	-20
Σ(5 parametara)						-0,5
Σ(15 parametara)						265,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,61	1,6269	2,6752	3,6651	4,3378	4,6993	4,8694	4,9444	4,976554



Tablica 10: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 11/Palmotićeua ul.

34

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1937.
Building address	ul. 11/Palmotićeua ul. 34	GPS coordinates	45.80984, 15.98168

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	4	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,42

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: **B**

For out-of-plane actions: **B**

For in-plane actions: **A**

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S\tilde{S} = I_{bv} \times EE \times HH = 0,89$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      2,38

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH
HIGH
MEDIUM
LOW
NONE

n

**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

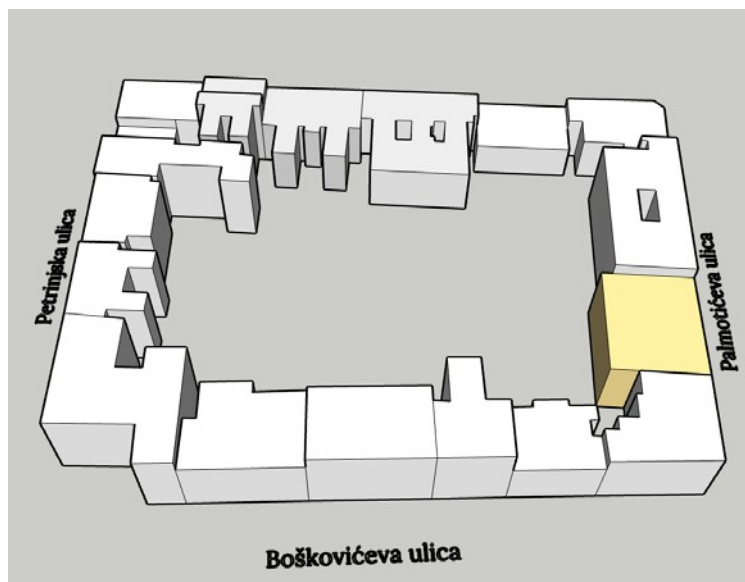
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams) ▼

COST	LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Iduća zgrada u bloku nalazi se na adresi Palmotićeve ulica 32. Sagrađena je početkom 20. stoljeća od opeke, drvenih međukatnih konstrukcija i drvenog krovišta. Tlocrtno pravilna zgrada pravokutnog oblika sastoji se od prizemlja i 3 etaže iznad. Pretežno stambene namjene s poslovnim prostorima u prizemlju.

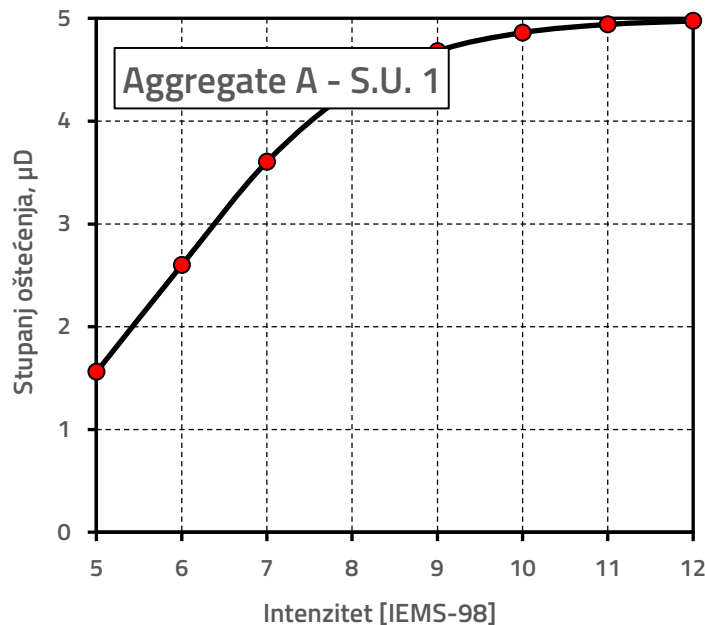


Slika 38: Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ulica 32

Tablica 11: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Palmotićeve ul. 32

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	0
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	5
Σ(10 parametara)						203,75
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						56,5
Σ(15 parametara)						260,25

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,60	1,5617	2,6004	3,6055	4,3025	4,6819	4,8616	4,941	4,975111



Tablica 12: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeve ul. 32

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	20. stoljeće
Building address	Palmotićeve ul. 32	GPS coordinates	45.81007, 15.98167

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	4	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	I	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,51

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_v \times E \times H = 0,74$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      1,98

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

MEDIUM n

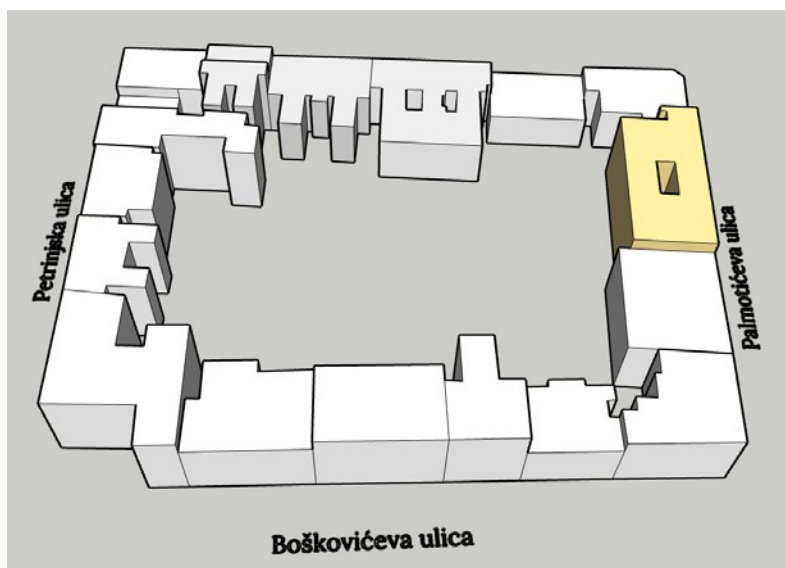
LOW

NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS			
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements	
Material preference	Wood		
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED			
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams) <span style="float: right;">▼</span>			
COST		LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements		



Na adresi Palmotićeve ulica 30 nalazi se zgrada sagrađena sredinom 20. stoljeća. Sastoji se od prizemlja i 6 katova. Armiranobetonska zgrada, ravnog krova te nepravilnog tlocrta. Zgrada je pretežno stambena s poslovnim prostorima u prizemlju.



Slika 39: Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ulica 30

Tablica 13: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeve ul. 30

# CONCRETE ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	17.6.2024.	Presumed year of construction	20. stoljeće
Building address	Palmotićeve ul. 30	GPS coordinates	45.81033, 15.98167

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Continuous reinforced concrete foundations (strip footings)		
Vertical structures	Reinforced concrete wall structures		
Floors	Cast-in-situ reinforced concrete slab		
Roof	Cast-in-situ reinforced concrete slab		
Notes on input:	-		

**INPUT: BUILDING DATA**

Designated use	Residential	Concrete strength	II
Floors above ground	7	Steel strength	III
Irregularities in plan	II	Column dimensions	III
Irregularities in height	II	Transverse reinforcement (columns)	I
Expected ductility	II	Longitudinal reinforcement (columns)	I
		Presence of large spans	<input checked="" type="checkbox"/>

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,53

1,00	VI	0,85
0,85	V	0,70
0,70	IV	0,55
0,55	III	0,40
0,40	II	0,20
0,20	I	0,00

**PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

- Soft storey mechanism
- Brittle column failure due to combined tension&shear
- Brittle column failure due to combined compression&shear
- Compression failure of columns
- Failure due to torsional effects
- Ductile column failure

x

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_s = I_{vv} \times EE \times HH = 0,71$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      1,88

E= Exposure      1,00

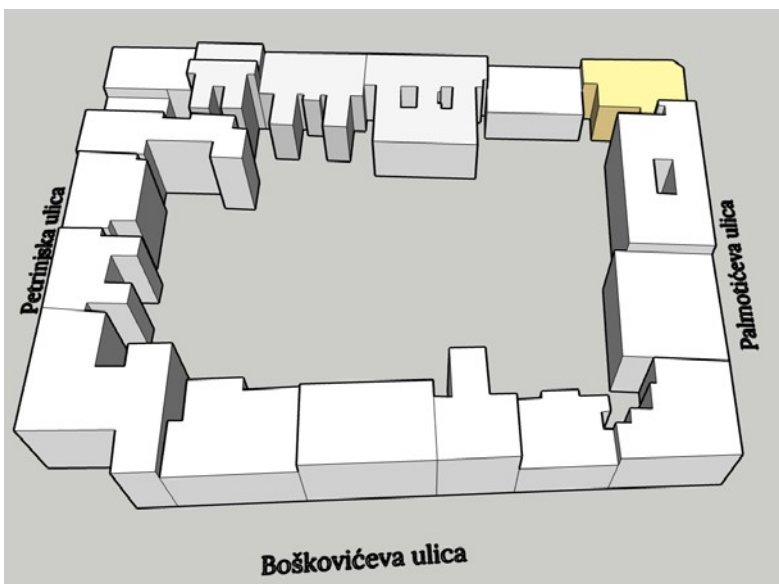
H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

- VERY HIGH
- HIGH
- MEDIUM n
- LOW
- NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS	
Extent of intervention	None <span style="float: right;">No intervention planned</span>
Material preference	Composite <span style="float: right;">-</span>
<b>MEASURES COULD BE IMPLEMENTED</b>	
	○
	●
	○
	○
	○
	○
	○
COST	-
TECNICAL COMPLEXITY	-
SUGGESTED FOR	-

Zgrada na kutu bloka na adresi Palmotićeve ulica 28/Ulica Ignjata Đorđića 12 sastoji se od prizemlja i 2 etaže iznad. Sagrađena je 1887. godine opekom te ima drvene međukatne konstrukcije i krovište. Nepravilnog je tlocrta. Prizemlje zgrade ima poslovnu namjenu dok je ostatak stambeni.

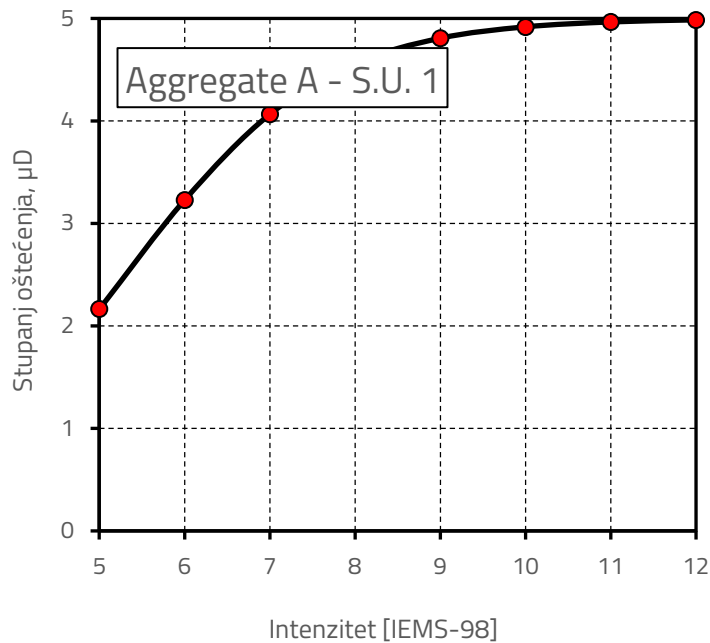


Slika 40: Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ul. 28/ Ul. Ignjata Đorđića 12

**Tablica 14:** Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Palmotićeve ul. 28/Ul. Ignjata Đorđića 12

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	12,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						236,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-22,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						71,5
Σ(15 parametara)						307,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,67	2,1637	3,227	4,0641	4,5599	4,8056	4,9166	4,9647	4,985151



Tablica 15: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeve ul. 28/Ul. Ignjata Đorđića

12

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1887.
Building address	28/Ul. Ignjata Đorđića 12	GPS coordinates	45.81059, 15.98162

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank

*Notes on input:* ...

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	3	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,42

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: **B**

For out-of-plane actions: **B**

For in-plane actions: **A**

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_{v,v} \times EE \times HH = 0,90$$

I<sub>v,v</sub> = index of vulnerability (1/I)      2,40

E = Exposure      1,00

H = Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH	
HIGH	
MEDIUM	n
LOW	
NONE	

**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

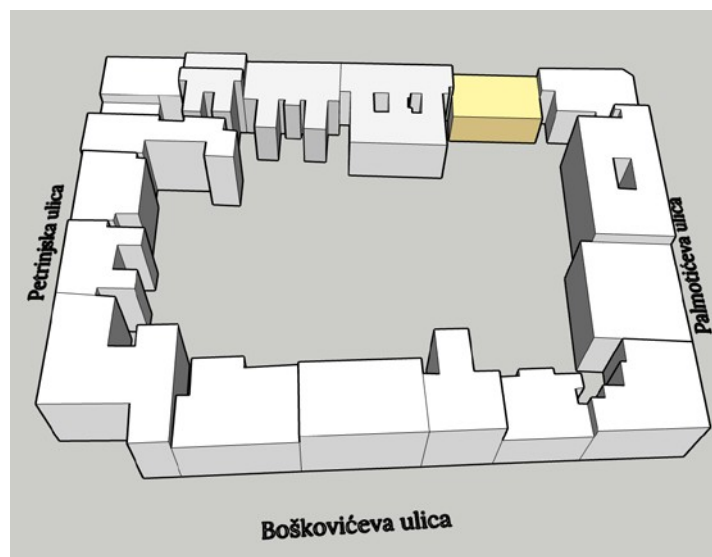
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams) ▼

COST		LOW
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Diplomski rad: Ivana Divić

50

Zgrada na adresi Ulica Ignjata Đorđića 10 sagrađena je 1885. godine. Prizemlje zgrade ima poslovnu namjenu dok su ostale dvije etaže stambene. Tlocrt zgrade je pravilan, a sagrađena je od opeke s drvenim međukatnim konstrukcijama i drvenim krovom.

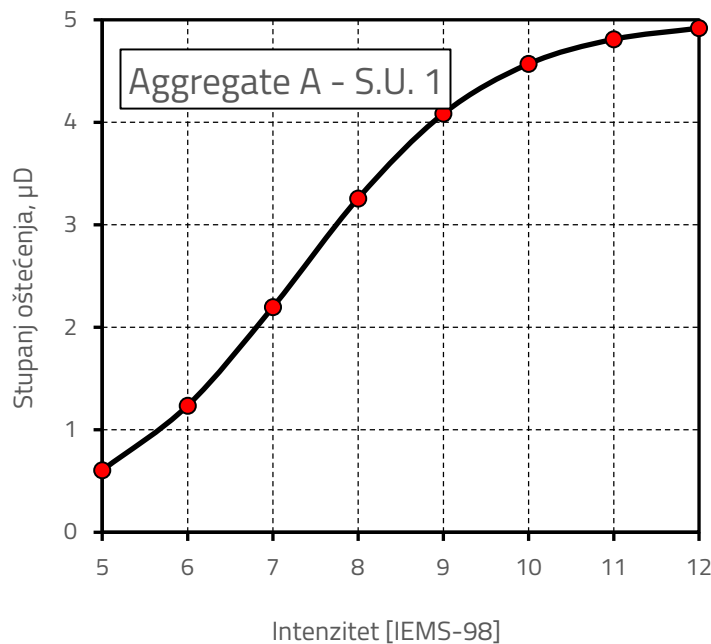


Slika 41: Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 10

Tablica 16: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 10

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	2,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovšte	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						226,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	0
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	-20
Σ(5 parametara)						-75,5
Σ(15 parametara)						150,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,43	0,6042	1,2348	2,1948	3,2559	4,0832	4,5699	4,8103	4,918685



Tablica 17: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 10

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1885.
Building address	Ul. Ignjata Đorđića 10	GPS coordinates	45.81058, 15.98125

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	3	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	I	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,50

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode B)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_v \times E \times H = 0,75$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      1,99

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

MEDIUM n

LOW

NONE

**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-

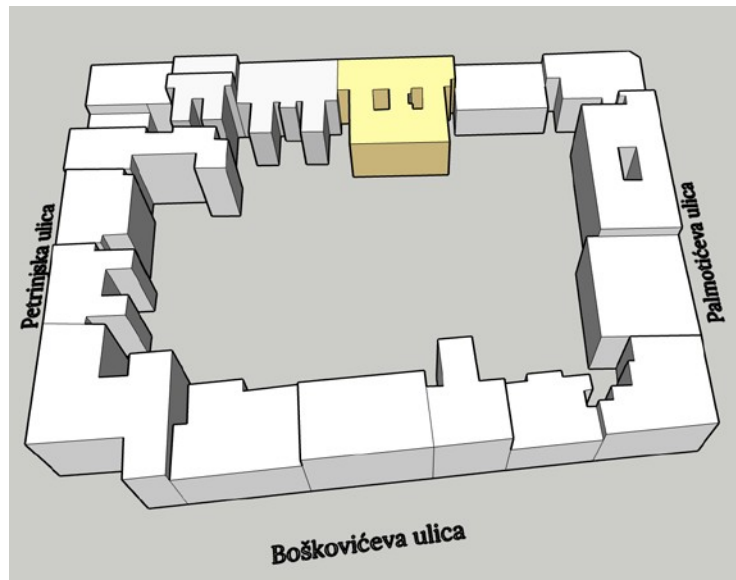
**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)

COST	LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	



Zgrada na adresi Ulica Ignjata Đorđića 8A sagrađena je 1944. godine. Sastoji se od prizemlja i 3 etaže te je stambene namjene. Materijal za gradnju bio je opeka i drvo za međukatne konstrukcije i krovnište. Nepravilnog je tlocrta.

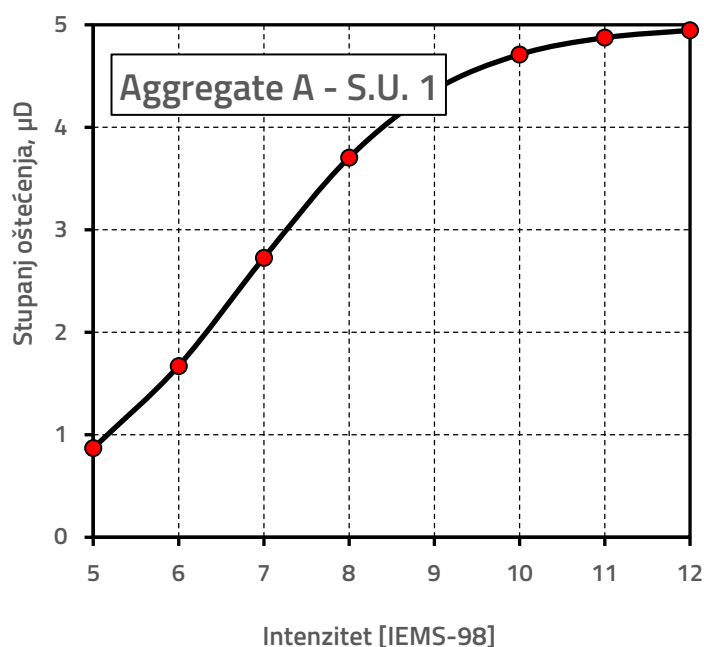


Slika 42: Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 8A

Tablica 18: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8A

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	4
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovšte	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						250,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	-20
Σ(5 parametara)						-60,5
Σ(15 parametara)						189,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,49	0,8691	1,6711	2,7248	3,7038	4,3604	4,7104	4,8744	4,946576



Tablica 19: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8A

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1944.
Building address	Ul. Ignjata Đorđića 8A	GPS coordinates	45.81060, 15.98102

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

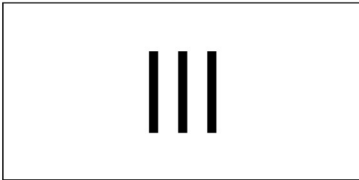
Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	4	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,42



1	VI	0,85
0,85	V	0,7
0,7	IV	0,55
0,55	III	0,4
0,4	II	0,2
0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s2
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_{\Phi} = I_{vv} \times EE \times HH = 0,89$$

I<sub>vv</sub>= index of vulnerability (1/I)      2,38

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

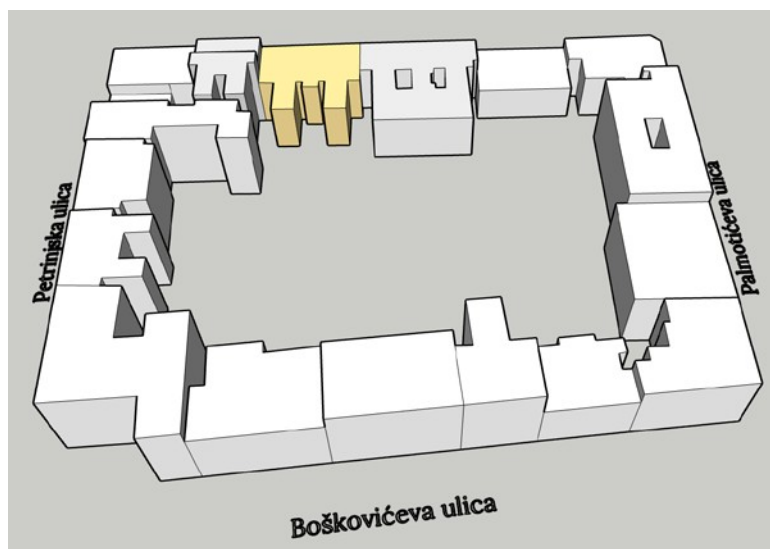
MEDIUM

LOW

NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS		
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED		
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)		
COST	LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Zgrada na adresi Ulica Ignjata Đorđića 8 sagrađena je 1944. godine. Sastoji se od prizemlja i 3 etaže te je stambene namjene. Materijal za gradnju bio je opeka i drvo za međukatne konstrukcije i krovšte. Zgrada ima dva dvorišna krila što ju čini nepravilnom tlocrtno.

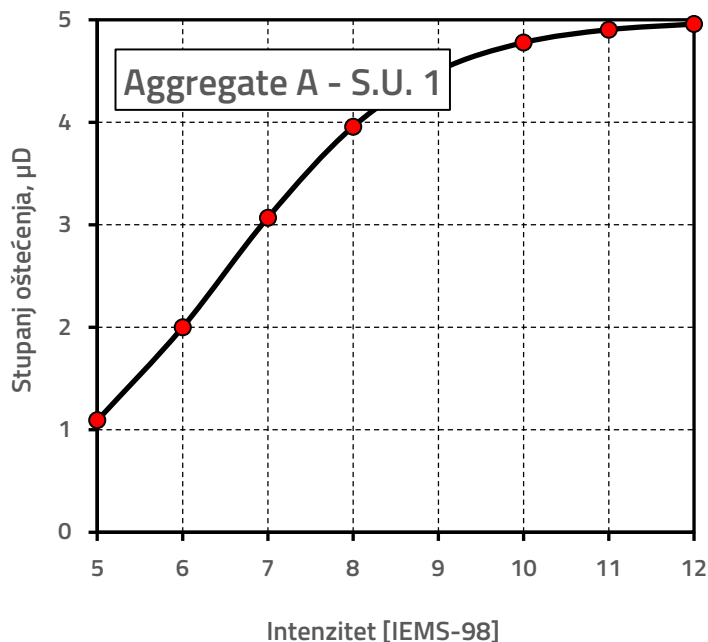


Slika 43: Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 8

Tablica 20: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						246,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	0
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						-30,5
Σ(15 parametara)						215,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,53	1,0921	2,0001	3,07	3,9573	4,5027	4,7788	4,9048	4,95967



Tablica 21: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1944.
Building address	Ul. Ignjata Đorđića 8	GPS coordinates	45.81057, 15.98063

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank
Notes on input:	...

**INPUT: MASONRY QUALITY**

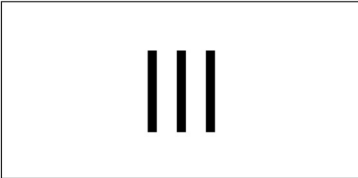
Type of masonry		Brick	
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	4	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,42



1	VI	0,85
0,85	V	0,7
0,7	IV	0,55
0,55	III	0,4
0,4	II	0,2
0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_{\Phi} = I_{vv} \times EE \times HH = 0,89$$

I<sub>vv</sub>= index of vulnerability (1/I)      2,38

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

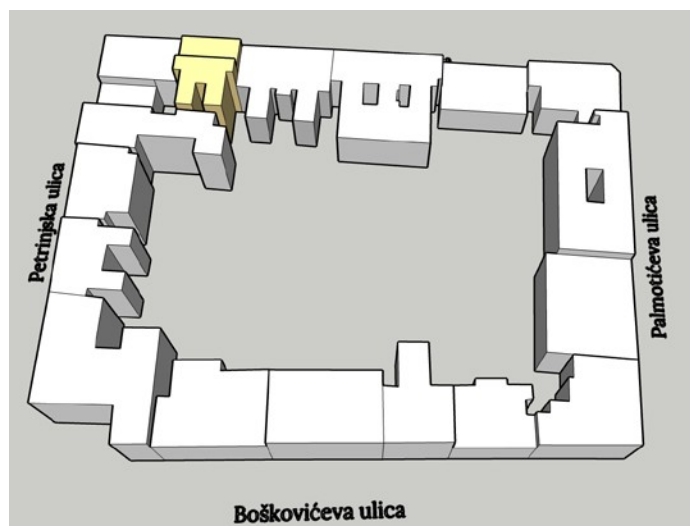
MEDIUM

LOW

NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS	
Extent of intervention	Focused      Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood      -
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED	
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)	
COST	LOW \$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements

Na adresi Ulica Ignjata Đorđića 6 nalazi se zgrada sagrađena 1931. godine. Četverokatnica ravnog krova sagrađena je od opeke s drvenim međukatnim konstrukcijama, ravnog krova te je nepravilnog tlocrta. Zgrada je pretežno stambena s poslovnim prostorima u prizemlju.

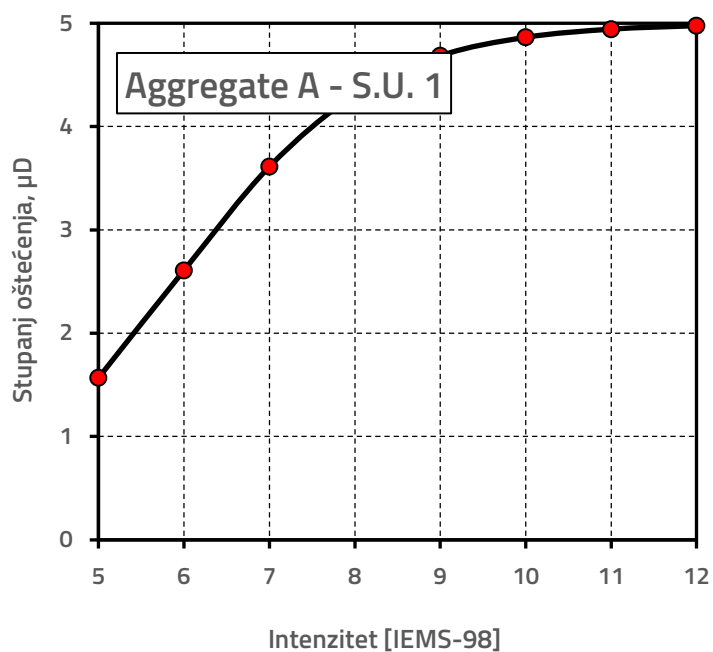


Slika 44: Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 6

Tablica 22: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 6

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	25
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	45
Σ(10 parametara)						246,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	45
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						14,5
Σ(15 parametara)						260,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,60	1,5676	2,6072	3,611	4,3058	4,6835	4,8623	4,9413	4,975245





Tablica 23: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 6

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1931.
Building address	Ul. Ignjata Đorđića 6	GPS coordinates	45.81058, 15.98042

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

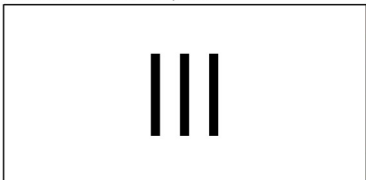
Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	5	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,48



1	VI	0,85
0,85	V	0,7
0,7	IV	0,55
0,55	III	0,4
0,4	II	0,2
0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_v \times EE \times HH = 0,78$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      2,07

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

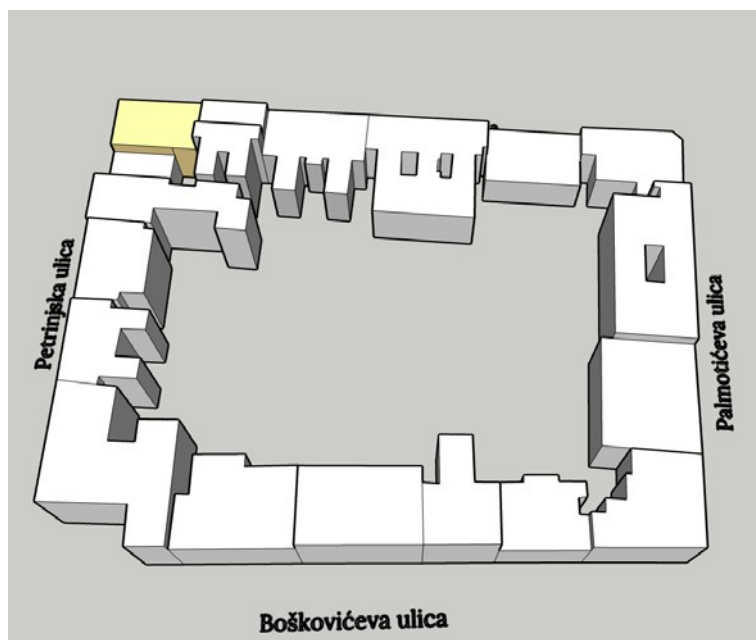
MEDIUM n

LOW

NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS		
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED		
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)		
COST		LOW \$
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Zgrada na adresi Petrinjska ulica 25 sagrađena je početkom 20. stoljeća. Prizemlje zgrade ima poslovnu namjenu dok su ostale tri etaže stambene. Tlocrt zgrade je pravilan, a sagrađena je od opeke s drvenim međukatnim konstrukcijama i drvenim krovom. Zgrada je u zagrebačkom potresu teško konstrukcijski i nekonstrukcijski oštećena (EMS IV) te je naknadno srušena.



Slika 45: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 25

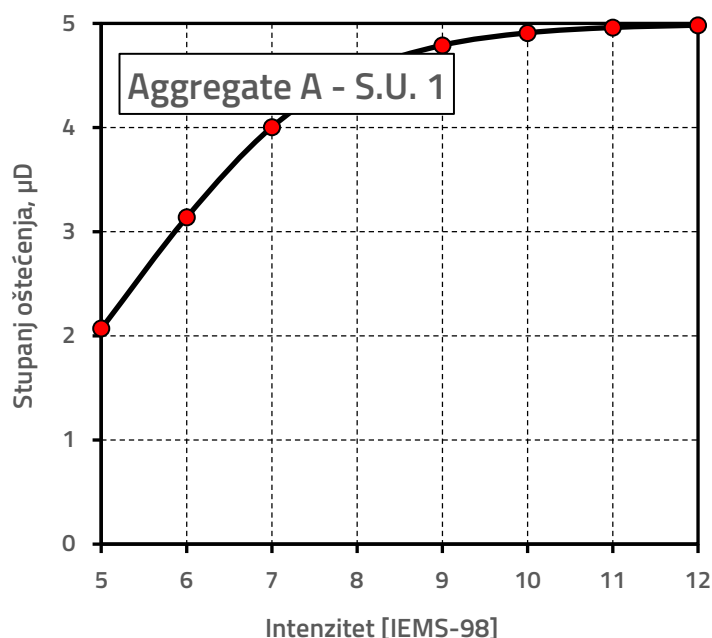


**Slika 46:** Zgrada na adresi Petrinjska ul. 25 nakon potresa je srušena zbog velikih oštećenja

Tablica 24: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 25

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	12,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	45
Σ(10 parametara)						256,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	15	0	1,5	22,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						44,5
Σ(15 parametara)						300,75

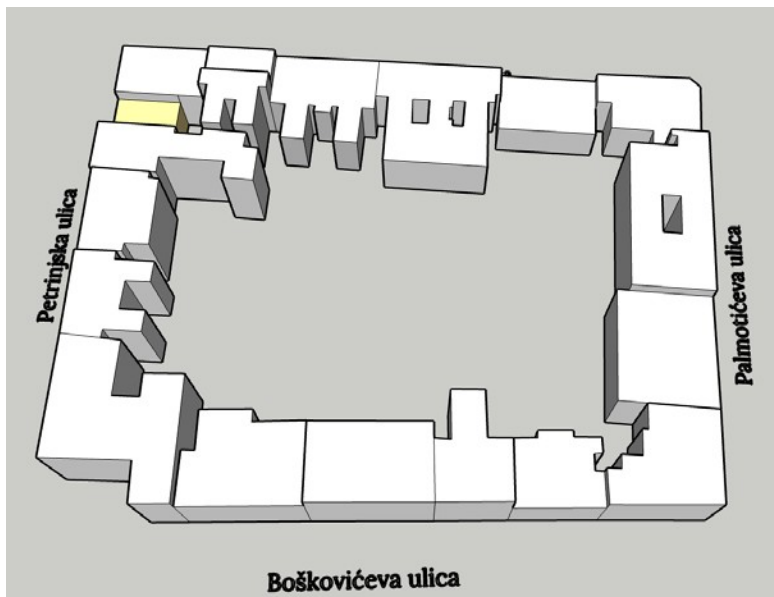
Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,66	2,0704	3,1386	4,0046	4,5282	4,7908	4,9101	4,9619	4,983975



Tablica 25: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 25

<h1>MASONRY ASSESSMENT</h1>			
<b>INPUT: GENERAL DATA</b>			
Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	20. stoljeće
Building address	Petrinjska ul. 25	GPS coordinates	45.81056, 15.98018
<b>INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS</b>			
Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		
<b>INPUT: MASONRY QUALITY</b>			
Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13
<b>INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS</b>			
Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	3	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	I	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II
<b>OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE</b>		<b>OUTPUT: MASONRY CATEGORY</b>	
Index of structural response	0,50	For vertical actions	B
	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0
		For out-of-plane actions	B
		For in-plane actions	A
		<b>MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM</b>	
		Vertical Deflection	
<b>INPUT: SITE DATA</b>			
Peak ground acceleration		0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)		C	-
Building exposure		II	-
<b>OUTPUT: SEISMIC RISK</b>		<b>SEISMIC RISK CATEGORY</b>	
$S_R = I_{vv} \times EE \times HH = 0,75$		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>VERY HIGH</p> <p>HIGH</p> <p>MEDIUM</p> <p>LOW</p> <p>NONE</p> </div> <div style="width: 55%;"> <p>n</p> </div> </div>	
I,v= index of vulnerability (1/I)	1,99		
E= Exposure	1,00		
H=Hazard	0,38		
<b>STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS</b>			
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements	
Material preference	Wood	-	
<b>MEASURES COULD BE IMPLEMENTED</b>			
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)			
COST		LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM	
SUGGESTED FOR		Overloaded floors/elements	

Zgrada u bloku nalazi se na adresi Petrinjska ulica 27. Sagrađena je početkom 20. stoljeća od opeke, drvenih međukatnih konstrukcija i drvenog krovišta. Tlocrtno pravilna zgrada pravokutnog oblika sastoji se od prizemlja i 2 etaže iznad. Pretežno stambene namjene s poslovnim prostorima u prizemlju.

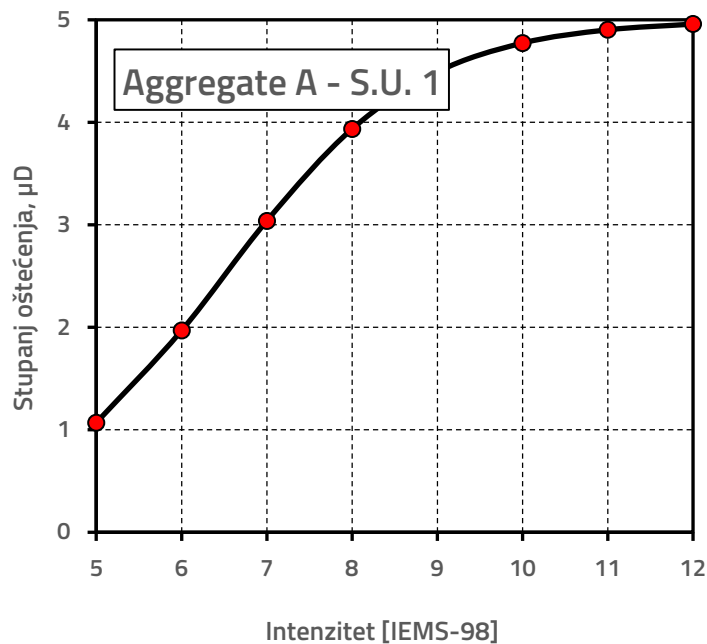


Slika 47: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 27

Tablica 26: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 27

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	0
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	45
Σ(10 parametara)						243,75
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	0
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						-30,5
Σ(15 parametara)						213,25

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,52	1,0689	1,9674	3,0376	3,9346	4,4904	4,773	4,9023	4,958564



Tablica 27: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 27

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	20. stoljeće
Building address	Petrinjska ul. 27	GPS coordinates	45.81046, 15.98014

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	3	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	I	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,50

1	VI	0,85
0,85	V	0,7
0,7	IV	0,55
0,55	III	0,4
0,4	II	0,2
0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_{\#} = I_{v,v} \times EE \times HH = 0,75$$

I<sub>v,v</sub> = index of vulnerability (1/I)      1,99

E = Exposure      1,00

H = Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

MEDIUM n

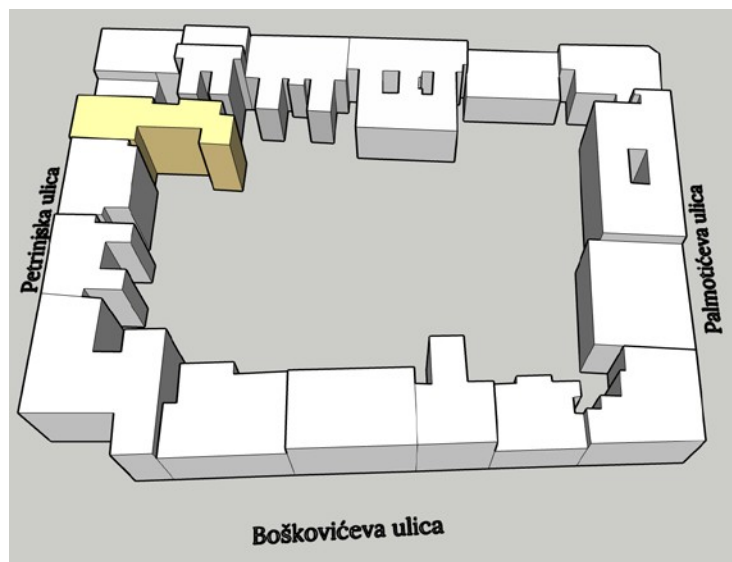
LOW

NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS	
Extent of intervention	Focused      Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood      -
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED	
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams) <span style="float: right;">▼</span>	
COST	LOW \$
TECHNICAL COMPLEXITY	MEDIUM
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements



Zgrada na adresi Petrinjska ulica 29 sagrađena je 1931. godine. Sastoji se od prizemlja poslovne namjene i 4 etaže koje su stambene namjene. Materijal za gradnju bio je opeka i drvo za međukatne konstrukcije i krovnište te je nepravilnog tlocrta.

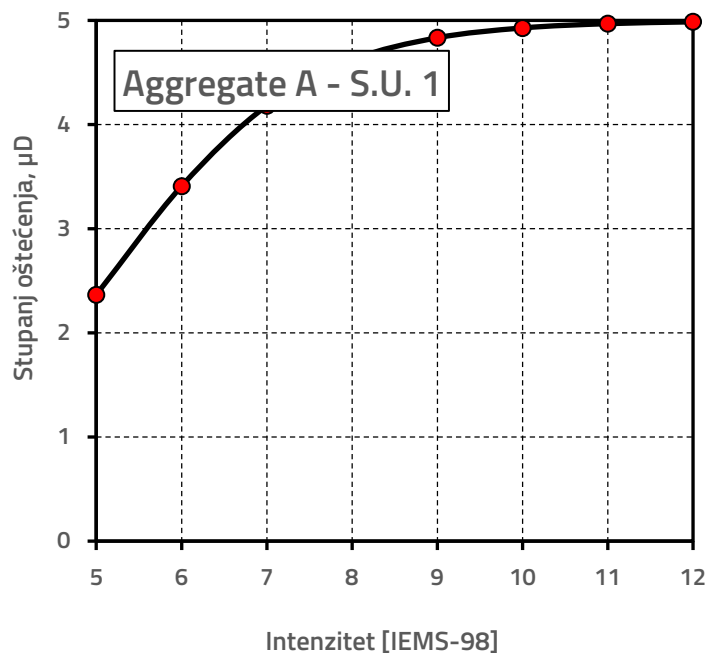


Slika 48: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 29

Tablica 28: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 29

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovšte	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						246,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	15
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	45
Σ(5 parametara)						76,5
Σ(15 parametara)						322,75

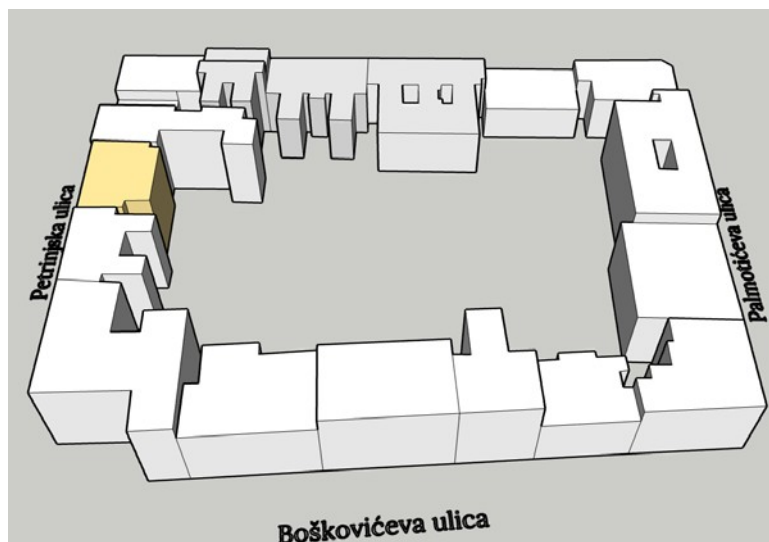
Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,69	2,3664	3,4096	4,1823	4,6213	4,834	4,929	4,97	4,987388



Tablica 29: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 29

<h1>MASONRY ASSESSMENT</h1>			
<b>INPUT: GENERAL DATA</b>			
Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1931.
Building address	Petrinjska ul. 29	GPS coordinates	45.81036, 15.98008
<b>INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS</b>			
Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		
<b>INPUT: MASONRY QUALITY</b>			
Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13
<b>INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS</b>			
Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	5	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II
<b>OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE</b>		<b>OUTPUT: MASONRY CATEGORY</b>	
Index of structural response	0,48	For vertical actions	B
	1 VI 0,85	For out-of-plane actions	B
	0,85 V 0,7	For in-plane actions	A
	0,7 IV 0,55		
	0,55 III 0,4	<b>MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM</b>	
	0,4 II 0,2	Vertical Deflection	
	0,2 I 0		
<b>INPUT: SITE DATA</b>			
Peak ground acceleration		0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)		C	-
Building exposure		II	-
<b>OUTPUT: SEISMIC RISK</b>		<b>SEISMIC RISK CATEGORY</b>	
$S_R = I_v \times EE \times HH = 0,78$		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> <p>VERY HIGH</p> <p>HIGH</p> <p>MEDIUM</p> <p>LOW</p> <p>NONE</p> </div> <div style="width: 55%;"> <p>n</p> </div> </div>	
I <sub>v</sub> = index of vulnerability (1/I)	2,07		
E= Exposure	1,00		
H=Hazard	0,38		
<b>STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS</b>			
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements	
Material preference	Wood		
<b>MEASURES COULD BE IMPLEMENTED</b>			
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)			
COST		LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements		

Na adresi Petrinjska ulica 31 nalazi se zgrada sagrađena 1995. godine. Šesterokatnica je sagrađena od armiranog betona s armiranobetonskim međukatnim konstrukcijama te je nepravilnog tlocrta. Zgrada je pretežno stambena s poslovnim prostorima u prizemlju.



Slika 49: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 31

Tablica 30: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 31

# CONCRETE ASSESSMENT

INPUT: GENERAL DATA

Data	20.5.2024	Presumed year of construction	1995.
Building address	Petrinjska ulica 31	GPS coordinates	45.81022, 15.98010

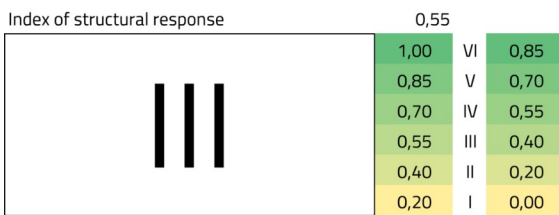
INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS

Foundations	Continuous reinforced concrete foundations (strip footings)
Vertical structures	Reinforced concrete wall structures
Floors	Cast-in-situ reinforced concrete slab
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank
Notes on input:	-

INPUT: BUILDING DATA

Designated use	Residential	Concrete strength	II
Floors above ground	7	Steel strength	III
Irregularities in plan	III	Column dimensions	III
Irregularities in height	I	Transverse reinforcement (columns)	I
Expected ductility	II	Longitudinal reinforcement (columns)	I
		Presence of large spans	<input checked="" type="checkbox"/>

OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE



PROBABLE COLLAPSE MECHANISM

- Soft storey mechanism
- Brittle column failure due to combined tension&shear
- Brittle column failure due to combined compression&shear
- Compression failure of columns
- Failure due to torsional effects x
- Ductile column failure x

INPUT: SITE DATA

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

OUTPUT: SEISMIC RISK

$$S_R = I_{vv} \times EE \times HH = 0,69$$

I <sub>vv</sub> = index of vulnerability (1/1)	1,83
E= Exposure	1,00
H=Hazard	0,38

SEISMIC RISK CATEGORY



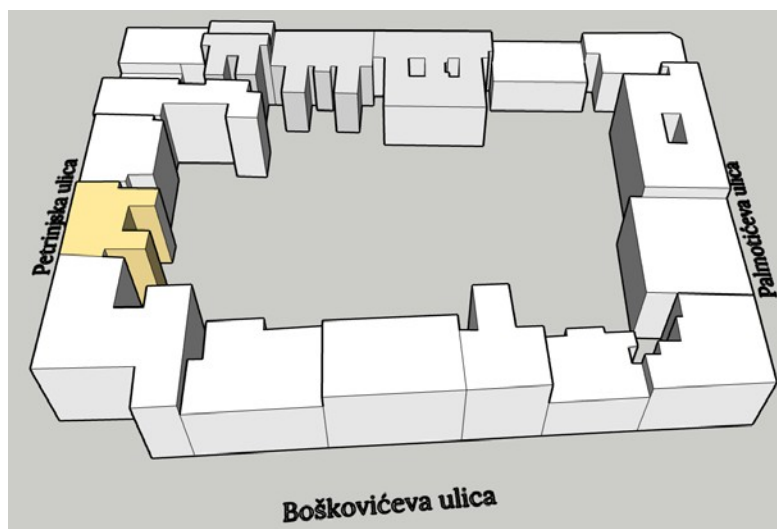
STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS

Extent of intervention	None	No intervention planned
Material preference	Composite	-

MEASURES COULD BE IMPLEMENTED

	○
	●
	○
	○
	○
	○
	○
COST	-
TECNICAL COMPLEXITY	-
SUGGESTED FOR	-

Zgrada na adresi Petrinjska ulica 33 sastoji se od prizemlja i 4 etaže iznad. Sagrađena je 1933. godine opekom te ima drvene međukatne konstrukcije i krovšte. Nepravilnog je tlocrta jer ima dva dvorišna krila. Prizemlje zgrade ima poslovnu namjenu dok je ostatak stambeni.

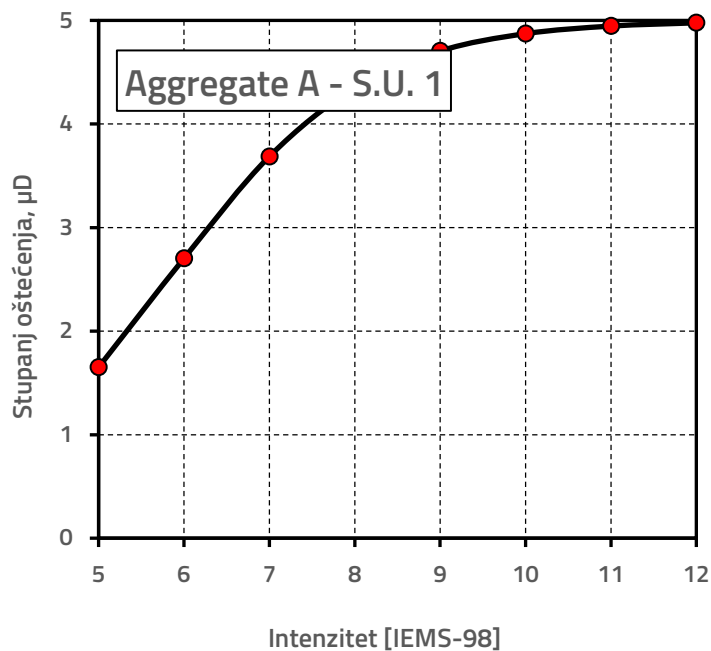


Slika 50: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 33

Tablica 31: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 33

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	5
Σ(10 parametara)						226,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	-20
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	45
Σ(5 parametara)						41,5
Σ(15 parametara)						267,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,61	1,6509	2,7024	3,6863	4,3502	4,7054	4,8722	4,9456	4,977058



Tablica 32: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 33

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1933.
Building address	Petrinjska ul. 33	GPS coordinates	45.81002, 15.98015

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	5	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,48

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B

For out-of-plane actions: B

For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_{v,v} \times EE \times HH = 0,78$$

I<sub>v,v</sub> = index of vulnerability (1/I)      2,07

E = Exposure      1,00

H = Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

MEDIUM n

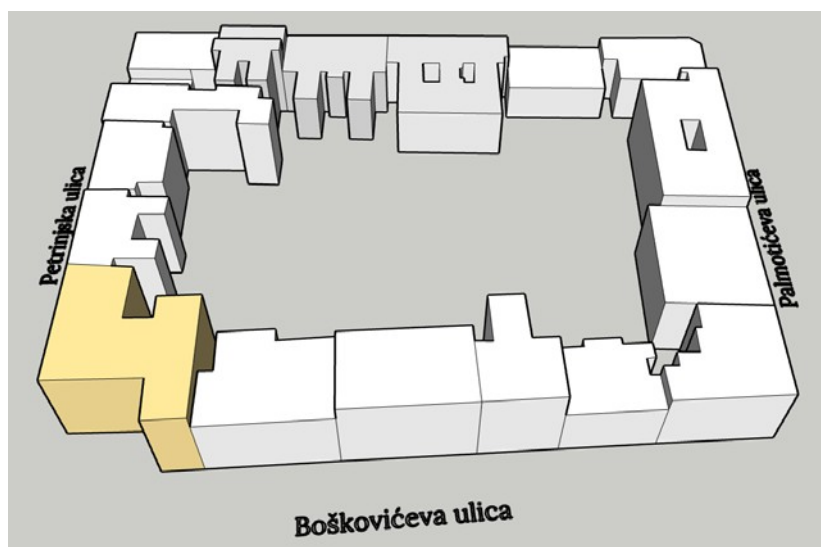
LOW

NONE

<b>STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS</b>			
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements	
Material preference	Wood	-	
<b>MEASURES COULD BE IMPLEMENTED</b>			
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)			
COST		LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY		MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements		



Na adresi Petrinjska ulica 35/Boškovićeve ulica 5 nalazi se poslovna zgrada sagrađena 1965. godine. Šesterokatnica ima armiranobetonske međukatne konstrukcije te je nepravilnog tlocrta.



Slika 51: Zgrada unutar bloka, Petrinjska ul. 35/Boškovićeve ul. 5

Tablica 33: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 35/Boškovićeve ul. 5

# CONCRETE ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	20.5.2024	Presumed year of construction	1965.
Building address	a ul. 35/Boškovićeve ul. 5	GPS coordinates	45.80979, 15.98023

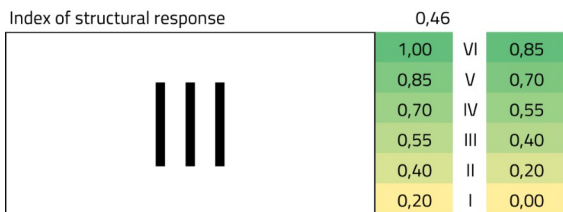
**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Continuous reinforced concrete foundations (strip footings)		
Vertical structures	th reinforced concrete beams and pillars, with infill walls made with solid bricks		
Floors	Cast-in-situ reinforced concrete slab		
Roof	Cast-in-situ reinforced concrete slab		
Notes on input:	-		

**INPUT: BUILDING DATA**

Designated use	Public	Concrete strength	II
Floors above ground	7	Steel strength	III
Irregularities in plan	III	Column dimensions	III
Irregularities in height	I	Transverse reinforcement (columns)	I
Expected ductility	II	Longitudinal reinforcement (columns)	I
		Presence of large spans	<input checked="" type="checkbox"/>

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**



**PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

- Soft storey mechanism
- Brittle column failure due to combined tension&shear
- Brittle column failure due to combined compression&shear
- Compression failure of columns
- Failure due to torsional effects x
- Ductile column failure x

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_{vv} \times EE \times HH = 0,82$$

I <sub>vv</sub> = index of vulnerability (1/I)	2,19
E= Exposure	1,00
H=Hazard	0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**



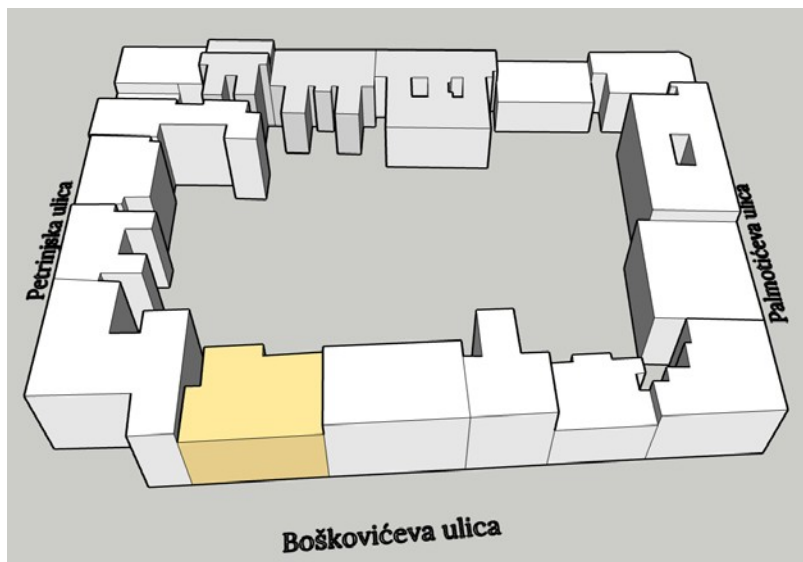
**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

Extent of intervention	None	No intervention planned
Material preference	Composite	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

	<input type="radio"/>
	<input checked="" type="radio"/>
	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/>
COST	-
TECNICAL COMPLEXITY	-
SUGGESTED FOR	-

Zgrada u bloku nalazi se na adresi Boškovićeve ulica 7. Sagrađena je 1914. godine od opeke, drvenih međukatnih konstrukcija i drvenog krovišta. Tlocrtno nepravilna zgrada pravokutnog oblika sastoji se od prizemlja i 3 etaže iznad. Pretežno stambene namjene s poslovnim prostorima u prizemlju.

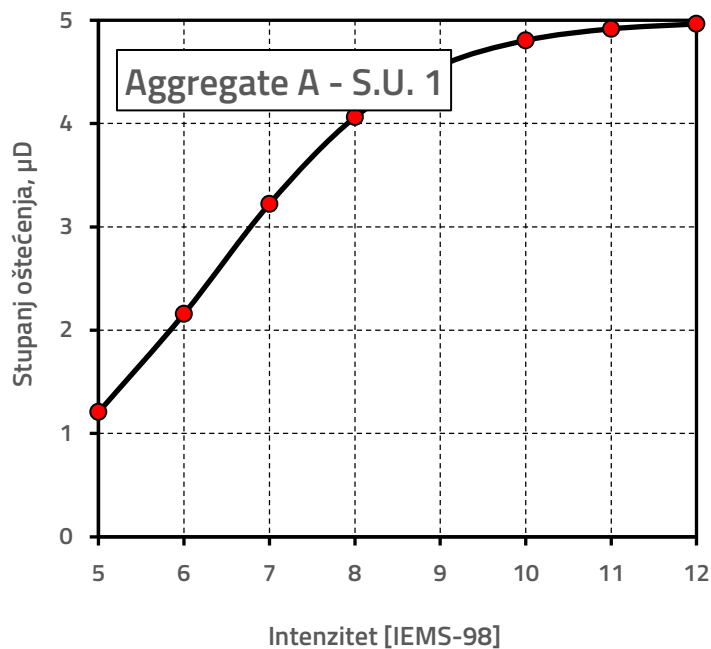


Slika 52: Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7

Tablica 34: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	7,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	2,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	45
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	25
Σ(10 parametara)						166,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	0
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	45
Σ(5 parametara)						61,5
Σ(15 parametara)						227,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,55	1,208	2,1591	3,2228	4,0613	4,5584	4,8049	4,9163	4,964587



Tablica 35: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 7

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1914.
Building address	Boškovićeua ul. 7	GPS coordinates	45.80975, 15.98064

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry	Brick		
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

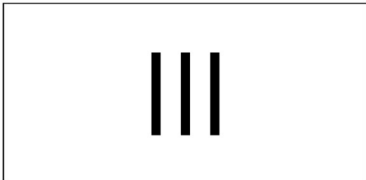
**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	4	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	II	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,46

1	VI	0,85
0,85	V	0,7
0,7	IV	0,55
0,55	III	0,4
0,4	II	0,2
0,2	I	0



**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: B  
 For out-of-plane actions: B  
 For in-plane actions: A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_R = I_{vv} \times EE \times HH = 0,81$$

I,v= index of vulnerability (1/I)      2,16  
 E= Exposure      1,00  
 H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

- VERY HIGH
- HIGH
- MEDIUM n
- LOW
- NONE

**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

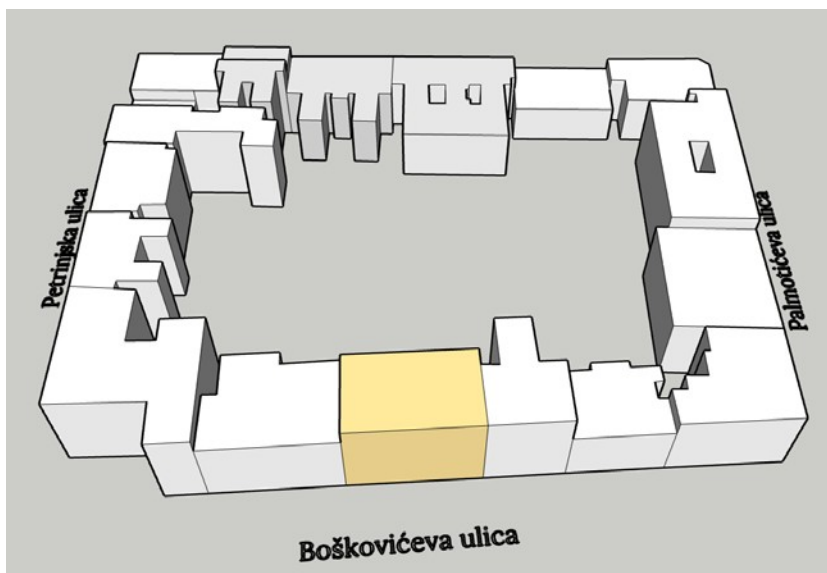
Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)

COST	LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Zgrada na adresi Boškovićeve ulica 7A sastoji se od prizemlja i 6 etaže iznad. Sagrađena je polovicom 20. stoljeća te ima ravan krov i armiranobetonske međukatne konstrukcije, a tlocrt joj je pravilan. Zgrada ima stambenu namjenu.



Slika 53: Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7A

Tablica 36: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 7A

# CONCRETE ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	14.6.2024.	Presumed year of construction	20. stoljeće
Building address	Boškovićeua ul. 7A	GPS coordinates	45.80979, 15.98090

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Continuous reinforced concrete foundations (strip footings)
Vertical structures	Reinforced concrete wall structures
Floors	Cast-in-situ reinforced concrete slab
Roof	Cast-in-situ reinforced concrete slab
Notes on input:	-

**INPUT: BUILDING DATA**

Designated use	Residential	Concrete strength	II
Floors above ground	7	Steel strength	III
Irregularities in plan	I	Column dimensions	III
Irregularities in height	I	Transverse reinforcement (columns)	I
Expected ductility	II	Longitudinal reinforcement (columns)	I
		Presence of large spans	<input checked="" type="checkbox"/>

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

**PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Index of structural response: 0,59

1,00	VI	0,85
0,85	V	0,70
0,70	IV	0,55
0,55	III	0,40
0,40	II	0,20
0,20	I	0,00

IV

- Soft storey mechanism
- Brittle column failure due to combined tension&shear
- Brittle column failure due to combined compression&shear
- Compression failure of columns
- Failure due to torsional effects
- Ductile column failure

x

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

**SEISMIC RISK CATEGORY**

$$S_R = I_{vv} \times EE \times HH = 0,63$$

I <sub>v</sub> = index of vulnerability (1/I)	1,69
E= Exposure	1,00
H=Hazard	0,38

VERY HIGH	
HIGH	
MEDIUM	n
LOW	
NONE	

**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

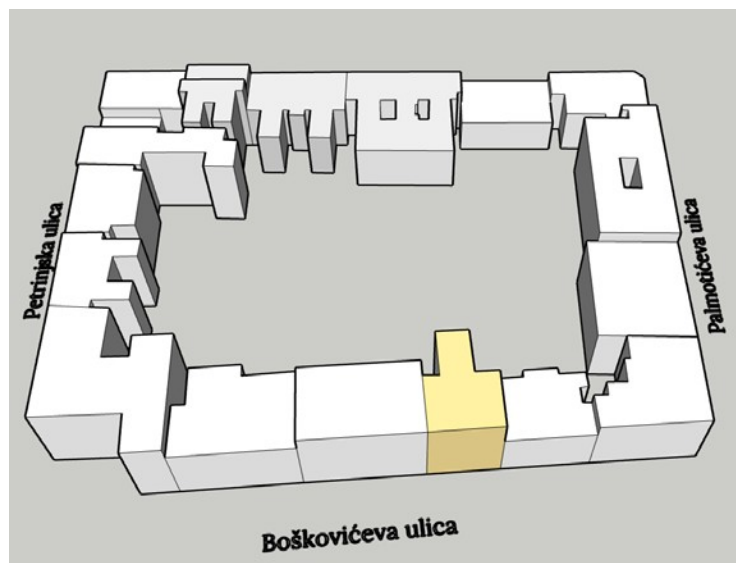
Extent of intervention	None	No intervention planned
Material preference	Composite	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

	○
	●
	○
	○
	○
	○
	○

COST	-
TECNICAL COMPLEXITY	-
SUGGESTED FOR	-

Zgrada na adresi Boškovićeve ulica 7B sagrađena je 1937. godine. Sastoji se od prizemlja poslovne namjene i 5 etaže koje su stambene namjene. Materijal za gradnju bio je opeka i drvo za međukatne konstrukcije dok je krov ravan. Tlocrt zgrade je nepravilan, T oblika.



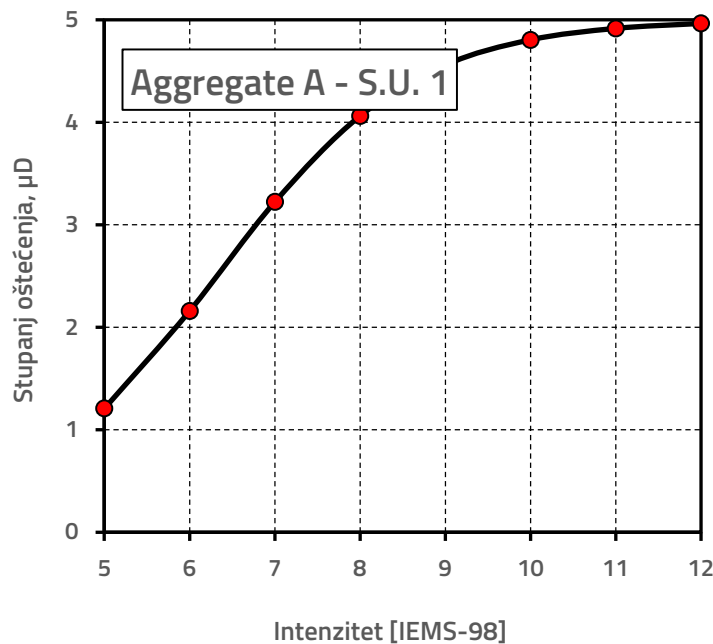
Slika 54: Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7B



Tablica 37: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7B

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovšte	0	15	25	45	1	25
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	5
Σ(10 parametara)						206,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	-20
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-37,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	54
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						21,5
Σ(15 parametara)						227,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,55	1,208	2,1591	3,2228	4,0613	4,5584	4,8049	4,9163	4,964587



Tablica 38: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 7B

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1937.
Building address	Boškovićeua ul. 7B	GPS coordinates	45.80982, 15.98115

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	5	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	III	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,48

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions	B
For out-of-plane actions	B
For in-plane actions	A

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_{\mathcal{R}} = I_{v,v} \times EE \times HH = 0,78$$

I <sub>v,v</sub> = index of vulnerability (1/I)	2,07
E = Exposure	1,00
H = Hazard	0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH	
HIGH	
MEDIUM	n
LOW	
NONE	

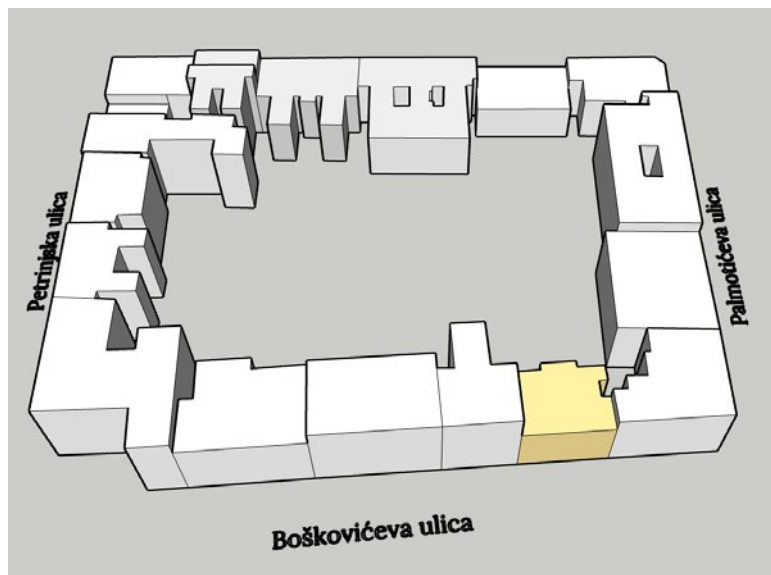
**STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS**

Extent of intervention	Focused	Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood	-

**MEASURES COULD BE IMPLEMENTED**

Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams)		
COST	LOW	\$
TECNICAL COMPLEXITY	MEDIUM	
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements	

Na adresi Boškovićeve ulica 9 nalazi se zgrada sagrađena 1931. godine. Sastoji se od visokog prizemlja i 2 kata. Pretežno stambene namjene. Sagrađena je od opeke, drvenih međukatnih konstrukcija te drvenog krovišta nepravilna tlocrta.

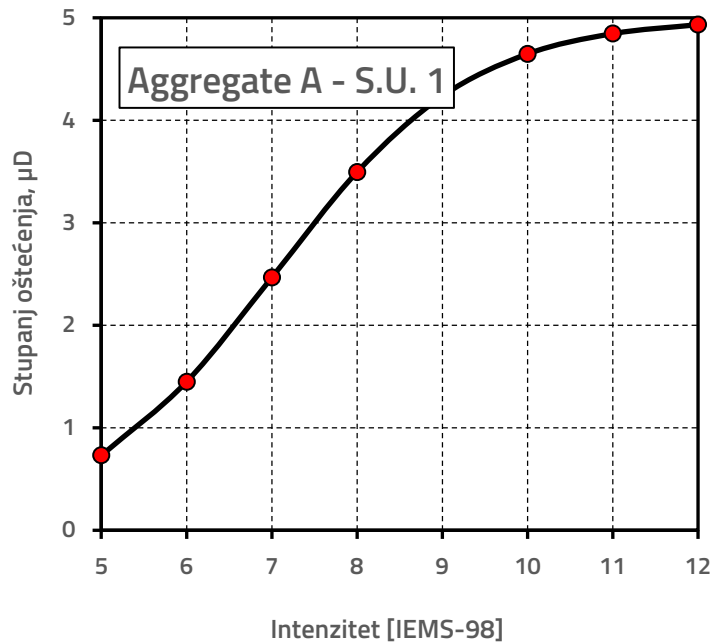


Slika 55: Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 9

Tablica 39: Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 9

Parametri	Razred				Težinski faktor	I <sub>v</sub>
	A	B	C	D		
1. Povezanost međusobno okomitih zidova	0	5	20	45	1	45
2. Tip zidanih elemenata	0	5	25	45	0,25	1,25
3. Tlo i temeljenje	0	5	25	45	0,75	18,75
4. Raspodjela nosivih elemenata	0	5	25	45	1,5	67,5
5. Pravilnost tlocrta	0	5	25	45	0,5	22,5
6. Raspodjela mase po visini	0	5	25	45	0,8	0
7. Tip međukatne konstrukcije	0	5	25	45	0,8	20
8. Krovnište	0	15	25	45	1	25
9. Detalji	0	5	25	45	0,25	1,25
10. Stanje građevine	0	5	25	45	1	5
Σ(10 parametara)						206,25
11. Prisutnost susjednih jedinica različite visine	-20	0	15	45	1	-20
12. Pozicija jedinice u nizu građevina	-45	-25	-15	0	1,5	-22,5
13. Broj razmještenih katova	0	15	25	45	0,5	0
14. Konstruktivna ili tipološka heterogenost između susjednih jedinica	-15	-10	0	45	1,2	-18
15. Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada	-20	0	25	45	1	25
Σ(5 parametara)						-35,5
Σ(15 parametara)						170,75

Aggregate ID	I <sub>v</sub>	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII
		5	6	7	8	9	10	11	12
	0,46	0,7301	1,4487	2,4662	3,495	4,2355	4,6484	4,8463	4,934424



Tablica 40: Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovičeva ul. 9

# MASONRY ASSESSMENT

**INPUT: GENERAL DATA**

Data	6.6.2024.	Presumed year of construction	1931.
Building address	Boškovičeva ul. 9	GPS coordinates	45.80982, 15.98140

**INPUT: CONSTRUCTION CHARACTERISTICS**

Foundations	Brick masonry foundations		
Masonry walls	Solid brick masonry with lime mortar		
Floors	Single or double timber floors (beams and joists) with brick tiles		
Roof	Single or double timber floors (beams and joists) with simple wooden plank		
Notes on input:	...		

**INPUT: MASONRY QUALITY**

Type of masonry			Brick
Horizontal alignment of brick/stone rows	R	Masonry element size	R
Presence of headers	R	Quality of mortar	PR
Shape of masonry elements	R	Resistance of masonry elements	PR
Alignment of vertical joints	R	Thickness of mortar joints	<13

**INPUT: BUILDING CHARACTERISTICS**

Designated use	Residential	Connections between structural elements	<input checked="" type="checkbox"/>
Floors above ground	3	Irregularities in height	I
Irregularities in plan	II	Expected ductility	II
Trasversal wall distance	III	Permanent floor loads	III
Wall thickness	III	Thrusts due to arches or vaults (floor level)	II
Floor height	III	Thrusts due to arches or vaults (roof level)	II

**OUTPUT: STRUCTURAL RESPONSE**

Index of structural response: 0,46

	1	VI	0,85
	0,85	V	0,7
	0,7	IV	0,55
	0,55	III	0,4
	0,4	II	0,2
	0,2	I	0

**OUTPUT: MASONRY CATEGORY**

For vertical actions: **B**

For out-of-plane actions: **B**

For in-plane actions: **A**

**MOST PROBABLE COLLAPSE MECHANISM**

Vertical Deflection

**INPUT: SITE DATA**

Peak ground acceleration	0,25	m/s <sup>2</sup>
Ground type (Eurocode 8)	C	-
Building exposure	II	-

**OUTPUT: SEISMIC RISK**

$$S_{\#} = I_{v} \times EE \times HH = 0,82$$

I<sub>v</sub>= index of vulnerability (1/I)      2,18

E= Exposure      1,00

H=Hazard      0,38

**SEISMIC RISK CATEGORY**

VERY HIGH

HIGH

MEDIUM n

LOW

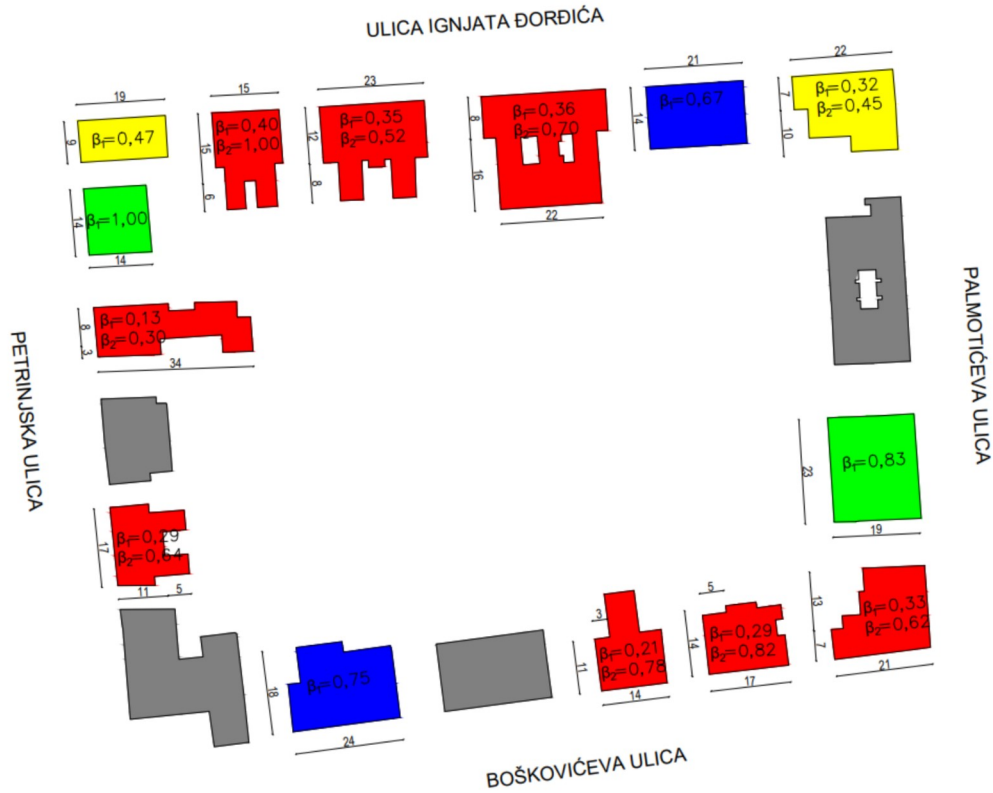
NONE

STRUCTURAL RETROFITTING CHARACTERISTICS	
Extent of intervention	Focused      Specific intervention on critical elements
Material preference	Wood      -
MEASURES COULD BE IMPLEMENTED	
Adding beams of the same type as existing ones (wooden beams) <span style="float: right;">▼</span>	
COST	LOW \$
TECHNICAL COMPLEXITY	MEDIUM
SUGGESTED FOR	Overloaded floors/elements

### 3.2. Usporedba rezultata makroseizmičke i Adriseizmičke metode

Tablica 41: Rekapitulacija odabranih parametara za makroseizmičku metodu

Lokacija zgrade	Parametri														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Boškovićeve 11/ Palmotićeve 34	D	B	C	D	D	A	C	D	B	D	C	C	A	A	A
Palmotićeve 32	D	B	C	D	A	A	C	D	B	D	C	B	A	D	C
Palmotićeve 28/ Đorđićeva 12	D	B	C	D	C	A	C	D	B	C	C	C	A	D	C
Đorđićeva 10	D	B	C	D	B	A	C	D	B	C	B	B	A	A	A
Đorđićeva 8A	D	B	C	D	D	B	C	D	B	C	C	B	A	A	A
Đorđićeva 8	D	B	C	D	D	A	C	D	B	C	B	B	A	A	C
Đorđićeva 6	D	B	C	D	D	A	C	C	B	D	D	B	A	A	C
Petrinjska 25	D	B	C	D	C	A	C	D	B	D	C	C	A	A	C
Petrinjska 27	D	B	C	D	A	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C
Petrinjska 29	D	B	C	D	D	A	C	D	B	C	C	B	A	D	D
Petrinjska 33	D	B	C	D	D	A	C	D	B	B	A	B	A	D	D
Boškovićeve 7	D	B	C	D	B	A	C	D	B	C	B	B	A	D	D
Boškovićeve 7B	D	B	C	D	D	A	C	C	B	B	A	B	A	D	C
Boškovićeve 9	D	B	C	D	D	A	C	D	B	D	B	B	A	A	C



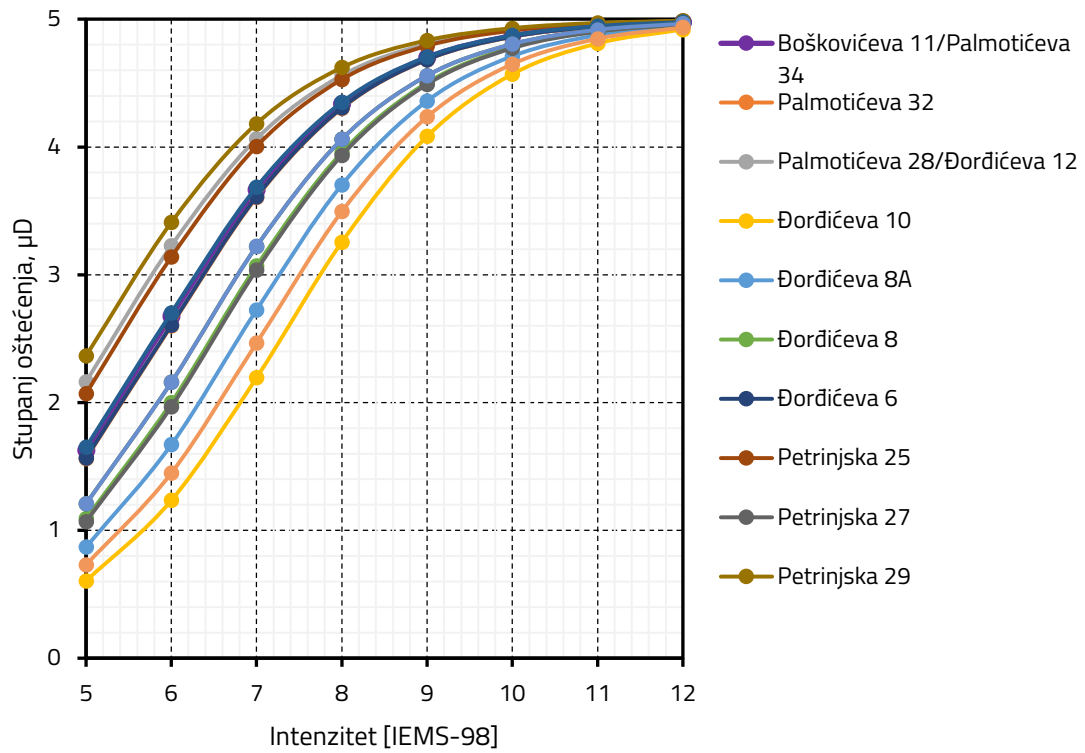
Slika 56: Prikaz bloka zgrada prema pravilnosti tlocrta uz izračunati koeficijent oblika  $\beta_{f,22}$  (po bojama 5. stupca tablice 41)

Tablica 42: Razredi makroseizmičke metode za pravilnost tlocrta

Razred	Iznos	Opis
A	0	$\beta_f \geq 0,8$ ; $\beta_b \leq 0,1$
B	5	$0,8 > \beta_f \geq 0,6$ ; $0,1 < \beta_b \leq 0,2$
C	25	$0,6 > \beta_f \geq 0,4$ ; $0,2 < \beta_b \leq 0,3$
D	45	$0,4 > \beta_f$ ; $0,3 < \beta_b$

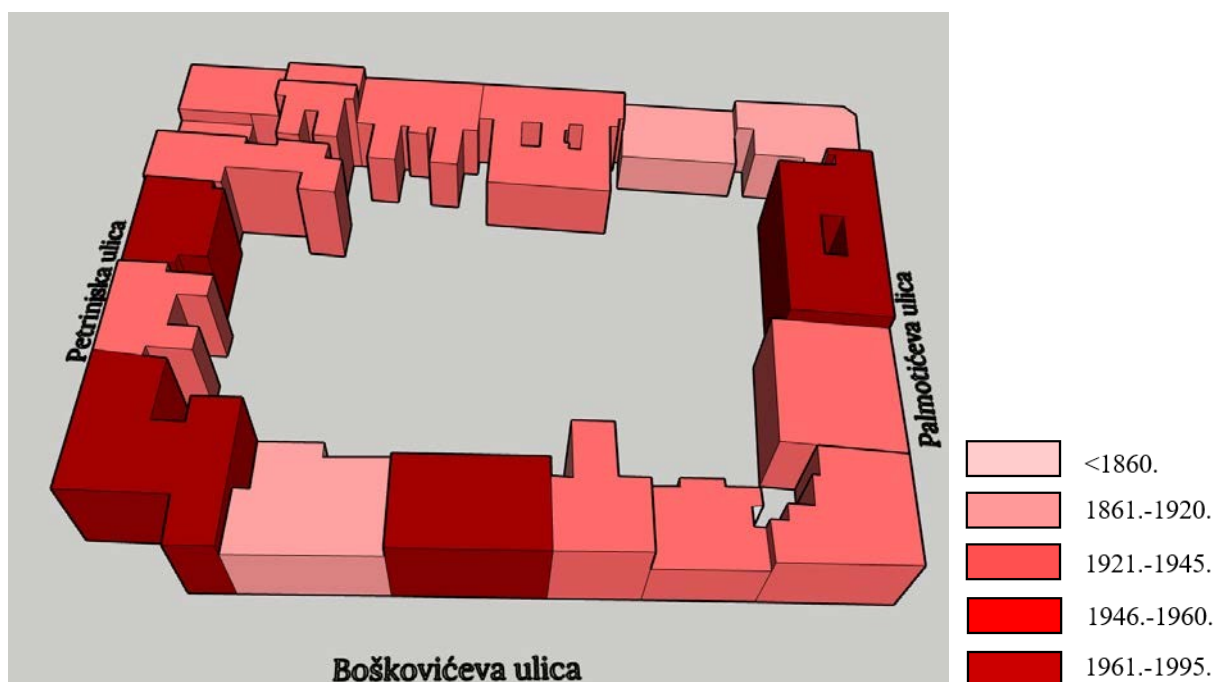
$$\beta_f = \frac{aa}{Ll}; \beta_b = \frac{bb}{Ll}$$

(3)

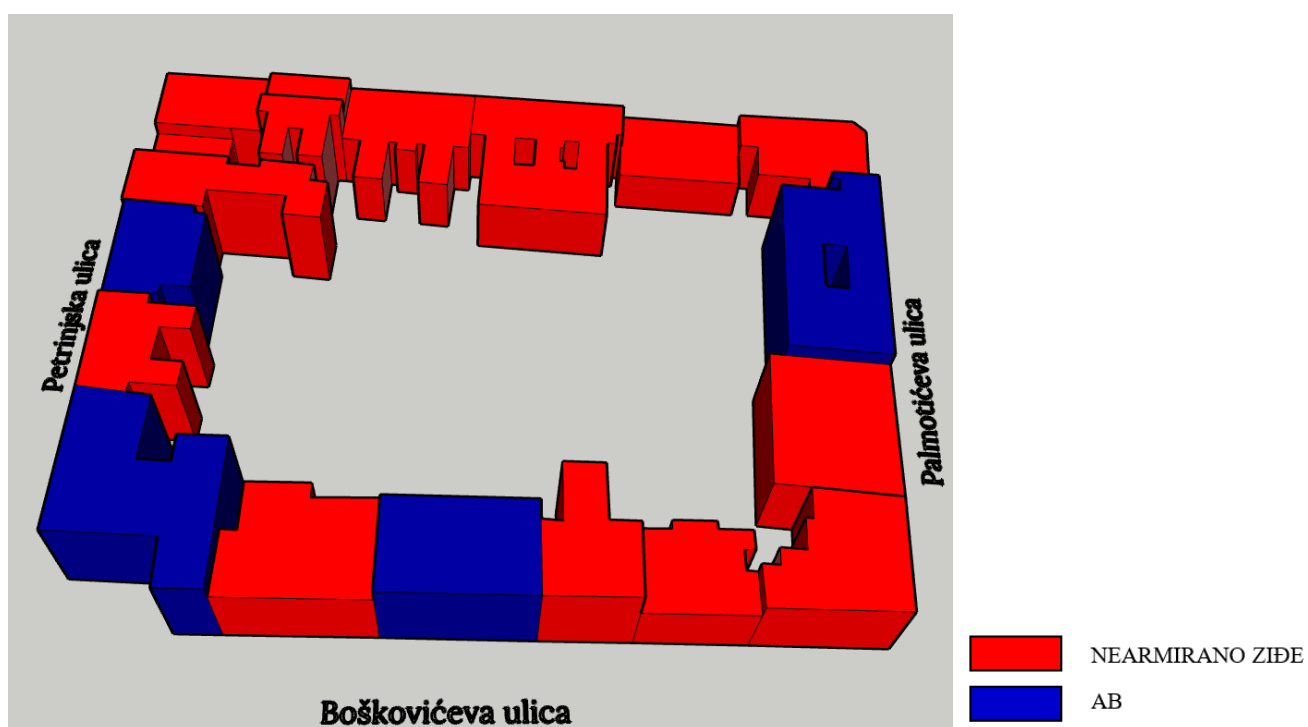


Slika 57: Krivulje oštetiivosti zgrada unutar bloka

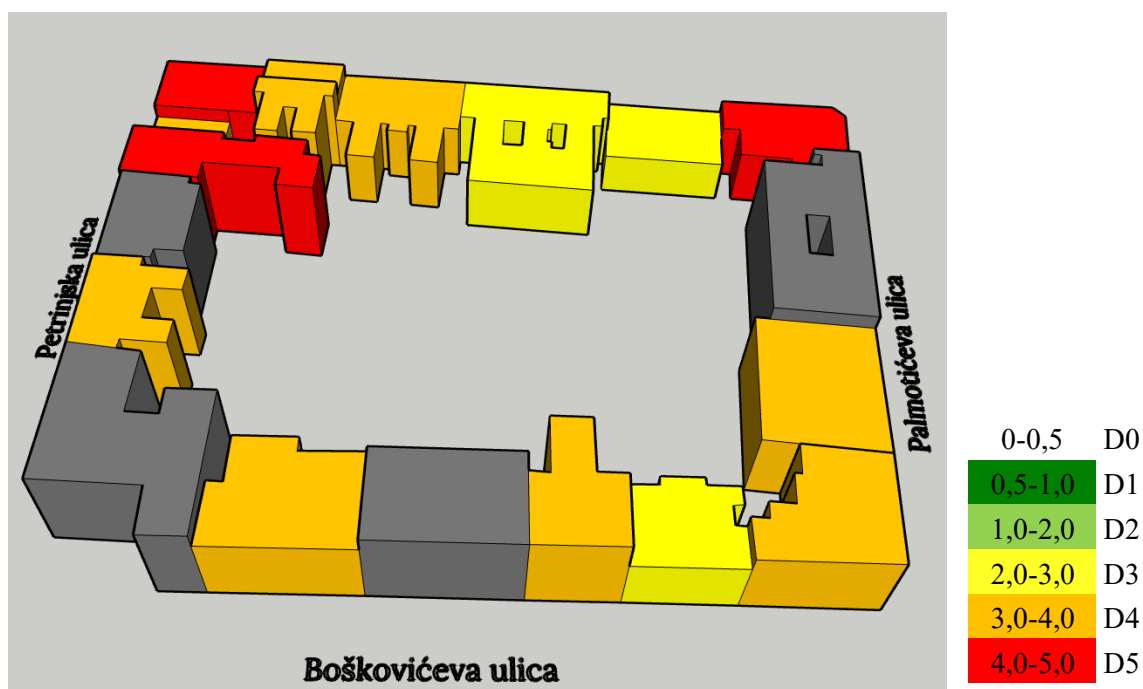




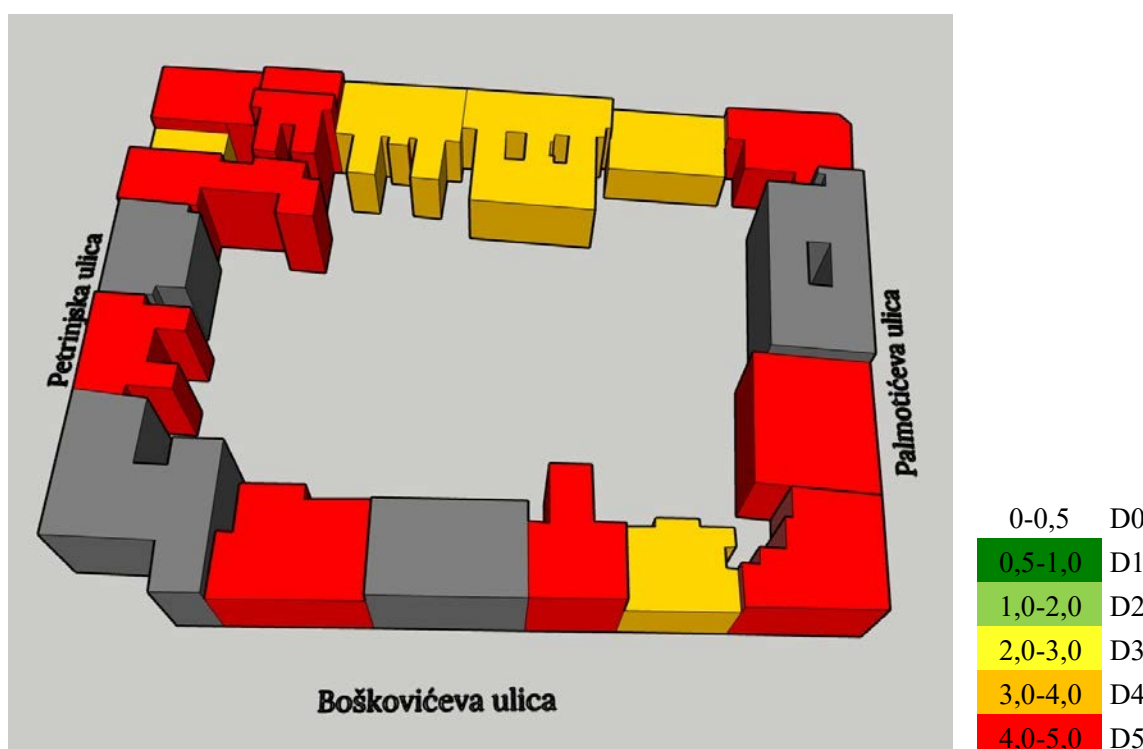
Slika 58: Prikaz zgrada unutar bloka prema godini izgradnje



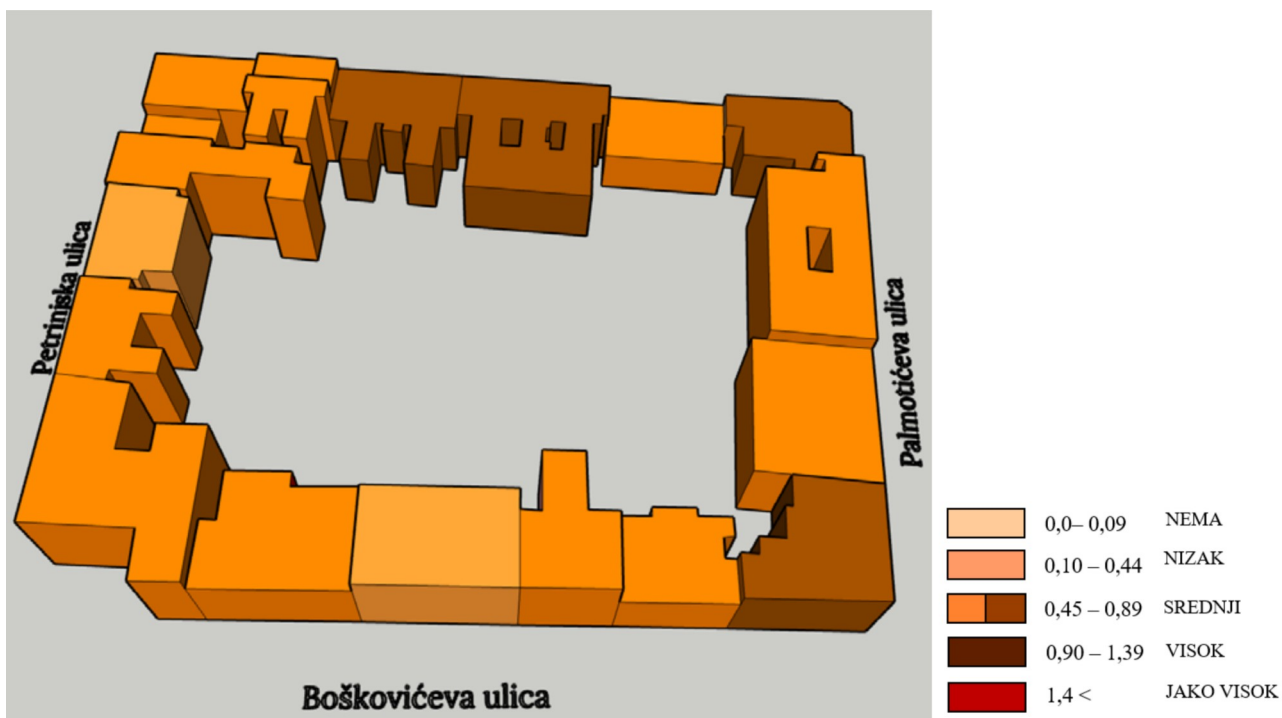
Slika 59: Prikaz zgrada unutar bloka prema materijalu od kojih su izgrađene



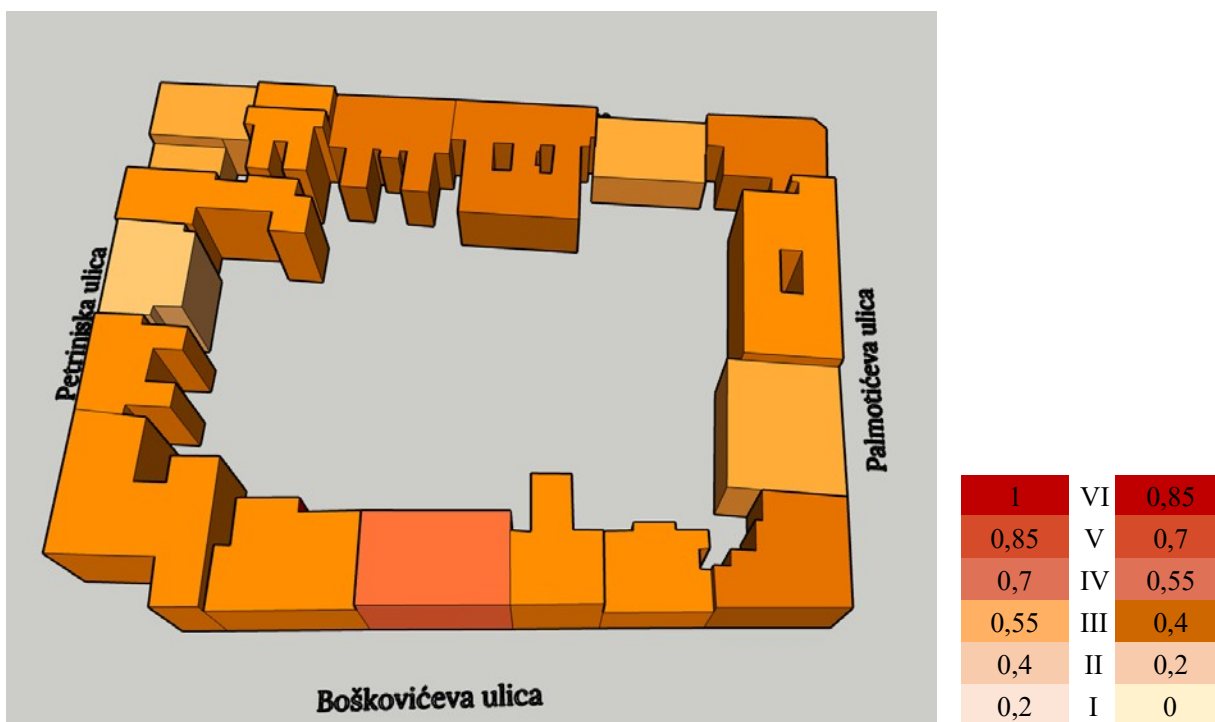
Slika 60: Rezultati makroseizmičke metode – Razred oštećenja za potres intenziteta VII prema EMS-98 ljestvici (kakav je bio i potres u Zagrebu)



Slika 61: Rezultati makroseizmičke metode – Razred oštećenja za potres intenziteta VIII prema EMS-98 ljestvici (kakav je bio potres u Petrinji)



Slika 62: Rezultati Adriseizmičke metode – Indeks seizmičkog rizika



Slika 63: Rezultati Adriseizmičke metode – Indeks odgovora konstrukcije

## 4. ZAKLJUČAK

Budući da se Hrvatska nalazi na seizmički aktivnom tlu, velikom broj zgrada koje predstavljaju kulturnu baštinu i čine identitet države istekao je vijek trajanja, što podrazumijeva da nisu građene prema seizmičkim propisima, od iznimne je važnosti procijeniti seizmički rizik koji podrazumijeva seizmički hazard, izloženost fonda građevina i fizičku oštetljivost. Takvim informacijama dolazi se do spoznaja o oštećenjima koja se mogu očekivati prilikom potresa određenog intenziteta koja prevencijom neposredno spašavaju živote i gospodarstvo države.

U ovom radu za procjenu potresne oštetljivosti 18 zgrada unutar bloka u Donjem gradu Zagreba koristile su se dvije metode: makroseizmička i Adriseizmička metoda. Vrijedi napomenuti da se procjene temelje na pretpostavkama koje je poprilično teško potvrditi zbog nedostupnosti informacija o godini gradnje, arhivskih nacрта, privatnosti posjeda te se zbog toga poseže za informacijama o sličnim zgradama u sličnim uvjetima čije ulazne parametre posjedujemo. Zgrade unutar bloka pretežno su građene do 1945. godine, bez poštivanja seizmičkih normi. Karakterizira ih neomeđeno nearmirano ziđe, drvene međukatne konstrukcije i krovništa, pretežno nepravilni tlocrti, većina nosivih zidova paralelna s ulicom i loše neodržavano stanje samih zgrada. Unutar bloka nalaze se i četiri armiranobetonske zgrade koje unose konstrukcijsku i tipološku heterogenost unutar bloka. Sve to rezultiralo je time da prema makroseizmičkoj metodi za intenzitet potresa VII prema EMS-98 većina zgrada (njih 8 od 14) bude u razredu D4 koji podrazumijeva ozbiljna oštećenja međukatnih i krovni konstrukcija, nekoliko ih (3 od 14) u D3 razred koji podrazumijeva oštećenja zabatnih zidova i dimnjaka i značajna konstruktivna i teška nekonstruktivna oštećenja, dok su zgrade na kutovima bloka završile u D5 razredu otkazivaja konstrukcije. Na slici 57. na kojoj su prikazane sve krivulje ranjivosti na jednom grafu vidimo kako zgrada na adresi Đorđićeva ul. 10 ima najmanju vjerojatnost prekoračenja određene razine oštećenja ovisno o vršnom ubrzanju tla, dok zgrada na adresi Petrinjska ul.

29 ima najveću. Najveće razlike u zgradama su te što zgrada u Petrinjskoj ima vrlo nepravilan tlocrt, nalazi se pored armiranobetonske zgrade iste visine i ima puno više otvora od susjedne niže građevine, dok je u Đorđičevoj vrlo pravilnog i kompaktnog tlocrta, nalazi se pored zgrada istog materijala i sličnog postotka otvora koje su veće od nje. U preliminarnim pregledima zgrada, AB zgrade nisu bile oštećene, dok su sve ostale zgrade dobile zelenu ili žutu naljepnicu, odnosno većina zgrada je bila oštećenja razine 2 po EMS-u. Tri zgrade imale su oštećenja 3 po EMS-u (zgrade na adresama Boškovićeve ul. 11/Palmotićeve ul. 34, Ul. Ignjata Đorđića 8, Petrinjska ul. 25). Analize u ovom radu pokazale su kako su „uglovnice“ podložnije oštećenjima te su i dvije navedene u analizama prikazane kao podložne oštećenjima.

S informacijama o konstrukcijskim karakteristikama, kvaliteti ziđa/armiranog betona, namjeni građevine, broju katova iznad tla i ostalim karakteristikama zgrade i područja, Adriseizmička metoda nam pokazuje kako zgrade unutar bloka imaju srednji seizmički rizik, dok je indeks odgovora konstrukcije pretežno III. Ova metoda ne uzima u obzir blokovsku gradnju, tj. utjecaj susjednih zgrada na ponašanje promatrane zgrade zbog čega su rezultati unutar bloka slični.

Iz svega navedenoga vidljivo je da su rezultati slični, s tim da makroseizmička metoda daje malo pesimističnije rezultate, s većim oštećenjima zgrada.

---

## POPIS LITERATURE

1. Grünthal G, Schwarz J. European Macroseismic Scale 1998 EMS-98 Editor.
2. Stepinac M, Lourenço PB, Atalić J, Kišiček T, Uroš M, Baniček M, et al. Damage classification of residential buildings in historical downtown after the ML5.5 earthquake in Zagreb, Croatia in 2020. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2021 Apr 1;56.
3. Moretić A, Stepinac M, Lourenço PB. Seismic upgrading of cultural heritage – A case study using an educational building in Croatia from the historicism style. *Case Studies in Construction Materials*. 2022 Dec 1;17:e01183.
4. Marino M, Stepinac M, Skokandić D, Ožić K, Zidar M, Vajdić M. Condition assessment and seismic upgrading strategy of RC structures—a case study of a public institution in Croatia. *mdpi.com* [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 12]; Available from: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/9/1489>
5. Stepinac M, Kisicek T, Renić T, Hafner I, Bedon C. Methods for the assessment of critical properties in existing masonry structures under seismic loads—the ARES project. *mdpi.com* [Internet]. 2020 [cited 2024 Mar 13]; Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/5/1576>
6. Hafner I, Lazarević D, Kišiček T, Stepinac M. Post-Earthquake assessment of a historical masonry building after the Zagreb earthquake—case study. *mdpi.com* [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 16]; Available from: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/3/323>
7. Perković N, Stepinac M, Rajčić V, Barbalić J. Assessment of timber roof structures before and after earthquakes. *mdpi.com* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 16]; Available from: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/11/528>
8. Bhattacharya S, Nayak S, Dutta SC. A critical review of retrofitting methods for unreinforced masonry structures. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2014 Mar;7:51–67.
9. Galić J, Vuković D, Galić H, Stepinac L. Tehnike popravka i pojačanja zidanih zgrada. 2020;
10. Vlada Republike Hrvatske. CROATIA EARTHQUAKE Rapid Damage and Needs Assessment. 2020.
11. Lulić L, Ožić K, Kišiček T, Hafner I, Stepinac M. Post-earthquake damage assessment—case study of the educational building after the Zagreb earthquake. *mdpi.com* [Internet]. 2021 [cited 2024 Apr 20]; Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/6353>

12. Vlada Republike Hrvatske. CROATIA DECEMBER 2020 EARTHQUAKE Rapid Damage and Needs Assessment. 2021.
13. Stepinac M, Rajčić V, Barbalić J. Pregled i ocjena stanja postojećih drvenih konstrukcija. *Gradjevinar*. 2017;69(9):861–73.
14. Stepinac M, Gašparović M. A review of emerging technologies for an assessment of safety and seismic vulnerability and damage detection of existing masonry structures. Vol. 10, *Applied Sciences (Switzerland)*. MDPI AG; 2020.
15. Moretić A, Stepinac M. Vulnerability assessment of building aggregates – macroseismic and analytical approach. In *Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb*; 2023.
16. Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004+AC:2009).
17. Čaušević M, Zehenter E. Nelinearni seizmički proračun konstrukcija prema normi EN1998-1:2004. 2007.
18. Atalić J, Novak MŠ, Uroš M. Seismic risk for Croatia: Overview of research activities and present assessments with guidelines for the future. Vol. 71, *Gradjevinar*. Union of Croatian Civil Engineers and Technicians; 2019. p. 923–47.
19. Salaman A, Stepinac M, Matorić I, Klasić M. Post-earthquake condition assessment and seismic upgrading strategies for a heritage-protected school in Petrinja, Croatia. *mdpi.com* [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 12]; Available from: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/12/2263>
20. Predari G, Stefanini L, Marinković M, Stepinac M, Brzev S. Adriseismic Methodology for Expeditious Seismic Assessment of Unreinforced Masonry Buildings. *Buildings*. 2023 Feb 1;13(2).
21. Moretić A, Chieffo N, Stepinac M, Lourenço PB. Vulnerability assessment of historical building aggregates in Zagreb: implementation of a macroseismic approach. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2023 Mar 1;21(4):2045–65.
22. Chieffo N, Formisano A. Induced seismic-site effects on the vulnerability assessment of a historical centre in the molise Region of Italy: Analysis method and real behaviour calibration based on 2002 earthquake. *Geosciences (Switzerland)*. 2020 Jan 1;10(1).
23. Lagomarsino S. On the vulnerability assessment of monumental buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2006 Nov;4(4):445–63.

24. Stepinac M, Ožić K, Ninčević A, Funari MF, Lourenço PB. A digital tool based on code indicators to assess the seismic behaviour of existing masonry structures: Application to Croatian residential buildings. Structures. 2023 Dec 1;58.



## POPIS SLIKA

<b>Slika 1:</b> Karta intenziteta potresa u Zagrebu i Petrinji 2020. godine prema EMS-98 (3) .....	2
<b>Slika 2:</b> Prikaz tipičnog ziđa zgrada u centru Zagreba (2) .....	3
<b>Slika 3:</b> Prikaz tipične zgrade za stanovanje (2) .....	4
<b>Slika 4:</b> Prikaz gradskih blokova u centru Zagreba (2) .....	5
<b>Slika 5:</b> Ubrzanje tla za Zagreb za povratni period od 475 godina (2) .....	6
<b>Slika 6:</b> Mehanizmi otkazivanja ziđa u ravnini (8) .....	6
<b>Slika 7:</b> Mehanizmi otkazivanja ziđa van ravnine (9) .....	7
<b>Slika 8:</b> Lokalna oštećenja zabatnih zidova u nivou krovišta (9) .....	8
<b>Slika 9:</b> Lokalna oštećenja dimnjaka, konzolnih elemenata, ornamenata (9) .....	8
<b>Slika 10:</b> Primjer vanjskih i unutarnjih oštećenja u Petrinji (izvor: autor) .....	9
<b>Slika 11:</b> Primjer vanjskih i unutarnjih oštećenja u Zagrebu (2) .....	10
<b>Slika 12:</b> Naljepnice koje označavaju uporabljivost građevina nakon potresa (11) .....	11
<b>Slika 13:</b> Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. ....	11
<b>Slika 14:</b> Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Gradu Zagrebu .....	12
<b>Slika 15:</b> Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Zagrebačkoj županiji .....	13
<b>Slika 16:</b> Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 22. ožujka 2020. u Krapinsko-zagorskoj županiji .....	13
<b>Slika 17:</b> Broj oštećenih zgrada ovisno o vlasništvu prilikom potresa 29. prosinca 2020. .	14
<b>Slika 18:</b> Koraci procjene stanja postojećih konstrukcija .....	16
<b>Slika 19:</b> 3D model konstrukcije .....	18
<b>Slika 20:</b> Koraci metode postupnog guranja (pushover analysis) .....	20
<b>Slika 21:</b> Grafički postupak za određivanje zahtjeva elastičnog i neelastičnog pomaka (17) .....	21
<b>Slika 22:</b> Glavne faze Adriseizmičke metodologije .....	24
<b>Slika 23:</b> Raspodjela nosivih elemenata .....	28
<b>Slika 24:</b> Pravilnost tlocrta .....	28
<b>Slika 25:</b> Raspodjela mase po visini .....	29
<b>Slika 26:</b> Prisutnost susjednih jedinica različite visine .....	30
<b>Slika 27:</b> Pozicija jedinice u nizu građevina .....	30
<b>Slika 28:</b> Postotak razlike ploština otvora između susjednih fasada .....	31
<b>Slika 29:</b> Krivulja ranjivosti .....	32

<b>Slika 30:</b> Arhivski presjek zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9 .....	33
<b>Slika 31:</b> Arhivski tlocrt katakterističnog kata zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9 .....	34
<b>Slika 32:</b> Raspodjela nosivih zidova u x (zeleno boja) i y (plava boja) smjeru na karakterističnom katu zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9 .....	35
<b>Slika 33:</b> Blok zgrada koji je tema diplomskog rada gdje se pretpostavlja da je x os paralelna s ulicom .....	36
<b>Slika 34:</b> Pravilnost tlocrta zgrade na adresi Đorđićeva ul. 9 .....	37
<b>Slika 35:</b> Zone zaštićene kulturne baštine grada Zagreba (zona A i zona B). U području označenom isprekidanom linijom nalazi se promatrani blok zgrada. ....	38
<b>Slika 36:</b> Promatrani blok zgrada .....	39
<b>Slika 37:</b> Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 11/Palmotićeve ul. 34 .....	40
<b>Slika 38:</b> Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ulice 32 .....	43
<b>Slika 39:</b> Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ulice 30 .....	46
<b>Slika 40:</b> Zgrada unutar bloka, Palmotićeve ul. 28/ Ul. Ignjata Đorđića 12 .....	48
<b>Slika 41:</b> Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 10 .....	51
<b>Slika 42:</b> Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 8A .....	54
<b>Slika 43:</b> Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 8 .....	57
<b>Slika 44:</b> Zgrada unutar bloka, Ul. Ignjata Đorđića 6 .....	60
<b>Slika 45:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 25 .....	63
<b>Slika 46:</b> Zgrada na adresi Petrinjska ul. 25 nakon potresa je srušena zbog velikih oštećenja .....	64
<b>Slika 47:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 27 .....	67
<b>Slika 48:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 29 .....	70
<b>Slika 49:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 31 .....	73
<b>Slika 50:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ulica 33 .....	75
<b>Slika 51:</b> Zgrada unutar bloka, Petrinjska ul. 35/Boškovićeve ul. 5 .....	78
<b>Slika 52:</b> Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7 .....	80
<b>Slika 53:</b> Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7A .....	83
<b>Slika 54:</b> Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 7B .....	85
<b>Slika 55:</b> Zgrada unutar bloka, Boškovićeve ul. 9 .....	88
<b>Slika 56:</b> Prikaz bloka zgrada prema pravilnosti tlocrta uz izračunati koeficijent oblika $\beta\beta_{1,2}$ (po bojama 5. stupca tablice 41) .....	92
<b>Slika 57:</b> Krivulje oštetljivosti zgrada unutar bloka .....	93
<b>Slika 58:</b> Prikaz zgrada unutar bloka prema godini izgradnje .....	94
<b>Slika 59:</b> Prikaz zgrada unutar bloka prema materijalu od kojih su izgrađene .....	94

<b>Slika 60:</b> Rezultati makroseizmičke metode – Razred oštećenja za potres intenziteta VII prema EMS-98 ljestvici (kakav je bio i potres u Zagrebu) .....	95
<b>Slika 61:</b> Rezultati makroseizmičke metode – Razred oštećenja za potres intenziteta VIII prema EMS-98 ljestvici (kakav je bio potres u Petrinji).....	95
<b>Slika 62:</b> Rezultati Adriseizmičke metode – Indeks seizmičkog rizika.....	96
<b>Slika 63:</b> Rezultati Adriseizmičke metode – Indeks odgovora konstrukcije .....	96

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1:</b> Seizmički proračuni konstrukcija prema EN1998 .....	18
<b>Tablica 2:</b> Razine oštećenja (16) .....	19
<b>Tablica 3:</b> Ulazni paramateri: glavne vrijednosti (20) .....	24
<b>Tablica 4:</b> Indeks odgovora konstrukcije: kategorije i vrijednosti .....	25
<b>Tablica 5:</b> Kategorije i vrijednosti seizmičke oštetljivosti i posljedično seizmičkog rizika ....	26
<b>Tablica 6:</b> Obrazac za procjenu ranjivosti građevina (21).....	27
<b>Tablica 7:</b> Europska mekroseizmička tablica (EMS-98) .....	31
<b>Tablica 8:</b> Raspodjela površina nosivih zidova u x i y smjeru zgrade na adresi Đorđićeva ul.9 .....	35
<b>Tablica 9:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 11/Palmotićeua ul. 34 .....	41
<b>Tablica 10:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeua ul. 11/Palmotićeua ul. 34 .....	42
<b>Tablica 11:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Palmotićeua ul. 32 .....	44
<b>Tablica 12:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeua ul. 32 .....	45
<b>Tablica 13:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeua ul. 30 .....	47
<b>Tablica 14:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Palmotićeua ul. 28/Ul. Ignjata Đorđića 12 .....	49
<b>Tablica 15:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Palmotićeua ul. 28/Ul. Ignjata Đorđića 12 .....	50
<b>Tablica 16:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 10 .....	52
<b>Tablica 17:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 10 .....	53
<b>Tablica 18:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8A .....	55
<b>Tablica 19:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8A .....	56
<b>Tablica 20:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8 .....	58
<b>Tablica 21:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 8 .....	59
<b>Tablica 22:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 6 .....	61
<b>Tablica 23:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Ul. Ignjata Đorđića 6 .....	62
<b>Tablica 24:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 25 .....	65
<b>Tablica 25:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 25 .....	66
<b>Tablica 26:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 27 .....	68
<b>Tablica 27:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 27 .....	69

---

<b>Tablica 28:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 29 .....	71
<b>Tablica 29:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 29 .....	72
<b>Tablica 30:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 31 .....	74
<b>Tablica 31:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 33 .....	76
<b>Tablica 32:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 33 .....	77
<b>Tablica 33:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Petrinjska ul. 35/Boškovićeve ul. 5 .....	79
<b>Tablica 34:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7 .....	81
<b>Tablica 35:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7 .....	82
<b>Tablica 36:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7A .....	84
<b>Tablica 37:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7B .....	86
<b>Tablica 38:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 7B .....	87
<b>Tablica 39:</b> Rezultati makroseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 9 .....	89
<b>Tablica 40:</b> Rezultati Adriseizmičke metode za zgradu Boškovićeve ul. 9 .....	90
<b>Tablica 41:</b> Rekapitulacija odabranih parametara za makroseizmičku metodu .....	91
<b>Tablica 42:</b> Razredi makroseizmičke metode za pravilnost tlocrta .....	92