

# Obnova, popravak i održavanje temelja i temeljne konstrukcije stambene zgrade oštećene potresom

---

Fištrek, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:021366>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)

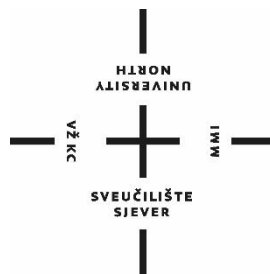


zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br.10/GRD/2020

**OBNOVA, POPRAVAK I ODRŽAVANJE**  
**TEMELJA I TEMELJNE KONSTRUKCIJE**  
**STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE POTRESOM**

Tomislav Fištrek

Varaždin, rujan 2020.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij GRADITELJSTVO**



DIPLOMSKI RAD br.10/GRD/2020

**OBNOVA, POPRAVAK I ODRŽAVANJE**  
**TEMELJA I TEMELJNE KONSTRUKCIJE**  
**STAMBENE ZGRADE OŠTEĆENE POTRESOM**

Student:

Tomislav Fištrek, 0821/336D.

Mentor:

doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2020.



# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Tomislav FIŠTREK

MATIČNI BROJ 0821/336D

DATUM 22.09.2020.

KOLEGIJ Revitalizacije, konzervacije i restauracije građevina

NASLOV RADA Obnova, popravak i održavanje temelja i temeljne konstrukcije stambene zgrade  
oštećene potresom.

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Renovation, repair and maintenance of the foundation and foundation structure of  
of a residential building damaged by earthquake

MENTOR dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

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

VŽKC

MNI

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 010/GRD/2020

OPIS

U diplomskom radu je potrebno izraditi projekt održavanja i popravka podrumске konstrukcije stambene zgrade koja je oštećena potresom u Zagrebu. Potrebno je izraditi proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti sa dokazom nosivosti na potres koji će popravak konstrukcije omogućiti. Potrebno je nacrtati nacрте postojećeg stanja te stanja nakon popravka i obnove konstrukcije podruma. Prostor podruma potrebno je prenamjeniti za život ljudi te na taj način projektirati obnovu. Projekt i proračun obnove mora sadržavati sve zakonske regule i normative koji vrijede u današnjoj zakonskoj građevinskoj regulativi.

Diplomski rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.

ZADATAK URUČEN

30.10.2020.



## **Predgovor**

*Zahvaljujem svim profesorima i djelatnicima Sveučilišta Sjever na stečenom znanju, pomoći i savjetima.*

*Posebno zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Matiji Oreškoviću na usmjeravanju, vodstvu, strpljenju te pomoći, kao i na razumijevanju i susretljivosti tijekom procesa nastanka ovog rada.*

*Iznimno zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju koji su mi uvelike pomogli kroz svo vrijeme studiranja.*

*Tomislav Fištrek*

## **Sažetak**

U ovom diplomskom radu izrađen je projekt održavanja i popravka podrumske konstrukcije stambene zgrade koja je oštećena potresom u Zagrebu. Izrađen je proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti sa dokazom nosivosti na potres koji će uvelike omogućiti popravak same konstrukcije. Izrađeni nacrti postojećeg prikazuju postojeće stanje, te stanja nakon popravka i obnove konstrukcije podruma. Prostor podruma potrebno je prenamjeniti za život ljudi te na taj način projektirana je obnova. Projekt i proračun obnove sadržava sve zakonske regulative i normative.

**Ključne riječi:** potres, potresna oštećenja, sanacija, temelji, nosiva konstrukcija, djelovanja na konstrukciju, mehanička otpornost i stabilnost.



## **Summary**

In this master work, was prepared a project for the maintenance and repair of basement structures of residential buildings damaged by the earthquake in Zagreb. A calculation of mechanical resistances and stability has been made with evidence of earthquake bearing capacity which will greatly enable the repair of the same structures. The made drawings of the existing one show the existing condition, the condition after the repair and renewal of the basement construction. The basement space needs to be repurposed for human life, and in this way the renovation is designed. The project and the reconstruction budget contain all legal regulations and norms.

**Keywords:** earthquake, seismic damage, remediation, foundations, load-bearing structure, actions on the structure, mechanical resistance and stability.

## Popis korištenih kratica

$A$	ploština
$C$	konstanta
$E$	modul elastičnosti
$F$	sila
$G$	stalno djelovanje
$I$	moment tromosti
$M$	moment (općenito)
$N$	uzdužna sila
$P$	sila prednapinjanja
$Q$	promjenjivo djelovanje
$S$	unutarnje sile, sile i momenti
$V$	poprečna sila
$\sigma$	naprezanje
$T_p$	povratno razdoblje
$Q_1$	Pleistocen: kopneni prapor. Pleistocene: continental loess
Pl,Q	Srednji i gornji pliocen - donji pleistocen i sladkovodni sedimenti (klastiti).
Pl <sub>1</sub>	Pont: Braktični sedimenti (klastiti)
$v_{s,30}$	srednja vrijednost brzine
L	poprečni površinski valovi
$N_{spt}$	standardni penetracijski test (broj udaraca)
$C_u$	posmična čvrstoća tla
$F_H$	horizontalna komponenta sile
$F_V$	vertikalna komponenta sile

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Opći dio.....	3
2.1.	Identifikacija nekretnine .....	3
2.2.	Prostorno planska dokumentacija .....	4
2.3.	Opis makrolokacije .....	5
2.4.	Uvjeti održavanja konstrukcije građevine.....	6
3.	Tehnički dio .....	11
3.1.	Lokacija i snimak postojećeg stanja.....	11
3.2.	Potres u Zagrebu 22.03.2020. ....	14
3.3.	Seizmičke karakteristike obuhvaćenog područja .....	16
3.4.	Geografski pregled.....	19
3.5.	Prikaz oštećenja konstrukcije građevine .....	21
3.6.	Postojeća dokumentacija i arhivska građa .....	28
3.7.	Tehnički opis potresne sanacije .....	30
3.8.	Prijedlozi i načini sanacije temelja, nosivih konstruktivnih dijelova i nenasivih konstruktivnih dijelova zgrade .....	31
4.	Statički proračun .....	35
4.1.	Opterećenja i elementi .....	35
4.2.	Potresno opterećenje .....	37
4.3.	HEA nosači stropa .....	41
4.4.	Zidana konstrukcija podruma.....	44
5.	Zaključak.....	52
6.	Literatura .....	54



# 1. Uvod

Prirodne katastrofe nastaju djelovanjem prirodnih sila, a manifestiraju se kao nastajanje potresa, požara (uključujući i šumske požare), poplava suša, snježna lavina, olujnog nevremena, odrona i klizanja tla, orkanskih vjetrova, vulkanskih erupcija i dr. [8]. Štete od potresa nastaju kao direktna posljedica dinamičkog odgovora konstrukcije na kretanje tla. Pojave koje prate potres su: požari, slijeganje terena, klizanje tla, likvefakcija pjeskovitog tla, lavine, poplave, visoki valovi.

U razvijenim državama je stupanj zaštite od potresa veći, a to se ogleda kroz dosljednu primjenu tehničkih potresa za projektiranje i građenje objekata u seizmički aktivnim područjima. Treba projektirati konstrukcije koje su sposobne podnijeti bez rušenja potrese koji se mogu očekivati u toku životnog vijeka građevine.

Potres, jedna od prirodnih katastrofa, je iznenadna i kratkotrajna vibracija tla uzrokovana urušavanjem stijena (urušni potres), magmatskom aktivnošću (vulkanski potres) ili tektonskim poremećajima (tektonski potres) u litosferi i dijelom u Zemljinu plaštu. Proučavanjem potresa bavi se seizmologija, grana geofizike. Mjesto nastanka potresa u dubini Zemlje naziva se hipocentar ili žarište potresa. Ono može biti neposredno ispod površine pa sve do dubine od 750 km (potres s dubljim žarištem do sada nije zabilježen). Ako je hipocentar u dubini do 70 km, potres je plitak, srednje duboki hipocentar nalazi se između 70 i 300 km, a duboki hipocentar na više od 300 km ispod Zemljine površine. Potres je najjači u epicentru (mjesto na Zemljinoj površini neposredno iznad hipocentra) i u njegovoj najbližoj okolici (epicentralno područje). [9]

Potres se širi u takozvanim seizmičkim valovima, a njegovu jačinu mjerimo seizmometrom ili seizmografom. Prvi instrument za opažanje potresa napravio je kineski znanstvenik Zhang Heng još u 1. st. (oko 132. godine), dok je Talijan Luigi Palmieri 1885. godine konstruirao prvi elektromagnetski seizmometar. Potresi ispod dva stupnja nazivaju se mikro potresima, oni se ne osjećaju, a dogodi ih se oko osam tisuća po danu. Potresi između 2,0 i 2,9 stupnjeva kvalificiraju se kao manji potresi, oni se općenito ne osjete, ali seizmografi ih bilježe. Dogodi ih se oko tisuću po danu. Potresi između 3,0 i 3,9 stupnjeva također se kvalificiraju kao manji, oni se često osjete no rijetko uzrokuju štetu. Procjenjuje se da ih se dogodi 49 tisuća godišnje. Od 4,0 do 4,9 stupnjeva tresu "lagani potresi", a tad se osjeti drmanje pokućstva i čuje se zvuk trešnje. Značajnija oštećenja pri ovakvim potresima su rijetka, a procjenjuje se da ih se dogodi oko 6.200 svake godine. Potresi od 5,0 do 5,9 stupnjeva umjereni su potresi, oni uzrokuju štetu na slabijim građevinama, a dogodi ih se oko osam stotina godišnje. Slijede jaki potresi, od 6,0 do 6,9 stupnjeva, koji mogu izazvati štetu u naseljenim područjima i do 160 kilometara od epicentra. Takvih potresa bilježi se oko 120 godišnje. Od 7,0 do 7,9 stupnjeva tresu veliki potresi, koji uzrokuju ozbiljne štete na velikim područjima. Takvi se dogode u prosjeku 18 puta godišnje. Razarajući potresi, od 8,0 do 8,9

stupnjeva, mogu uzrokovati golemu štetu i po tisuću kilometara od epicentra. Takav potres događa se, u prosjeku, jednom godišnje. Od 9,0 do 9,9 stupnjeva imaju katastrofalni potresi, koji uništavaju većinu objekata u krugu od tisuću kilometara. Takav potres zabilježen je 1960. godine u Južnoj Americi, u Čileu. Bio je snažan 9,5 stupnjeva po Richterovoj ljestvici i osjetio se u cijeloj Južnoj Americi. Od deset stupnjeva na više imaju takozvani epski potresi. Takav potres nikad nije zabilježen [10].

U zagrebačkom i širem okolnom području potresi jakosti 5 i više po Richteru od ranije su poznati i nisu rijetke pojave, o čemu saznajemo iz arhivskih zapisa koji svjedoče o potresnoj aktivnosti u vremenu prije uspostave seizmoloških službi i instrumentalnog mjerenja seizmičke aktivnosti (u Zagrebu je seizmološku postaju uspostavio Mohorovičić 1905. godine).

Jačinu potresa koji su zabilježeni u predinstrumentalno vrijeme seizmolozi procjenjuju s obzirom na njihove učinke na ljude, građevine i zemljinu površinu, onako kako ih opisuju arhivski zapisi, pa stoga tako procijenjene magnitude potresa nisu jednako precizne kao one izračunate na temelju instrumentalnog mjerenja i analize seizmograma.

Bez obzira na to, ostaje činjenica da se potresi magnitude 5 i više po Richteru u zagrebačkom i širem okolnom području mogu očekivati i u budućnosti te da je stoga nužno kontinuirano, i s najvećom mogućom preciznošću, bilježiti njihove pojave, analizirati potencijalne aktivne rasjede radi procjene njihova seizmogenog potencijala, i dakako, što je i najvažnije, adekvatno birati lokacije građenja i graditi građevine koje mogu izdržati potrese čija jakost premašuje magnitude 6.5 po Richteru.

Prilikom potresa koji se dogodio 22. ožujka 2020. oštećena je predmetna građevina koje je ujedno i glavna tema ovog diplomskog rada. Izvršen je obilazak građevine - odnosno dijela stambene zgrade - podrum, pregled oštećenja i provedena je okvirna analiza potrebnih zahvata na istome. Postojeća konstrukcija je klasična stambena zgrada. Ukupna katnost građevine iznosi : podrum, prizemlje, 1. kat. Predmetna građevina nalazi se na adresi Ulica Nikole Škrleca 13/1, 10000 Zagreb, kč.br. 4868/1, ko. Centar. Građevina je izgrađena u dvorišnom dijelu. U sklopu akcije civilne zaštite Grada Zagreba uz akciju inženjera volontera, nakon potresa snage 5.5 prema Richteru koji se dogodio 22.3.2020., provedeni su brzi pregledi konstrukcija građevina u svrhu prvog pregleda narušene nosivosti i stabilnosti uz prve procjene rizika i potrebe iseljenja građevine za možebitni slučaj ponovljenog potresa. U nastavku ovog diplomskog rada biti će obrađena cjelokupna predmetna građevina, kao i načini sanacije.





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

## 2.2. Prostorno planska dokumentacija

KATASTARSKA ČESTICA BR:	4868/1
KATASTARSKA OPĆINA:	CENTAR
ZEMLJIŠNA ČESTICA BR:	1954/2
KATASTARSKA OPĆINA:	GRAD ZAGREB

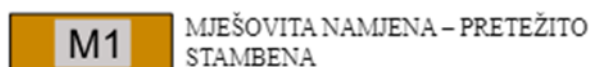
Prema Generalnom urbanističkom planu grada Zagreba (16/07, 8/09, 7/13, 9/16, 12/16-pročišćeni tekst), predmetna katastarska čestica nalazi se unutar građevinskog dijela naselja mješovite namjene - pretežito stambena označeno oznakom M1 (slika 2.3).





Slika 2.3. Prikaz mikrolokacije prema namjeni u GUP-u Grada Zagreba

(Izvor: <https://geoportal.zagreb.hr/Karta?tk=2>)



Osnovna literatura za naredna pod poglavlja su elaborati ocjena postojećeg stanja konstrukcije zgrada pogođene potresom na zagrebačkom području, pisani u razdoblju od travnja-rujna 2020. autora doc.dr.sc. Matije Oreškovića.

### 2.3. Opis makrolokacije

Grad Zagreb je samostalna, jedinstvena teritorijalno-upravna jedinica sa statusom županije. Grad Zagreb graniči s dvije županije: Zagrebačkom i Krapinsko-zagorskom. Na granicu sa Zagrebačkom otpada oko sedam osmina, a s Krapinsko-zagorskom županijom oko jedne osmine administrativne granice. Crta razgraničenja Krapinsko-zagorske županije i Grada Zagreba proteže se hrptom Medvednice na sjevernom rubu područja Grada, dok Zagrebačka županija okružuje Grad Zagreb s istočne, južne i zapadne strane. Grad Zagreb smješten je u kontaktnoj zoni aluvijalne nizine rijeke Save i brdskog masiva Zagrebačke gore (Medvednice). [6]

Područje Grada reljefno je raznoliko. Od sjevera prema jugu masiv Medvednice razmjerno se brzo spušta u savsku dolinu, koja se proteže sve do pobrđa Vukomeričkih gorica na krajnjem jugu

područja Grada. Posavečka šuma nalazi se na 100 mnm, središnji dio grada Zagreba (Zrinjevac) nalazi se na 122 m nadmorske visine, Grič (Trg sv. Marka) na 158 m n.m., dok visina Sljemena, najvišeg vrha Medvednice iznosi 1.035 m n.m. Duljina Grada Zagreba iznosi cca 32 km, širina iznosi cca 39 km.

Prostor Grada Zagreba je izuzetno raznolik, a izdvajaju se prostrane vrijedne prirodne cjeline - park prirode Medvednica, južni obronci Medvednice, savska aluvijalna ravnica, brežuljci Vukomeričkih gorica. Šumovita i brdovita Medvednica u zaleđu je osigurala prostor za oblikovanje fortifikacija, a zatim i razvoj urbanih naselja. [6]

Područje Grada Zagreba izloženo je djelovanju potresa jer se nalazi u seizmički aktivnom području. Za po-vratni period od 500 godina izračunati intenziteti potresa kreću se u intervalu od 7.0 do 7.5 stupnjeva (jugo-zapadni dio grada), do 8,5-10 stupnjeva MCS ljestvice (sjeveroistočni dio grada). Grad Zagreb nalazi se u pojasu omeđenom s više seizmički aktivnih epicentralnih područja. Najznačajnije epicentralno područje, s obzirom na dosadašnje potrese intenziteta u epicentru 7°-10° MCS ljestvice te njihovu neposrednu blizinu Grada Zagreba je epicentralno područje Medvednice. Sjeverni a pogotovo sjeveroistočni dio Zagreba, tj. područje Markuševca, Remeta i Dubrave seizmički je jače aktivan u odnosu na zapadni i južni dio Grada. [6]

U povijesnim vrelima su zabilježena četiri razorna potresa koji su se dogodili na području Grada Zagreba. Povijest je najraniji zabilježila 26. ožujka 1502. kada se srušio toranj Sv. Marka, zatim slijedi 15. rujna 1590. kada je uslijed potresa srušen Medvedgrad, pa 11. veljače 1699. kad su ponovno srušeni toranj Sv. Marka i Medvedgrad, grad Kalnik, pavlinski samostan u Remetama itd. i konačno posljednji veliki potres 9. studenog 1880. godine koji se dogodio u 7 sati, 3 minute i 3 sekunde, te je bio magnitude 6,3 stupnjeva po Richteru, intenziteta 9 po MCS ljestvici a kojom prilikom su dvije osobe poginule, 29 je bilo teško ozlijeđenih, dok je oštećeno 3830 stambenih i gospodarskih objekata. Epicentar potresa je bio između Kraljeva Vrha, Zeline i Kašine. [6]

## **2.4. Uvjeti održavanja konstrukcije građevine**

Radnje u okviru održavanja konstrukcije treba provoditi prema odredbama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20) , uključivo dopuna propisa ( 2020 ) te u skladu s normama na koje upućuje navedeni propisi, te odgovarajućom primjenom odredaba važećih ostalih propisa.

Građevinska konstrukcija održava se na način da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i TPGK, te drugi temeljni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima. [6]

Građevinska konstrukcija koja je izvedena u skladu s ranije važećim propisima održava se na način da se tijekom trajanja građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom građevine i propisima u skladu s kojima je građevinska konstrukcija izvedena.

Uz odredbe dane prema TPGK, održavanje građevinskih konstrukcija mora se provoditi i sukladno odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje građevina.

Za održavanje građevinskih konstrukcija primjenjuju se pravila dana u hrvatskim normama iz Priloga II. TPGK, odnosno posebnim pravilima propisanim sa TPGK za pojedine vrste konstrukcija ili jednakovrijedna. Jednakovrijednim smatra se tehnička specifikacija koja postavlja jednake ili strože zahtjeve od onih danim normom na koju upućuje TPGK.

U projektu građevinske konstrukcije moraju biti navedene primijenjene datirane važeće norme.

*Pregledi građevinskih konstrukcija*

U okviru redovitog održavanja građevinske konstrukcije provode se redoviti pregledi, koji se obzirom na vremenske intervale provođenja pregleda i obim radnji provode kao:

1. osnovni pregledi

2. glavni pregledi

3. dopunski pregledi koji se provode za pojedine građevinske konstrukcije sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

Izvanredno održavanje građevinske konstrukcije provodi se poslije izvanrednih događaja, sukladno odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje građevina.

Osim za građevine koje se obzirom na zahtjevnost postupka u vezi s gradnjom prema odredbama Zakona o gradnji svrstavaju u građevine 1., 2. i 3. skupine, vlasnik je dužan i za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama iz članka 19. stavka 3. TPGK, izraditi plan i program održavanja koji određuje koje će se radnje redovitog održavanja provoditi u razdoblju od pet godina, uzimajući u obzir pripadne specifičnosti građevine

Za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama, vlasnik građevine mora voditi i čuvati dokumentaciju o održavanju u kontinuitetu rednih brojeva i datuma provedenih radnji, koja sadrži sve podatke o izvršenim pregledima i provedenim radovima, podatke o svojstvima građevnih proizvoda koji su ugrađeni u konstrukciju tijekom održavanja, radovima na ugradnji, izvješćima o ispitivanjima koja su provedena tijekom održavanja, osobama koje su provodile održavanje, projektima koji su izrađeni u svrhu održavanja građevine te ostaloj dokumentaciji kojom je tijekom održavanja građevinske konstrukcije bilo potrebno dokazati uporabljivost konstrukcije.

*Učestalost pregleda građevinskih konstrukcija*

Vremenski razmak između pojedinih redovitih pregleda građevinske konstrukcije ne smije biti duži od:

1. osnovni pregledi – 1 godina (odnosno kraće prema pravilima danim posebnim dijelovima ovog Propisa za pojedine vrste konstrukcija)

2. glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a 5 godina za mostove, tornjeve i druge inženjerske građevine

3. dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

#### *Sadržaj pregleda građevinskih konstrukcija*

Osnovni pregledi građevinskih konstrukcija, kojima je svrha utvrđivanje općeg stanja konstrukcije, moraju obuhvatiti uvid u raspoloživu dokumentaciju i vizualni pregled stanja glavnih elemenata konstrukcije koji su bitni za nosivost i otpornost na požar konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti u-grožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta.

Glavni pregledi građevinskih konstrukcija, kojima je svrha utvrđivanje stanja konstrukcije i materijala, oba-vezno moraju obuhvatiti kontrolu:

– temelja – pregled stanja dostupnih dijelova temelja, a za temelje u vodi i podvodni pregled te posrednu kontrolu putem provjere ispravnosti geometrije ostalih dijelova građevine

– stanja elemenata nosive konstrukcije – detaljan pregled obavezan je za elemente konstrukcije koji su bitni za nosivost konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta

– geometrije konstrukcije, koja je obavezna za sve one dijelove čija bi promjena oblika ili dimenzija u odnosu na izvorno izvedeno stanje mogla utjecati na sigurnost ili funkcionalnost građevine

– stanja ležajeva i oslonaca – pravilnost položaja, pritegnutost, čistoća, oštećenja i funkcionalnost

– stanja zaštite od korozije

– stanja otpornosti na požar (premazi, zaštitne obloge, zaštitni slojevi, i sl.)

– stanja sustava za odvodnju i drenažu

– stanja priključaka instalacija i opreme na elemente konstrukcije

– brtvljenja odnosno provjetravanja kod sandučastih elemenata

– stanja elemenata za osiguranje konstrukcije i ljudi, kao što su ograde, penjalice, leđnici, vodilice i

– ugrađene opreme za opažanje i mjerenje ponašanja građevinske konstrukcije (monitoring).

Kod provedbe osnovnih pregleda, ukoliko se utvrde nedostaci koji mogu imati utjecaja na ispunjavanje zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti te otpornosti na požar, potrebno je provesti dodatne kontrole i ispitivanja. [6]

Kod provedbe glavnih pregleda konstrukcije, utvrđivanje činjenica provodi se vizualnim pregledom, mjere-njima, ispitivanjima te uvidom u dokumentaciju građevine, uređaja i opreme (projektna dokumentacija, građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici, otpremnice, i sl.) te na drugi prikladan način.

Ako se pregledom utvrde nedostaci u tehničkim svojstvima građevinske konstrukcije, mora se provesti naknadno dokazivanje da građevinska konstrukcija u zatečenom stanju ispunjava minimalno zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je projektirana i izvedena.

U slučaju da se pokaže da zatečena tehnička svojstva građevinske konstrukcije ne zadovoljavaju zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je konstrukcija projektirana i izvedena, potrebno je provesti zahvate (po-pravci, sanacija, adaptacija, rekonstrukcija) kojima se tehnička svojstva građevinske konstrukcije dovode na razinu koja zadovoljava minimalno zahtjeve tih propisa i pravila, ili je ukloniti.

Za provedbu zahvata iz stavka 6. ovoga članka potrebno je izraditi odgovarajući projekt.

Popis normi za održavanje betonskih konstrukcija

-HRN ISO 4866 - Mehaničke vibracije i udari -- Vibracije građevina -- Smjernice za mjerenje vibracija i ocjenjivanje njihova utjecaja na građevine

-HRN EN 446 - Smjesa za injektiranje natega za prednapinjanje -- Postupci injektiranja

-HRN EN 1504-10 - Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija -- Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti -- 10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova

-HRN EN 13791 - Ocjena in-situ tlačne čvrstoće u konstrukcijama i predgotovljenim betonskim dijelovima

Održavanje čeličnih konstrukcija

Osim pravila za održavanje armiranobetonskih konstrukcija propisanih kod održavanja čeličnih konstrukcija obavezno je i pridržavanje i sljedećih pravila:

– vremenski razmak između osnovnih pregleda čeličnih konstrukcija s prednapetim zategama ne smije biti duži od 6 mjeseci

– kod konstrukcija s vlačnim elementima (izuzev vjetrovnih spregova) te kod zavarenih čeličnih konstrukcija izloženih temperaturama nižim od 0 °C, potrebno je provesti i dopunske preglede u roku 3 mjeseca nakon početka uporabe i nakon prve zime, u svrhu otkrivanja popuštanja vlačnih elemenata (zatega) ili naprslina zavara te kontrole deformacija konstrukcije

– kod glavnih pregleda čeličnih konstrukcija sa zatvorenim sandučastim elementima, obavezno treba kontrolirati brtvljenje ili provjetravanje unutrašnjosti elemenata.

Održavanje spregnutih konstrukcija

Primjenjuju se pravila dana za armiranobetonske i čelične konstrukcije.

Održavanje drvenih konstrukcija

Osim pravila za održavanje armiranobetonskih konstrukcija, koji su navedeni prethodno, kod održavanja drvenih konstrukcija obavezno je pridržavanje i dodatnih pravila :

Vremenski razmak osnovnih pregleda u svrhu održavanja drvene konstrukcije provodi se sukladno zahtjevima iz projekta drvene konstrukcije, ali ne rjeđe od:

– 6 mjeseci za dijelove zaštite drvene konstrukcije koji služe za odvodnju (oluci, i sl.), za kontrolu pritegnutosti zatega, čeličnih napinjalki u stabilizacijskim vezovima, kontrolu sile u kablovima za prednaprezanje te drvene konstrukcije zaštićene od požara (premazom, oblogom, i sl.)

– 1 godine za dijelove drvene konstrukcije koji su izloženi učestalim promjenama sadržaja vode, za dijelove drvene konstrukcije koji se nalaze u prostoru s otežanim strujanjem zraka.

Prilikom rekonstrukcije drvene konstrukcije, prethodna istraživanja moraju obavezno uključiti:

– vizualni pregled stanja glavnih elemenata drvene konstrukcije koji su bitni za nosivost konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, položaj i veličina pukotina, nastanak ili širenje biološke zaraze drva (gljivama i/ili insektima))

– utvrđivanje sadržaja vode

– utvrđivanje stanja sloja zaštitnog premaza elemenata drvene konstrukcije te

– drugih oštećenja bitnih za očuvanje mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine,

a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta.

- Održavanje zidanih konstrukcija
- Primjenjuju se pravila dana za armiranobetonske konstrukcije.
- Održavanje spregnutih konstrukcija
- Primjenjuju se pravila dana za armiranobetonske i čelične konstrukcije.
- Čuvanje dokumentacije održavanja

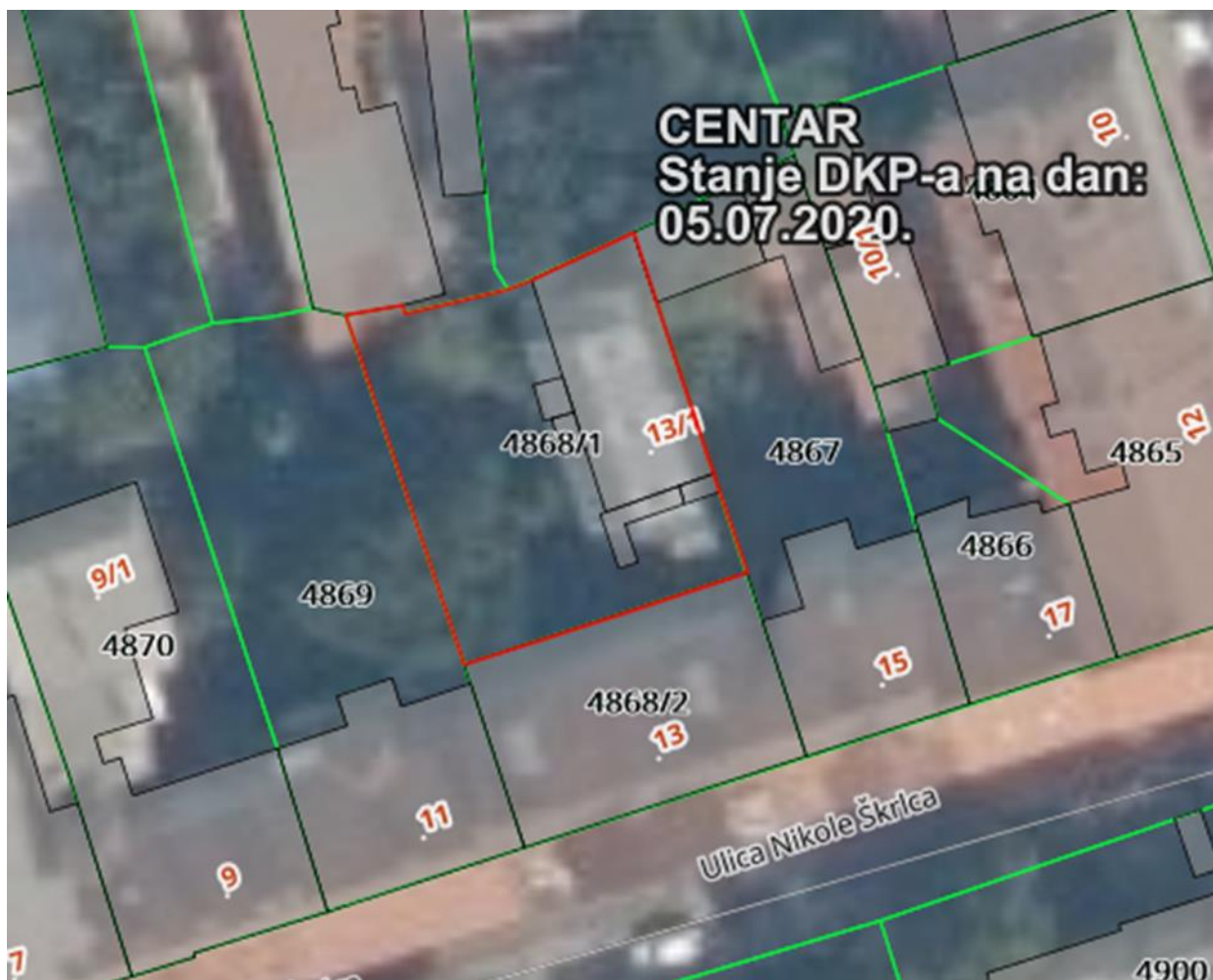
Dokumentaciju pregleda te dokumentaciju o održavanju konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Pregled konstrukcije zgrade moraju obavljati za to ovlaštene osobe ako se uoče da su bitna svojstva građevine narušena potrebno konstrukciju sanirati.

### 3. Tehnički dio

#### 3.1. Lokacija i snimak postojećeg stanja

Izvršen je obilazak građevine - odnosno dijela stambene zgrade - podrum, pregled oštećenja i provedena je okvirna analiza potrebnih zahvata na istome. U trenutku izrade ove dokumentacije Zakon o obnovi zgrada oštećenih u potresu nije donesen. Izrada projektne dokumentacije će se provesti sukladno već navedenoj zakonskoj regulativi (Pravilnik o održavanju i članak 23 Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije ).

Postojeća konstrukcija je klasična stambena zgrada. Ukupna katnost građevine iznosi : podrum, prizemlje, 1. kat. Predmetna građevina nalazi se na adresi Ulica Nikole Škrlica 13/1, 10000 Zagreb, kč.br. 4868/1, ko. Centar. Građevina je izgrađena u dvorišnom dijelu, vidljivo na kopiji katastarskog plana.



Slika 3.1. Lokacija građevine (Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)



## REPUBLIKA HRVATSKA

Općinski građanski sud u Zagrebu  
ZEMLJIŠNOKNJIŽNI ODJEL ZAGREB  
Stanje na dan: 05.07.2020. 22:45

Verificirani ZK uložak

Katastarska općina: 999901, GRAD ZAGREB

Broj ZK uložka: 25807

Broj zadnjeg dnevnika: Z-384/2011  
Aktivne plombe:

## IZVADAK IZ ZEMLJIŠNE KNJIGE

A  
Posjedovnica  
PRVI ODJELJAK

Rbr.	Broj zemljišta (kat. čestice)	Oznaka zemljišta	Površina			Primjedba
			jutro	čhv	m2	
1.	1954/2	DVORIŠNA STAMBENA ZGRADA I DVORIŠTE U ŠKRLČEVOJ ULICI BR. 13		102	369	
		UKUPNO:		102	369	

B  
Vlastovnica

Rbr.	Sadržaj upisa	Primjedba
4.	Suvlasnički dio: 5/51 PILJEK MARKO, KSAVER BR. 30, ZAGREB	
5.	Suvlasnički dio: 5/51 PILJEK IVAN, KSAVER BR. 30, ZAGREB	
6.	Suvlasnički dio: 1/51 STERLE TATIJANA, HRVATSKOG SOKOLA BR. 2, ZAGREB	
8.	Suvlasnički dio: 20/51 JEŽIĆ IVANA R. OBRUČA, KNEZA MISLAVA BR. 14, ZAGREB	
9.	Suvlasnički dio: 20/51 MATOC DANIJEL, OIB: 57802281407, IVANA GUNDULIĆA BR. 5, SISAK	

C  
Teretovnica

Rbr.	Sadržaj upisa	Iznos	Primjedba
Tereta nema!			

Potvrđuje se da ovaj izvadak odgovara stanju zemljišne knjige na datum 05.07.2020.

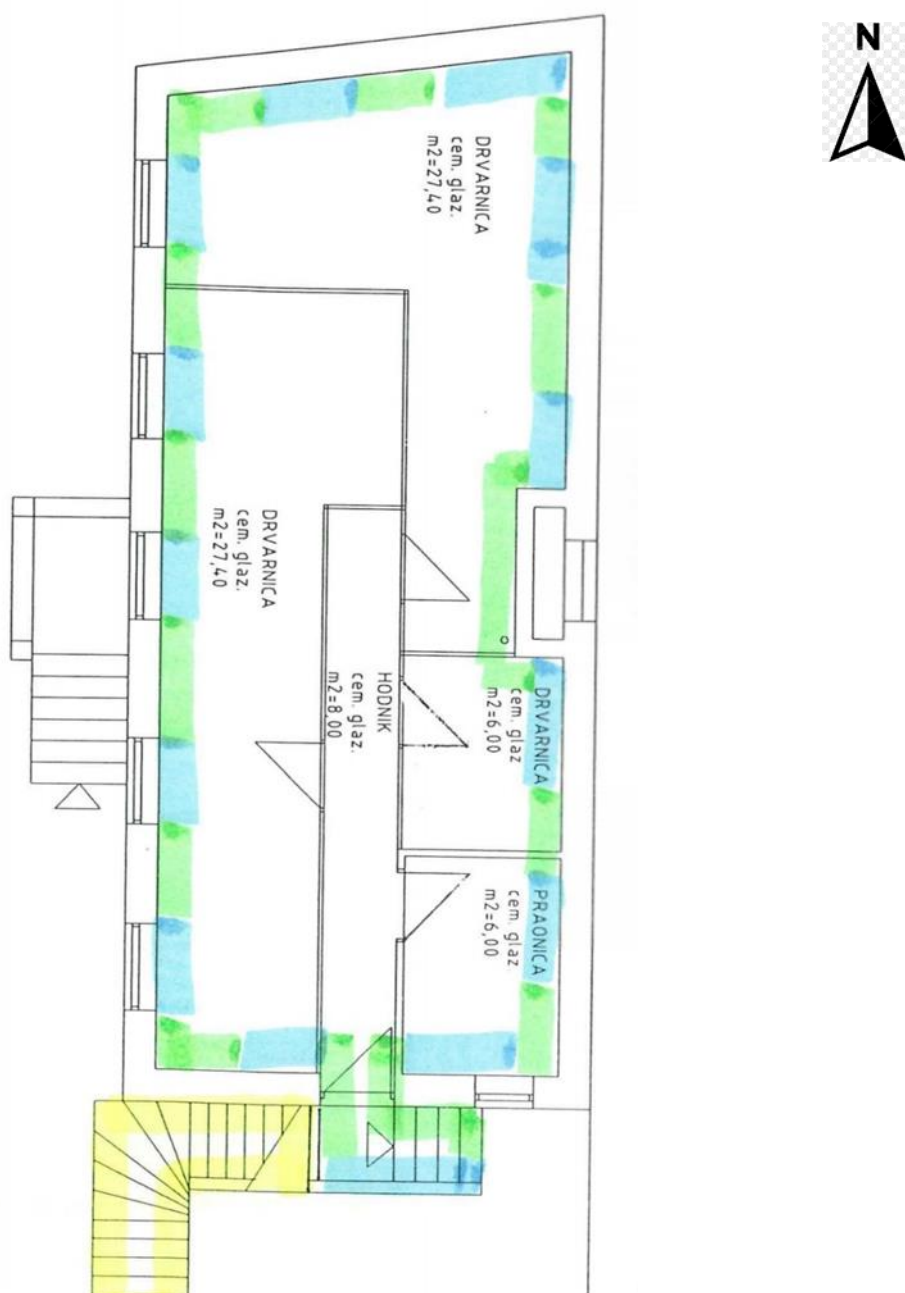


Građevina je smještena iznad katastarske čestice 4868/2, ko. Centar. Građevina je katnosti podrum, pri-zemlje, 1. kat. Ukupne tlocrtne vanjske mjere konstrukcije građevine su 15.20 x 6.50 m.

Prema dostupnim arhivskim nacrtima, nacrti građevine potječu iz 1927. godine. Konstrukcija je klasična iz tog perioda. Stropne konstrukcije podruma su drveni stropovi, odnosno drveni grednici. Vertikalnu nosivu konstrukciju čine zidani zidovi od opeke.

Od strane vlasnika građevine preuzeti su postojeći nacrti iz Gradskog arhiva koji predstavljaju tlocrtne prikaze etaža građevine, i nacrti koji su izrađeni vjerojatno u svrhu etažiranja. Na tim nacrtima su prikazane neto kvadrature prostorija .

Na slici 3.2. je prikazan tlocrt podruma na nižoj koti.



Slika 3.2. Tlocrt podruma

Kao što je vidljivo na tlocrtu vertikalnu nosivu konstrukciju čine masivni nosivi zidani zidovi od opeke debljine 45 cm. Na slici 3.3. je prikazan presjek kroz podrum.

### PRESJEK PODRUMA - POSTOJEĆE STANJE



Slika 3.3. Presjek podruma

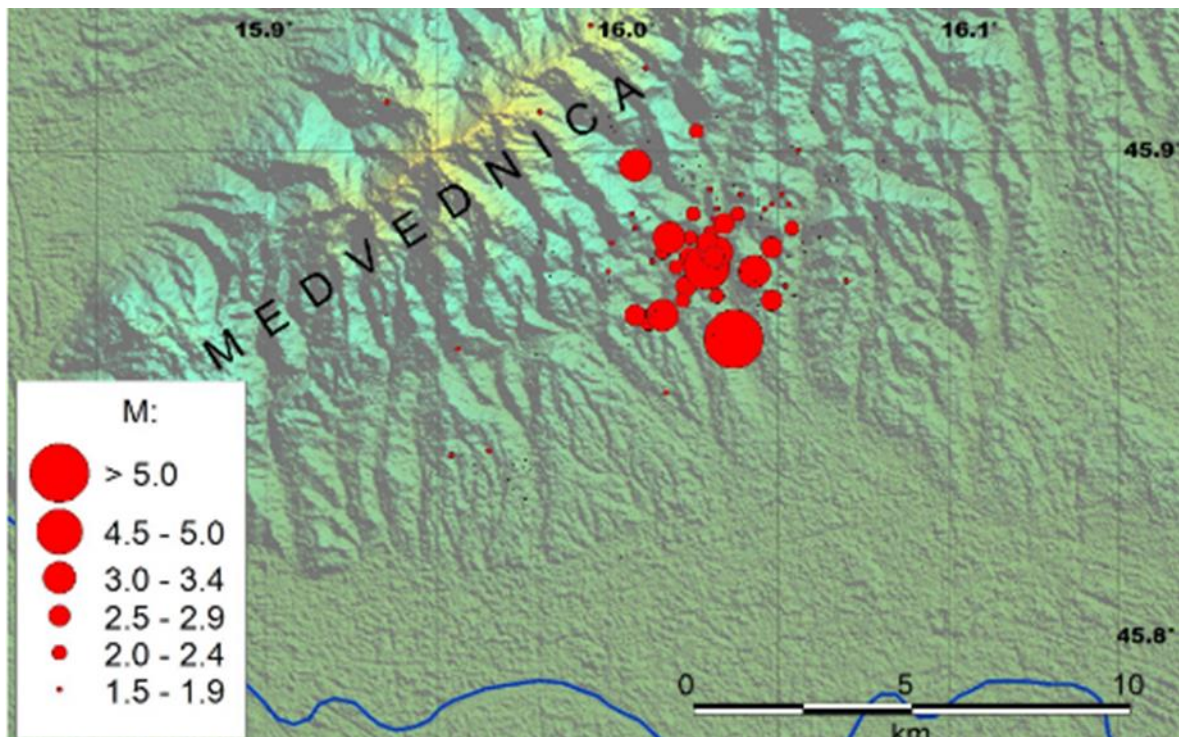
### 3.2. Potres u Zagrebu 22.03.2020.

Prvi, početni i po ljestvici najjači potres u Zagrebu dogodio se 22. ožujka 2020. u 6:24 sati. Epicentar potresa nalazio se 7 kilometra sjeverno od središta Zagreba (Markuševac), na dubini 10 km. Na temelju analize smjera i amplitude prvog pomaka P-vala očitanih sa 144 seizmograma zabilježenih u Hrvatskoj i diljem Europe, izračunati je žarišni mehanizam najjačeg potresa koji se dogodio 22. ožujka 2020. u 6 sati i 24 minute. Time su određena dva rasjeda na kojima se potres

mogao dogoditi, kao i način na koji su se rasjedna krila micala jedno u odnosu na drugo. Podaci ukazuju na to da se potres dogodio na reverznom rasjedu čija rasjedna ploha pada pod kutem od 45° ili prema sjeveru-sjeverozapadu ili prema jugu-jugoistoku.

U 7:01 sati uslijedio je još jedan potres jačine 5,0 stupnjeva po Richteru. Epicentar je bio 10 kilometara sje-verno od Zagreba, odnosno dva kilometra jugoistočno od Kašine na dubini od deset kilometara. [6]

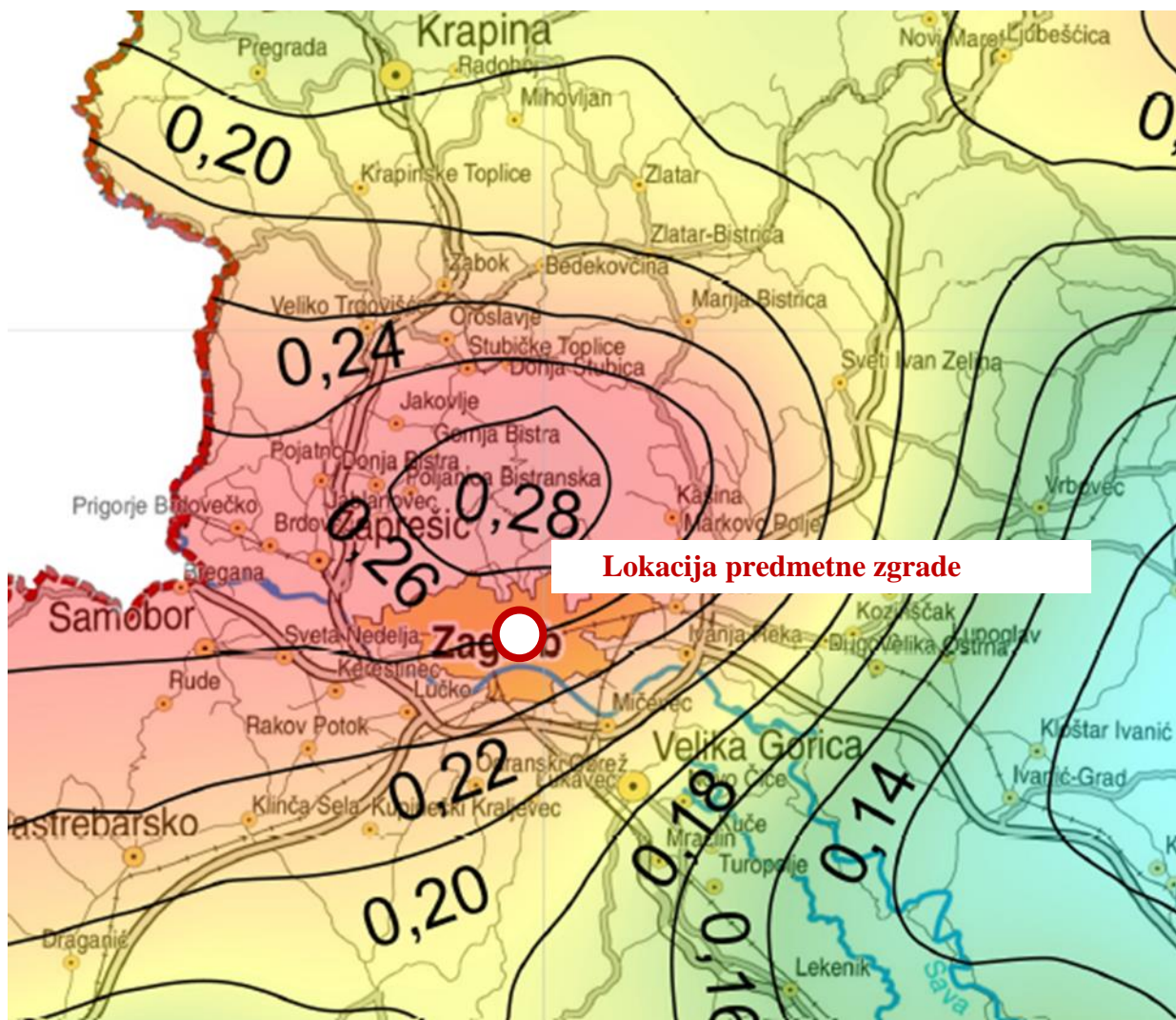
Treće jače podrhtavanje tla zabilježeno je u 7:41 sati, jačine 3,7 po Richteru. Epicentar je zabilježen na dubini od dva kilometara. Vrlo vjerojatno je ovaj potres prouzročio većinu nastale štete na predmetnoj zgradi, odnosno, štetu nastalu prvim potresom pojačao i probudubio. Naime, iako je ovaj treći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



Slika 3.4. Lokacija predmetne zgrade u odnosu na epicentre potresa u razdoblju od 22.03.2020--26.03.2020.

### 3.3. Seizmičke karakteristike obuhvaćenog područja

Podaci o seizmičnosti šireg područja nalaze se u "Seizmološkoj karti Republike Hrvatske" (slika 3.5.). Ta je karta izrađena za različite povratne periode, a stupnjevi seizmičnosti pojedinih područja izraženi su stupnje-vima MCS ljestvice.

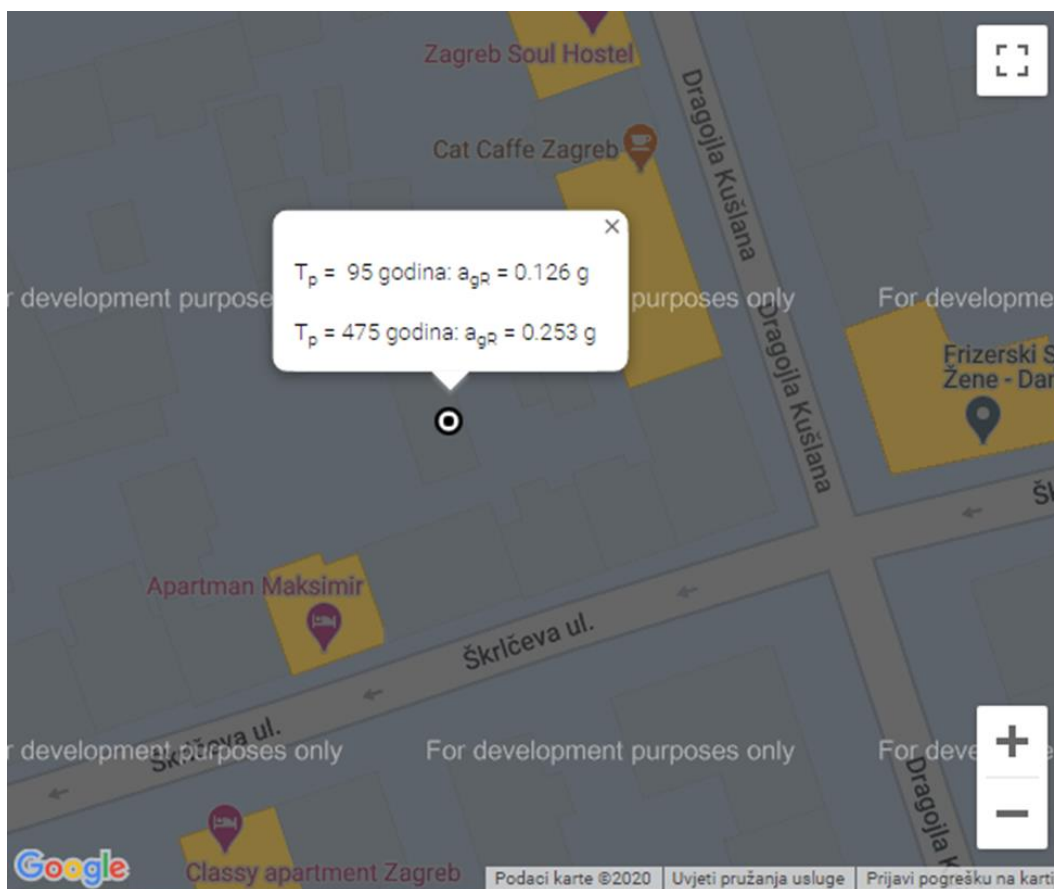


Slika 3.5. Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina)

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

Detaljno očitavanje iznosa horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A ( $a_{gR}$ ) za povratna razdoblja od  $T_p = 95$  i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ( $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ) (<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>) daje nam uvid u iznos gravitacijskog ubrzanja za predmetnu lokaciju koje za povratno razdoblje od  $T_p = 475$  god. iznosi  $a_{gR} = 0,253g$  (slika 3.6.). Na temelju tih vrijednosti moguće je (a kod današnjeg projektiranja nužno potrebno!) izračunati vršno ubrzanje za tip tla na kojem se građevina nalazi te nakon toga izračunati koliki doprinos to ubrzanje

ima na pojavu horizontalne sile kao opterećenja na konstrukciju a posljedično tome i na pojave momenata itd.



Slika 3.6. Predmetna lokacija sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A ( $a_{gR}$ ) za povratna razdoblja od  $T_p = 95$  i 475 godina (<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>)

Prema Eurocodu 8 svaka zemlja je podijeljena na seizmičke zone ovisno o tektonskim svojstvima. Ovisno o seizmičkoj zoni definirana je vrijednost maksimalnog ubrzanja „ $a_g$ “ u stjenovitom ili drugom tlu. Potresno djelovanje određuje se preko proračunskog ubrzanja „ $a_g$ “, koje odgovara povratnom periodu od 500 godina. Utjecaj potresnog djelovanja koji se odnosi na tlo, općenito se uzima u obzir razmatranjem razreda tla. Tlo je podijeljeno u pet osnovnih razreda (A, B, C, D i E), te ovi razredi imaju i podrazrede. Tlo na predmetnoj lokaciji nalazi se u razredu tla „B“ a koji označava slojeve stijene ili njoj slične formacije sa najviše 5,0 m slabijeg materijala na površini te mješovite formacije. Prema karti potresnih područja Republike Hrvatske, koja je sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, određeno je vršno ubrzanje za tip tla „B“, a za istražni prostor iznosi:  $a_{gR}=0,253 \cdot g$  [m/s] (povratni period 475 godina).[6]

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

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

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

$N_{spt}$  - standardni penetracijski test (broj udaraca);

$C_u$  - posmična čvrstoća tla

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

- horizontalna komponenta sile:  $F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W = 0,5 \cdot 0,253g \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cong 0,152g$

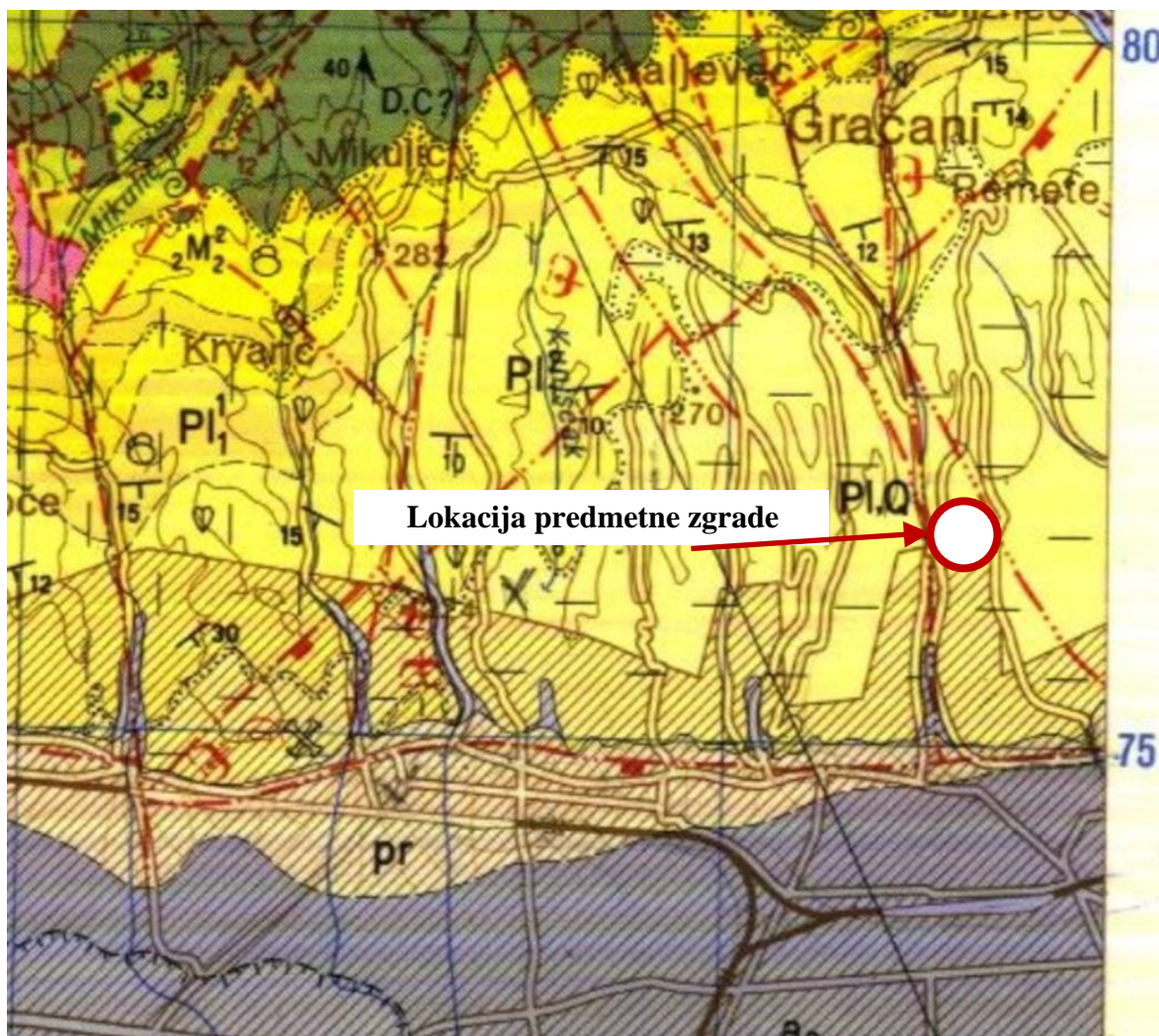
- vertikalna komponenta sile:  $F_V = 0,5F_H = 0,5 \cdot 0,15g \cong 0,08g$

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

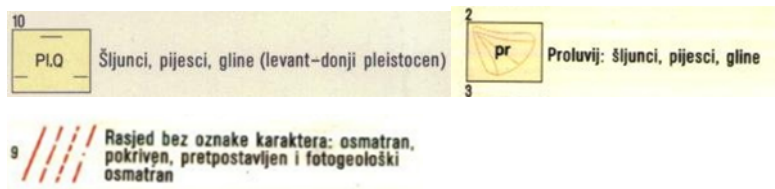
u konstrukciji koji se najviše okarakteriziraju na samim temeljima i vertikalnim nosivim sustavima (ako oni postoje!).

### 3.4. Geografski pregled

List Zagreb (autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.).



Slika 3.7. Osnovna geološka karta promatranog područja (autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.)



**Q<sub>1</sub>** - Pleistocen: kopneni prapor. Pleistocene: continental loess.

**PI,Q** - Srednji i gornji pliocen - donji pleistocen i slatkovodni sedimenti (klastiti).

**PI<sub>1</sub>** - Pont: Braški sedimenti (klastiti)

Pregledom Osnovne geološke karte promatranog područja (slika 3.7.), vidljivo je da se predmetna zgrada nalazi na području kraja neogenskog perioda i početka pleistocena.

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

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

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

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











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








### **3.5. Prikaz oštećenja konstrukcije građevine**

Izvršen je detaljan pregled konstrukcije građevine. Konstrukcija nije značajno oštećena. Zamijećena su oštećenja u samome podrumu na temeljima, zidovima i dijelom na stropovima. Nisu zamijećena oštećenja konstrukcije koja bi upućivala na pojavu gubitka stabilnosti pojedinih elemenata vertikalne konstrukcije. Prije svega se misli na gubitak stabilnosti izvan ravnine. Pregledom nisu utvrđeni trajni pomaci između stropova i zidova, odnosno nisu zamijećene pukotine koje bi upućivale na mogućnost odvajanja stropova od zidova. Isto vrijedi i za spojeve nosivih zidova te sudare zidova.

U sklopu akcije civilne zaštite Grada Zagreba uz akciju inženjera volontera, nakon potresa snage 5.5 prema Richteru koji se dogodio 22.3.2020., provedeni su brzi pregledi konstrukcija građevina u svrhu prvog pregleda narušene nosivosti i stabilnosti uz prve procjene rizika i potrebe iseljenja građevine za možebitni slučaj ponovljenog potresa. Nakon provedenih brzih pregleda, koji su morali biti brzi radi velikog broja građevina, građevinama su dodjeljivane naljepnice s već dobro poznatim bojama: zelena, žuta i crvena. S tim da je u početnom periodu veliki broj građevina dobio žutu I crvenu oznaku zbog narušene nosivosti i stabilnosti za-bata i dimnjaka. Na slici 3.8. i 3.9. su prikazani opisi oštećenja (iz dostupne literaturu) koji odgovaraju navedenim razinama.

Kategorija	Korištenje objekta	Opis	Primjeri	
I	bez ograničenja	NEZNATNA NEKONSTRUKTIVNA OŠTEĆENJA nema vidljivih oštećenja, manje pukotine na sekundarnim elementima		
II	ograničeno korištenje	NEZNATNA KONSTRUKTIVNA OŠTEĆENJA pukotine na zidu, oštećenja nekonstruktivnih dijelova građevine, lasaste pukotine na nosivim AB elementima, nosivost konstrukcije nije ugrožena		
III	privremeno ne koristiti	UMJERENA KONSTRUKTIVNA OŠTEĆENJA Velike i duboke pukotine na zidovima, pukotine i oštećenja stupova, nosivost djelomično smanjena, privremeno iseljenje, konstruktivna sanacija		
IV	ne koristiti	ZNAČAJNA KONSTRUKTIVNA OŠTEĆENJA otvaraju se rupe i urušavaju se zidovi, slom oko 40% konstruktivnih komponenti, građevina je u opasnom stanju, zahtjeva iseljenje, detaljna sanacija ili rušenje		
V	ne koristiti	SLOM CJELOKUPNE GRAĐEVINE Veliki dio ili cijela građevina se urušila, rušenje i rekonstrukcija		

Slika 3.8. Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima - prikaz oštećenja

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

Slika 3.9. Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima

Kao rezultat navedenih brzih pregleda, građevinama su dodijeljene naljepnice. Prikazane su na slici 3.10. Predmetna građevina prema zatečenim oštećenjima konstrukcije spada u zelenu građevinu. Ista je uporabljiva. Trenutno joj ne prijete opasnost za život i zdravlje ljudi. Ista zadovoljava uvjete uporabe osim što nema dostatnu seizmičku otpornost.



Slika 3.10. Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima

Terenski pregled predmetne zgrade i njenog okruženja obavio se 23. lipnja 2020. Tom se prilikom obišlo cijelu zgradu iz vana, izvršena je izmjera i snimanje dijela zgrade - podruma.

Za sam početak potrebno je naglasiti kako je kompletna vertikalna nosiva konstrukcija zgrade načinjena od zidova zidanih u vapnenom mortu sa punom opekom formata 1/1. Nosivi zidovi su većih dimenzija, no razlog tome nalazi se u nedostatku horizontalnih i vertikalnih serklaža (ukruta) koje bi povezivale konstrukciju. Kako je detaljnim pregledom i razgovorom sa stanarima utvrđeno da zgrada u cijelosti ne sadrži armiranobetonsku konstrukciju, zgradu ćemo tretirati kao konstrukciju od zidanog nosećeg sustava te ćemo ocjenu i razradu oštećenja i uporabljivosti zgrade i pojedinih dijelova također specificirati po tom principu.



Slika 3.11. Pogled na zapadno pročelje predmetne zgrade

## *Podrum*

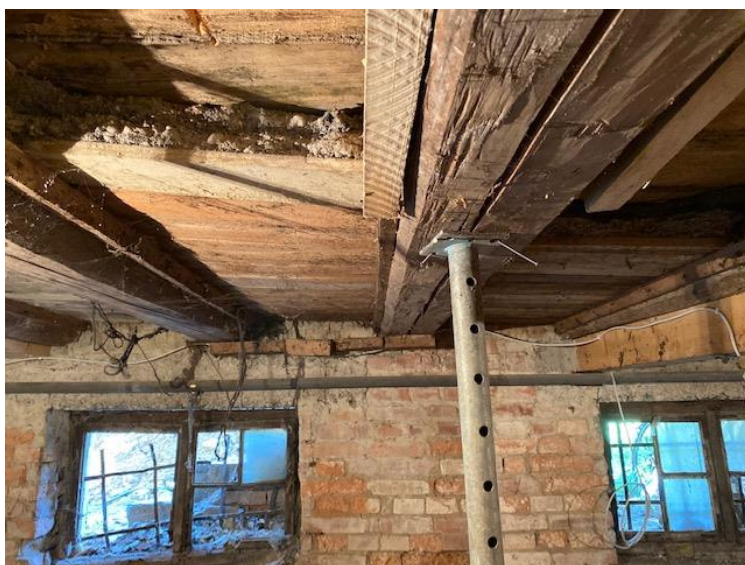
Nosiva konstrukcija zgrade je zidana. Nosivi zidovi debljine su 45 cm. Svi zidovi zidani u vapnenom mortu sa punom opekom formata 1/1. Nosivi zidovi su većih dimenzija, jer ne postoje horizontalni i vertikalni serklaži (ukrute) da povežu konstrukciju.

Stropna konstrukcija izvedena je od drvenih greda položenih na vanjske i unutarnje nosive zidove. Preko greda postavljali su se fosni, te su tako tvorili stropnu konstrukciju. Od ispod su se na grede zabijale daske i trstika. Dan je primjer presjeka stropne konstrukcije, samo što naša zgrada nema ab serklaž.

U nastavku su na slikama prikazani dokazi oštećenja konstrukcije podruma nakon potresa.



*Slika 3.12. Prikaz stropne konstrukcije u podrumu*



*Slika 3.13. Prikaz stropne konstrukcije u podrumu*



*Slika 3.14. Prikaz stropne konstrukcije u podrumu*



*Slika 3.15. Prikaz stropne konstrukcije u podrumu*



*Slika 3.16. Prikaz temelja podruma*



*Slika 3.17. Prikaz temelja podruma*



*Slika 3.18. Ulaz u podrum*

U nastavku je prikaz vanjske ovojnice, fasade.



*Slika 3.19. Južno pročelje vanjske ovojnice*

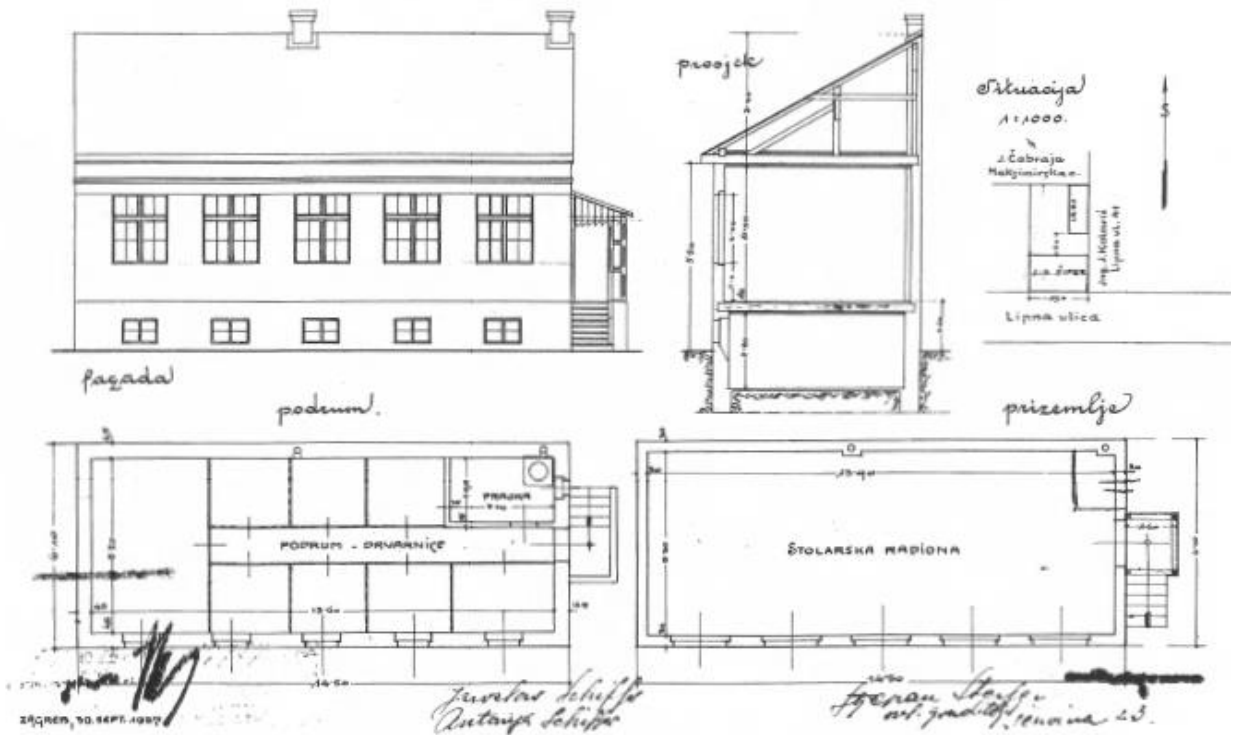


*Slika 3.20. Zapadno pročelje vanjske ovojnice*

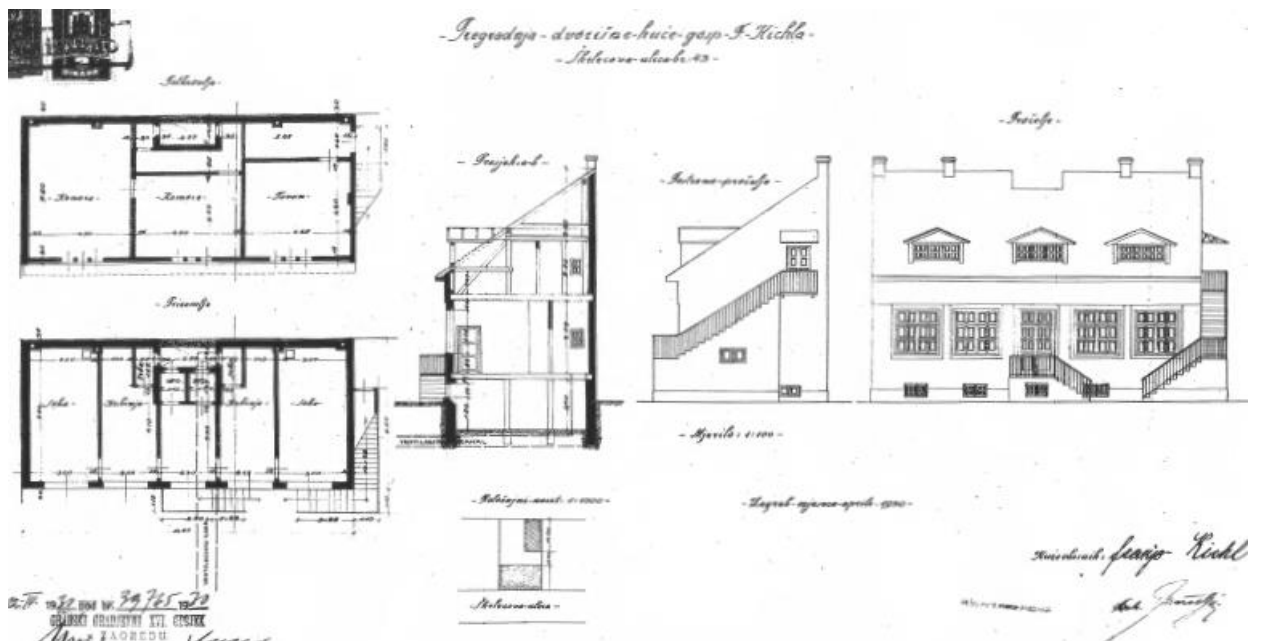
### **3.6. Postojeća dokumentacija i arhivska građa**

Od strane vlasnika građevine preuzeta je arhivska građa građevine. Arhivski nacrti datiraju iz 1927. godine. Na arhivskim nacrtima je vidljiv izvorni koncept konstrukcije građevine. Vidljiva je i konstrukcija nosivih zidanih zidova, stropova od drvenih grednika i drvenog krovišta što je već utvrđeno na temelju obilaska građevine i snimka postojećeg stanja. Na slici 3.21. i 3.22. prikazani su nacrti.





Slika 3.21. Nacrti predmetne zgrade



Slika 3.22. Nacrti predmetne zgrade

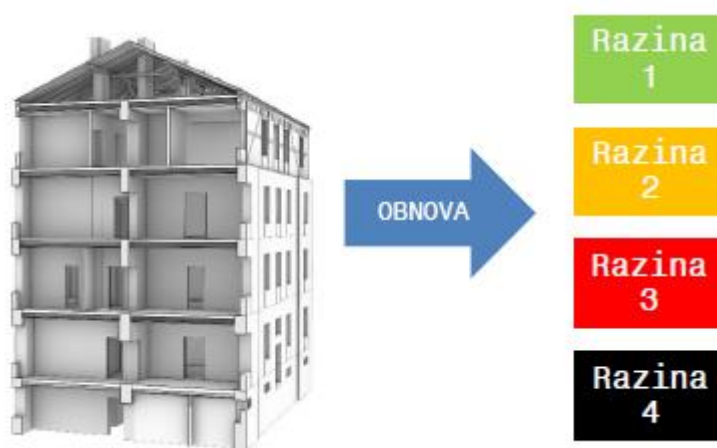
U svrhu izrade ovog diplomskog rada izvršeno je mjerenje postojećeg stanja podruma, ali i otvora, budući da je konstrukcija modelirana kao zidana s nosivim zidovima s otvorima. Na slici 3.22. je prikaz postojećeg stanja.

### 3.7. Tehnički opis potresne sanacije

Građevina je u potresu 22.3.2020. pretrpila manja oštećenja i to uglavnom u podrumu u zidanim zidovima od opeke, temeljima i stropnoj konstrukciji.

Nosiva konstrukcija se sastoji od stropova od drvenih grednika te od vertikalnih nosivih zidanih zidova. Za razliku od suvremenih konstrukcija predmetne stare konstrukcije nisu, generalno gledano, otporne na potres i to iz jednostavnog razloga jer su sastavljene od nepovezanih elemenata. Prvi generalni cilj sanacije takvih konstrukcija na horizontalna seizmička djelovanja je povezivanje njihovih elemenata u cjelinu. Kod iznimnih seizmičkih opterećenja takvi građevinski sklopovi u pravilu otkazuju na način da gube stabilnost (npr. zidovi se izbočavaju van ravnine, odvajaju se spojevi zidova, otkazuje veza stropova i zidova te stropovi gube stabilnost). Cilj seizmičke obnove, a koja obvezno uključuje popravak konstrukcije kojim se ista vraća u stanje prije potresa te poboljšanje (pojačanje) konstrukcije, mora započeti sa otklanjanjem manjkavog koncepta tih konstrukcija, odnosno prvo treba konstrukcijske elemente i sklopove građevine međusobno povezati.

Koncept obnove mora započeti s hitnim mjerama popravka elemenata konstrukcije ili sekundarnih elemenata koji utječu na rizike za život i zdravlje ljudi, te popravkom nastalih oštećenja. Navedene mjere predstavljaju početnu razinu 1. Opće prihvaćene razine obnove su prikazane na slici 3.23.



Slika 3.23. Opće prihvaćene razine obnove

Nakon popravka oštećenja, slijede postupci zahvata koji uključuju povezanost elemenata konstrukcije kojima se isti dovode u jednu cjelinu. U sklopu tih zahvata provodi se po potrebi i pojačanje konstrukcije. Navedeni radovi spadaju u razinu 2.

Tek kada su ispunjeni uvjeti povezanosti konstrukcije (globalni koncept) tek onda je moguće pojačanje njenih pojedinačnih elemenata (vrlo malim dijelom razina 2 te u pravilu razina 3).

Razina 4 se od razine 3 razlikuje neznatno u tehničkom zahtjevu te se razlikuju uglavnom po namjeni (Razina 4 - bolnice, vatrogasni domovi, zgrade televizije i informiranja, upravljačke zgrade energetske i komunalne infrastrukture itd.). Ujedno razina 4 predstavlja potpuno ispunjenje seizmičkih zahtjeva prema HRN EN 1998-1 (Eurocode 8).

### 3.8. Prijedlozi i načini sanacije temelja, nosivih konstruktivnih dijelova i nenosivih konstruktivnih dijelova zgrade

Pri samoj sanaciji od iznimne je važnosti zgradi dati novi nosivi sustav, odnosno, današnje metode integrirati u postojeći sustav zgrade. Tu se prvenstveno misli na armiranobetonski okvir, čelični okvir ili kompozit-ni. U bilo kojem slučaju, sanacijski okvir trebao bi pokriti kompletni podrum i temeljni sustav zgrade.

#### Sanacija temelja

Temeljima, kao nosivom sustavu cjelokupnog objekta potrebno je pridodati posebnu pažnju. Njihova sanacija je od iznimne važnosti za cijelu konstrukciju zbog nekoliko razloga:

- moguća oštećenja u istočnim temeljima morala su biti uzrokovana pukotinskim odvajanjem i pomakom cijelog istočnog nosivog dijela zgrade
- za očekivati je da slijeganja temelja nisu stala kad je stao i potres, suprotno tome, ona se kontinuirano događaju i propagiraju (sekundarna slijeganja) a čemu je dokaz i konstantno širenje konstruktivnih pukotina po svim dijelovima objekta;

dotatnu opasnost predstavlja i pojam *likvefakcije*, odnosno pojave promjene mehaničkih karakteristika tla uslijed natapanja, pri čemu ono gubi svoju posmičnu čvrstoću. Glavni faktori koji utječu na pojavu likvefakcije jesu *stupanj zbijenosti tla*, *veličina čestica* te *stupanj zasićenosti vodom*.

#### Sanacija konstruktivnih dijelova zgrade

Gledajući tablicu povezanosti rizika i uporabljivosti konstrukcije (oštećenih dijelova), slika 3.24., možemo zaključiti da je u tom smislu stupanj rizika *visok* a navedeni konstruktivni dijelovi zgrade *ne zadovoljavaju svoj stupanj uporabljivosti*, odnosno nisu sigurni i uporabljivi.

PROCJENA RIZIKA					KLASIFIKACIJA UPORABLJIVOSTI	
RIZIK	STRUKTURALNI (sect. 3 e 4)	NESTRUKTURALNI (sect. 5)	VANJSKI (sect. 6)	GEOTEHNIČKI (sect. 7)		
NIZAK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	A	UPORABLJIVA ZGRADA <input type="radio"/>
NIZAK UZ PROTUMJERE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	B	NEUPORABLJIVA zgrada (u cijelosti ili djelomično), ali UPORABLJIVA nakon kratkoročnih protumjera <input type="radio"/>
VISOK	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	C	DJELOMIČNO NEUPORABLJIVA ZGRADA (1) <input type="radio"/>
					D	DJELOMIČNO UPORABLJIVA ZGRADA koja zahtjeva detaljniju inspekciju <input type="radio"/>
					E	NEUPORABLJIVA ZGRADA <input type="radio"/>
					F	NEUPORABLJIVA ZGRADA zbog vanjskog rizika (1) <input type="radio"/>

Slika 3.24. Tablica povezanosti stupnja rizika i uporabljivosti elemenata zgrade i cijele zgrade

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

Sanacijske metode i pojačanje konstrukcije zgrade u sebi moraju sadržavati:

- Čvrstoću

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

- Krutost

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

- Duktilnost

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

- Otpornost na požar

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

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

#### **Kratkoročne mjere sanacije:**

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

#### **Dugoročne mjere sanacije:**

- Rušenje oštećenih zidova veličine D4 i D5 te zamjena i gradnja novih
- Uklanjanje oštećenih dijelova zidova, jače povezivanje s temeljima, ugradnja nove armature i kompletna obnova
- Uklanjanje oštećenih dimnjaka te zamjena novim
- Izgradnja i ugradnja novog nosivog sustava zgrade
- Izrada novih vertikalnih serklaža u kutovima objekta
- Povezivanje i uklapanje novoizgrađenog vertikalnog nosivog sustava u horizontalni sustav zgrade (vab vijenci, ab nadvoji, ab hor. serklaži)
- Dubinsko injektiranje nosivog zidnog sustava

- Izrada novih nadvoja i horizontalnih serklaža
- Postavljanje čeličnih kablji za prednaprezanje nosivih elemenata zgrade
- Povezivanje i zatezanje etaža preko vanjskih i unutarnjih nosivih zidova
- Ankeriranje zidova za vertikalne nosive strukture
- Ankeriranje i povezivanje drvenog krovišta (rogovi i grede te nazidnice)
- Krpanje pukotina i mjesta opadanja žbuke
- Ugradnja armaturnih mrežica u zidove (na obje strane zida), njihovo međusobno povezivanje te prekrivanje završnim slojevima
- Obnavljanje oštećenih zidova pojačanim armaturnim mrežicama te ugradnja kvalitetnog vežećeg sredstva koje ima smanjenu razinu stezanja
- Specijalni radovi: kabela ili zatezna prednaprezanja unutar (ili izvan) nosivog vertikalnog i horizontalnog sustava zgrade.

#### *Sanacija nosivih dijelova zgrade*

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

#### **Dugoročne mjere sanacije:**

- Rušenje oštećenih zidova veličine D4 i D5 te zamjena i gradnja novih
- Rušenje odvojenih pregradnih zidova te obnova sa pojačanjima u strukturi te povezivanja s nosivim sustavom (nosivim zidovima, serklažima itd.)
- Zamjena svih zidnih gipskartonskih obloga novima pojačanima (duple ploče)
- Zamjena keramičkih pločica na ulazima, kupaonicama i kuhinjama,
- Zamjena oštećenih prozora i vratiju novima,
- gletanje i prikrivanje površinskih pukotina slabijeg i neopasnog intenziteta
- Pregled i kontrola cjelokupnih instalacija od strane strojarskih i elektroinženjera te popravak i zamjena potrebnih
- Kompletan popravak i navlačenje novog fasadnog sustava na dijelove koje dozvole konzervatori i u dogovoru s njima
- Zamjena pokrova na oštećenim dijelovima krovišta
- Uređenje okoliša dvorišta

Treba imati na umu da radove sanacije treba izvoditi određenim redom i po redoslijedu prioriteta s time da je neophodno primarno sanirati noseći sustav cijele zgrade, posebno uključujući temeljni

sustav i temeljno tlo. Pri tome je jasno da će radovi na nosivoj strukturi zgrade preuzeti prioritet, s time da se moraju izvesti stručno, temeljito, pažljivo te potpuno, a njihov rezultat mora biti podizanje zgrade na viši standard i nivo, a sve sukladno današnjim propisima i pravilima građevinske struke.

Radovi na nenosivom i pregradnom sustavu odrađuju se nakon primarnih radova te ne bi trebali predstavljati složene radove. No, u svakom će slučaju i oni biti opsežni, detaljni i temeljiti te će ih svaki stan trebati odraditi prikladno svojem tipu i razredu oštećenja.

## 4. Statički proračun

Za kompletnu sanaciju podrumskog prostora izveden je analitički proračun nosivog sustava prema sljedećim europskim normama: EC1, EC2-beton, EC7-temelji, EC8-potres, EC5-drvo, EC3-čelik, EC6-zidane konstrukcije.

Potresnu stabilnost provjeravamo na povratni period od 95 godina što podrazumijeva vjerojatnost promašaja od 10% u 10 godina, što je propisano Tehničkim propisima za razinu drugog stupnja obnove. [7]

Prema važećim europskim normama i prijedlogu sanacija zgrada oštećenih potresom na području grada Zagreba, napravljeni su proračuni na mehaničku otpornost i stabilnost svi podrumski ugrađeni nosivi elementi.

### 4.1. Opterećenja i elementi

#### PRITISAK VJETRA NA VERTIKALNE ZIDOVE

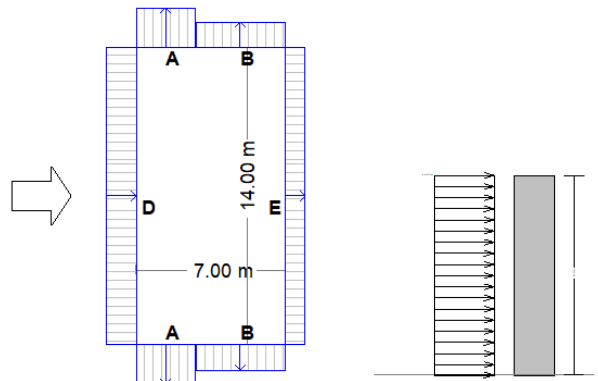
Eurocode 1 (EC1, EC2-beton, EC7-temelji, EC8-potres, EC5-drvo, EC3 čelik, EC6 zidane konstrukcije) djelovanje na konstrukciju, djelovanje vjetra, EN1991-1-4:2005

#### Pravokutni plan zgrade

Zgrada visina :  $h = 10.00 \text{ m}$   
Zgrada poprečna dimenzija:  $b = 14.00 \text{ m}$   
Zgrada dubina :  $d = 7.00 \text{ m}$

#### Referentna brzina (EN1991-1-4)

$v_{bo} = 22.00 \text{ m/s}$ , , Zone: 1  
 $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{bo} = 22.00 \text{ m/s}$



#### Teren kategorija : IV (EN1991-1-4, Tab.4.1)

Teren kategorija: IV,  $z = 10.000 \text{ m}$ ,  $z_o = 1.000 \text{ m}$ ,  $z_{min} = 10 \text{ m}$ ,  $z_{max} = 200 \text{ m}$ ,  $z_{oII} = 0.050 \text{ m}$   
 $k_r = 0.19 \cdot (1.000 / 0.05) ^{0.07} = 0.234$   
 $C_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_o) = 0.234 \times \ln(10.000 / 1.000) = 0.540$   
 $C_o(z) = 1.000$  (EN1991-1-4, §4.3.3)

#### Turbulencija faktor $K_t$ (EN1991-1-4, §4.4)

$K_t = 1.000$

#### Izloženost faktor $C_e(z)$ (EN1991-1-4, §4.5)

Teren kategorija: IV (EN1991-1-4, Tab.4.1 )  
 $z = 10.00 \text{ m}$ ,  $k_r = 0.234$ ,  $l_v(z) = 0.434$ ,  $C_e(z) = 1.176$

$$q(z) = C_e(z) \cdot (\frac{1}{2}\rho) \cdot V_b^2 = [0.001] \times 1.176 \times 0.625 \times 22.00^2 = 0.356 \text{ kN/m}^2$$

**Vršni pritisak  $q(z) = C_e(z) \cdot q_b = C_e(z) \cdot (0.625) \cdot V_b^2$**  (EN1991-1-4, §4.5)

$$V_b = 22.00 \text{ m/sec}$$

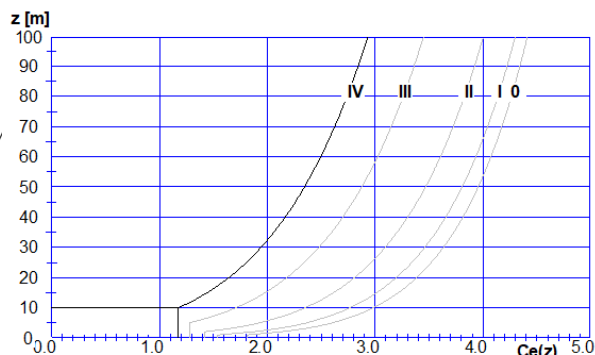
$$z = 10.00 \text{ m}, C_r(z) = 0.540, C_o(z) = 1.000, K_t = 1.000$$

$$q(z) = C_e(z) \cdot (\frac{1}{2}\rho) \cdot V_b^2 = [10^{-3}] C_e(z) \times 0.625 \times 22.00^2 \text{ kN/}$$

$$c(z) = 1.176$$

$$q(z) = [10^{-3}] \times 1.176 \times 0.625 \times 22.00^2 = 0.36 \text{ kN/m}^2$$

**Sile na vertikalni zid** (EN1991-1-4, §7.2.2)



**Vjetar pritisak koef.  $C_{pe}$**  (EN1991-1-4, Tab.7.1)

$$h/d = 10.00/7.00 = 1.429, e = 14.00 \text{ m}$$

$$\text{Zone : A, ( 2.80xh), } C_{pe,10} = -1.20, C_{pe,1} = -1.40$$

$$\text{Zone : B, ( 4.20xh), } C_{pe,10} = -0.80, C_{pe,1} = -1.10$$

$$\text{Zone : D, ( 14.00xh), } C_{pe,10} = 0.80, C_{pe,1} = 1.00$$

$$\text{Zone : E, ( 14.00xh), } C_{pe,10} = -0.52, C_{pe,1} = -0.52$$

**Vjetar pritisak na zid površina  $w_e = q(z) \cdot C_{pe}$  [kN/m<sup>2</sup>]**

	A		B		D		E	
	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
$z = 10.00 \sim 0.00 \text{ m}$ ,	-0.427	-0.498	-0.285	-0.391	0.285	0.356	-0.186	-0.186

**Vjetar sile na zid površina  $F_w = w_e \cdot A$  [kN]**

	A (2.80m)		B (4.20m)	D (14.00m)	E (14.00m)
	$z_c$ [m]	$dz$ [m]	$F_w$ [kN]	$F_w$ [kN]	$F_w$ [kN]
$z = 10.00 \sim 0.00 \text{ m}$ ,	5.00	10.00	-11.955	-11.955	39.849
					-25.973

**Vjetar sile [kN] na zid površine, i momenti [kNm]**

$$\text{Zone : A, Sila } F_w = -11.95 \text{ kN, } z_c = 5.00 \text{ m, Moment } M_w = z_c \cdot F_w = 59.77 \text{ kNm}$$

$$\text{Zone : B, Sila } F_w = -11.95 \text{ kN, } z_c = 5.00 \text{ m, Moment } M_w = z_c \cdot F_w = 59.77 \text{ kNm}$$

$$\text{Zone : D, Sila } F_w = 39.85 \text{ kN, } z_c = 5.00 \text{ m, Moment } M_w = z_c \cdot F_w = 199.24 \text{ kNm}$$

$$\text{Zone : E, Sila } F_w = -25.97 \text{ kN, } z_c = 5.00 \text{ m, Moment } M_w = z_c \cdot F_w = 129.86 \text{ kNm}$$

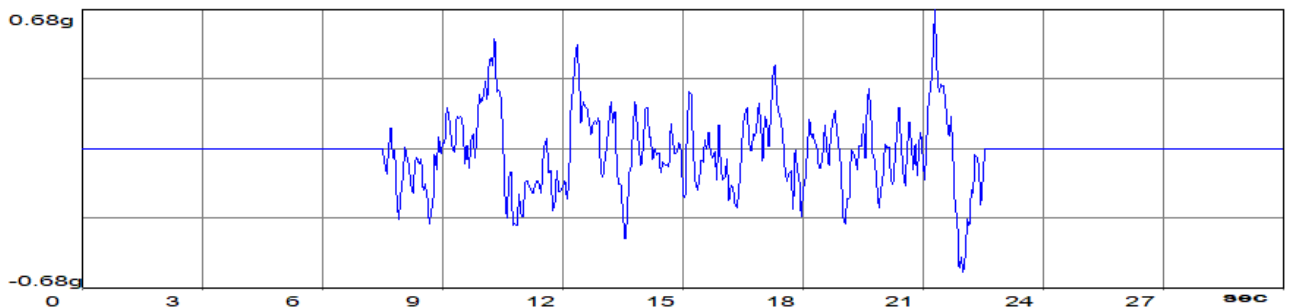
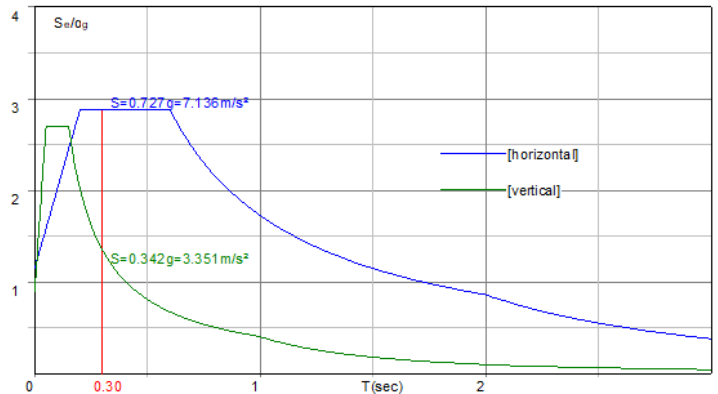


## 4.2. Potresno opterećenje

### ELASTIČNI ODZIV SPEKTRA

EC8 EN1998-1-1:2004, §3.2.2.2)

Horizontalno ubrzanje	$\alpha_g=0.253xg$
Faktor tla	$S=1.15$
Korekcijski faktor	$\xi=5\%$
$\eta=[10/(5+\xi)]^{\frac{1}{2}}$	$\eta=1.00$
Verti./horiz. ubrzanje	$\alpha_{vg}/\alpha_g=0.90$
Karakteristični spektralni periodi	
[horizontal]	$T_b=0.20$ sec
	$T_c=0.60$ sec
	$T_d=2.00$ sec
[vertical]	$T_{vb}=0.05$ sec
	$T_{vc}=0.15$ sec
	$T_{vd}=1.00$ sec



#### Horizontal elastični odziv spektar $S_e(T)$

$$0.00 \leq T < 0.20: S_e(T) = 0.253 \times 1.15 \times [1 + (T/0.20) \times (1.00 \times 2.5 - 1)]$$

$$0.20 \leq T < 0.60: S_e(T) = 0.253 \times 1.15 \times 1.00 \times 2.5$$

$$0.60 \leq T < 2.00: S_e(T) = 0.253 \times 1.15 \times 1.00 \times 2.5 \times [0.60/T]$$

$$2.00 \leq T < 4.00: S_e(T) = 0.253 \times 1.15 \times 1.00 \times 2.5 \times [0.60 \times 2.00/T^2]$$

#### Vertikalno elastični odziv spektar $S_{ve}(T)$

$$0.00 \leq T < 0.05: S_{ve}(T) = 0.90 \times 0.253 \times [1 + (T/0.05) \times (1.00 \times 3.0 - 1)]$$

$$0.05 \leq T < 0.15: S_{ve}(T) = 0.90 \times 0.253 \times 1.00 \times 3.0$$

$$0.15 \leq T < 1.00: S_{ve}(T) = 0.90 \times 0.253 \times 1.00 \times 3.0 \times [0.15/T]$$

$$1.00 \leq T < 4.00: S_{ve}(T) = 0.90 \times 0.253 \times 1.00 \times 3.0 \times [0.15 \times 1.00/T^2]$$

## DRVENI STROP PODRUMA

### Konstrukcija

Drvo pod, drvo C24

Razmak između drvenih nosača 0.800m, slobodni rasponi  $L_1=2.000\text{m}$ ,  $L_2=2.500\text{m}$

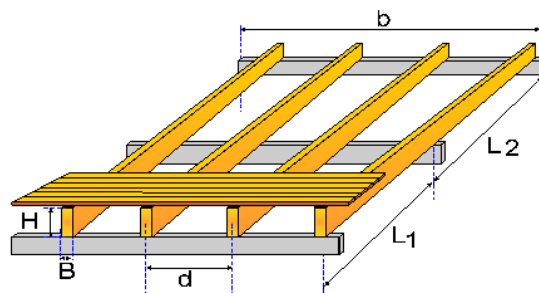
Popr. presjek  $B \times H=200\text{mm} \times 220\text{mm}$ . Debljina dasaka 25

### Norme za proračun

EN1990:2002 Basis structural design

EN1991-1-1:2002 Djelovanja na structures

EN1995-1-1:2009 Proračun drvo structures



### Materijal svojstva (drvo)

Drvo razred : C24

Razred 1, moisture content  $\leq 12\%$

Materijal faktor  $\gamma_M=1.30$

### Karakter. materijal svojstva za drvo

$f_{mk} = 24.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t0k} = 14.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 21.0 \text{ MPa}$ ,  $f_{c90k} = 5.3 \text{ MPa}$ ,  $f_{vk} = 2.5 \text{ MPa}$

$E_{0m} = 11000 \text{ MPa}$ ,  $E_{005} = 7400 \text{ MPa}$ ,  $E_{90m} = 370 \text{ MPa}$

$G_m = 690 \text{ MPa}$ ,  $\rho_k = 350 \text{ Kg/m}^3$

### Distribuirana opterećenja

Pod završetak  $G_e = 0.500 \text{ kN/m}^2$

Vl. težina (insulation-nosačs)  $G_w = 0.100 \text{ kN/m}^2$

Strop ispod pod  $G_c = 0.300 \text{ kN/m}^2$

Suma trajnih opterećenja  $G_e + G_w + G_c = G_s = 0.900 \text{ kN/m}^2$

Pokretno pod opterećenje  $Q_f = 2.000 \text{ kN/m}^2$

### Line opterećenje (kN/m) na pod nosačs

Trajno opterećenje  $G_k = 0.800 \times 0.900 = 0.720 \text{ kN/m}$

Pokretno opterećenje  $Q_k = 0.800 \times 2.000 = 1.600 \text{ kN/m}$

### Popr. presjek

Popr. presjek  $B \times H=200\text{mm} \times 220\text{mm}$ ,  $A=4.400\text{E}+004\text{mm}^2$ ,  $I=1.775\text{E}+008\text{mm}^4$ ,  $W=1.613\text{E}+006\text{mm}^3$

### Maximum unutarnje nosač sile i progibi ( $L_1=2.000\text{m}$ , $L_2=2.500\text{m}$ )

Stalno opterećenja  $G_k = 0.720\text{kN/m}$ ,  $\max V = 1.09\text{kN}$ ,  $\max M = 0.47\text{kNm}$ ,  $\max \Delta = 0.08\text{mm}$

Pokretno opterećenja  $Q_k = 1.600\text{kN/m}$ ,  $\max V = 2.42\text{kN}$ ,  $\max M = 1.05\text{kNm}$ ,  $\max \Delta = 0.29\text{mm}$

### Granično stanje uporabljivosti

#### Kontrola progiba na sredini nosača

Opterećenje [kN/m]	u [mm]	Djelovanje	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$K_{def}$
( G ) Stalno $G_k = 0.720$	0.078	Trajno	1.00	1.00	1.00	0.60
( Qf ) Pokretno $Q_k = 1.600$	0.295	Srednje	0.70	0.50	0.30	0.60

Opterećenje komb.	w.inst	w.fin [mm]
1 G	0.078	0.125
2 Q1	0.295	0.348
3 G + Q1	0.373	0.472

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def})$ ,  $w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$  (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

### Maksimalne vrijednosti progiba

$w_{inst} = 0.373 \text{ mm}$ ,  $w_{fin} = 0.472 \text{ mm}$

### Konačni progibi

$w_{inst} = 0.373 \text{ mm} < L/300 = 2500/300 = 8.333 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 0.472 \text{ mm} < L/250 = 2500/250 = 10.000 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.472 \text{ mm} < L/150 = 2500/150 = 16.667 \text{ mm}$

ZADOVOLJAVA

### Vibracije

Osnovna prirodna frekvencija  $f = (3.14/2L^2) (EI/M)^{1/2}$

$L = 0.75 \times 2.500 \text{ m} = 1.875 \text{ m}$ ,  $E = 1.100 \text{ E} + 010 \text{ N/m}^2$ ,  $I = 1.775 \text{ E} - 004 \text{ m}^4$ ,  $M = 73.39 \text{ kg}$ ,  $f = 72.87 \text{ Hz}$

$f = 72.87 \text{ Hz} > 8 \text{ Hz}$ . Prihvatljivo

$w/F = 0.80 \times 0.0150 \times L^3 / EI = 0.096 \leq a = 1.5 \text{ mm/kN}$ ,  $L = 2.500 \text{ m}$

$(EI)l / (EI)b = 67$ ,  $b/l = 8.00 / 1.88 = 4.27$ ,  $n_{40} = 5.82$

$v = 4 \times (0.4 + 0.6 \times 5.82) / (73.39 \times 8.00 \times 1.88 + 200) = 0.012$

$\zeta = 0.01$ ,  $v_{lim} = 100 \times (39.00 \times 0.01 - 1) = 0.060$ ,  $v = 0.012 \leq 0.060 = v_{lim}$ ,  $a = 1.5 \text{ mm/kN}$ ,  $b = 100 \text{ m/Ns}^2$

ZADOVOLJAVA PREMA EN 1995 §7.3.3

### Granično stanje nosivosti (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Opterećenje [kN/m]	Djelovanje	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\psi_o$
( G ) Stalno Gk = 0.720	Trajno	1.35	0.00	1.00
( Qf ) Pokretno Qk = 1.600	Srednje	0.00	1.50	0.70

L.C.	Opterećenje komb.	Ved	Med	Trajanje razred	kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	$\gamma_g \cdot G$	1.470	0.638	Trajno	0.60	2.450	1.063
2	$\gamma_g \cdot G + \gamma_q \cdot Qf$	5.100	2.213	Srednje	0.80	6.375	2.766
Maksimalne vrijednosti						6.375	2.766

Opterećenje komb. 2,  $\gamma_g \cdot G + \gamma_q \cdot Qf$  (Maksimalne vrijednosti)

### **Posmik, $F_v = 5.100 \text{ kN}$**

Pravokutni popr. presjek,  $b_{ef} = 0.67 \times 200 = 134 \text{ mm}$ ,  $h = 220 \text{ mm}$ ,  $A = 29\,480 \text{ mm}^2$

faktor  $k_{mod} = 0.80$  Materijal faktor  $\gamma_M = 1.30$

$$f_{vk}=2.50 \text{ N/mm}^2, f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.80 \times 2.50 / 1.30 = 1.54 \text{ N/mm}^2$$

$$F_v = 5.100 \text{ kN}, \tau_{v0d} = 1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 5.100 / 29480 = 0.26 \text{ N/mm}^2 < 1.54 \text{ N/mm}^2 = f_{v0d}$$

ZADOVOLJAVA

#### **Savijanje, Myd=2.213 kNm, Mzd=0.000 kNm**

Pravokutni popr. presjek, b=200mm, h=220mm, A=4.400E+004mm<sup>2</sup>,

$$W_y = 1.613 \text{E}+006 \text{ mm}^3, W_z = 1.467 \text{E}+006 \text{ mm}^3$$

faktor  $K_{mod}=0.80$  (Tab.3.1), Materijal faktor  $\gamma_M=1.30$  (Tab. 2.3)

$$f_{myk}=24.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk}=24.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

Pravokutni popr. presjek  $K_m=0.70$

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y, \text{netto} = 1 \text{E}+06 \times 2.213 / 1.613 \text{E}+006 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z, \text{netto} = 1 \text{E}+06 \times 0.000 / 1.467 \text{E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.093 + 0.000 = 0.09 < 1$$

$$K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.065 + 0.000 = 0.07 < 1$$

ZADOVOLJAVA

#### **Bočna torzijska stabilnost, Myd=2.213 kNm, Mzd=0.000 kNm**

Pravokutni popr. presjek, b=200mm, h=220mm, A=4.400E+004mm<sup>2</sup>,

$$W_y = 1.613 \text{E}+006 \text{ mm}^3, W_z = 1.467 \text{E}+006 \text{ mm}^3$$

faktor  $K_{mod}=0.80$  (Tab.3.1), Materijal faktor  $\gamma_M=1.30$  (Tab. 2.3)

$$f_{c0k}=21.00 \text{ N/mm}^2, f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.80 \times 21.00 / 1.30 = 12.92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{myk}=24.00 \text{ N/mm}^2, f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{mzk}=24.00 \text{ N/mm}^2, f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.80 \times 24.00 / 1.30 = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

Pravokutni popr. presjek  $K_m=0.70$  (EC5 §6.1.6.(2))

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y, \text{netto} = 1 \text{E}+06 \times 2.213 / 1.613 \text{E}+006 = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z, \text{netto} = 1 \text{E}+06 \times 0.000 / 1.467 \text{E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

#### Duljina izvijanja

$$S_{ky} = 1.00 \times 2.500 = 2.500 \text{ m} = 2500 \text{ mm}$$

$$S_{kz} = 0.10 \times 2.500 = 0.250 \text{ m} = 250 \text{ mm}$$

#### Vitkost

$$i_y = (I_y / A)^{1/2} = 0.289 \times 220 = 64 \text{ mm}, \lambda_y = 2500 / 64 = 39.06$$

$$i_z = (I_z / A)^{1/2} = 0.289 \times 200 = 58 \text{ mm}, \lambda_z = 250 / 58 = 4.31$$

$$\sigma_{m, \text{crit}} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 200^2 \times 7400 / (220 \times 2250) = 466.42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m, \text{crit}} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 220^2 \times 7400 / (200 \times 250) = 5587.30 \text{ N/mm}^2$$

#### Kritična naprezanja

$$\sigma_{m, \text{crite}} = 466.42 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, my} = (f_{myk} / \sigma_{m, \text{crite}})^{1/2} = 0.23$$

$$\sigma_{m, \text{critz}} = 5587.30 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, mz} = (f_{mzk} / \sigma_{m, \text{critz}})^{1/2} = 0.07$$

$$\lambda_{rel, my} = 0.23, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{crite} = 1.00 \text{ (EC5 Eq.6.34)}$$

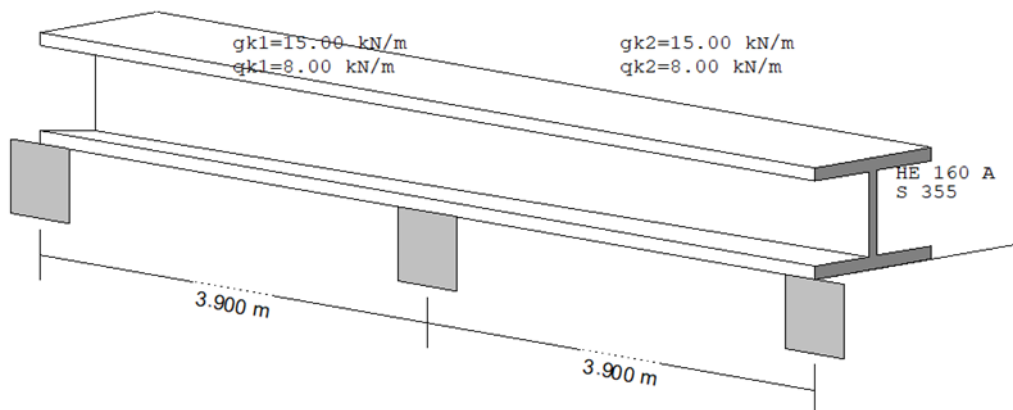
$\lambda_{rel,mz}=0.07$ , ( $\lambda_{rel}\leq 0.75$ ),  $K_{critz}=1.00$  (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd}/(K_{crity}\cdot f_{myd})+K_{m,\sigma mzd}/(K_{critz}\cdot f_{mzd})=0.093+0.000=0.09 < 1$

$K_{m,\sigma myd}/(K_{crity}\cdot f_{myd})+\sigma_{mzd}/(K_{critz}\cdot f_{mzd})=0.065+0.000=0.07 < 1$

ZADOVOLJAVA

### 4.3. HEA nosači stropa



Raspon duljina  $L_1=3.900m$ ,  $L_2=3.900m$

#### Norme za proračun

EN1990:2002, Eurocode 0 Basis Structural Design

EN1991-1-1:2002, Eurocode 1-1 Djelovanje na structures

EN1993-1-1:2005, Eurocode 3 1-1 Proračun čelik structures

EN1993-1-3:2005, Eurocode 3 1-3 Cold-formed members

EN1993-1-5:2006, Eurocode 3 1-5 Plated structural elements

#### Materials

Čelik: S 355 (EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40$  mm,  $f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup>, Čvrstoća  $f_u = 510$  N/mm<sup>2</sup>

$40\text{mm} < t \leq 80$  mm,  $f_y = 335$  N/mm<sup>2</sup>, Čvrstoća  $f_u = 470$  N/mm<sup>2</sup>

Modul elastičnosti  $E=210000$  N/mm<sup>2</sup>, Poisson omjer  $\nu=0.30$ , Unit masa  $\rho=7850$  Kg/m<sup>3</sup>

#### Parc. faktori sigurnosti za djelovanje

$\gamma_G = 1.35$ ,  $\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{M0} = 1.00$ ,  $\gamma_{M1} = 1.00$ ,  $\gamma_{M2} = 1.25$

#### Opterećenje

##### Opterećenje na nosač

Stalno opterećenje	$G_{k1} = \text{Raspon-1} : 15.00$ kN/m, $\text{Raspon-2} : 15.00$ kN/m
Nosač težina	$G_{k2} = \text{Raspon-1} : 0.30$ kN/m, $\text{Raspon-2} : 0.30$ kN/m
Trajno opterećenje	$G_k = G_{k1} + G_{k2} = \text{Raspon-1} : 15.30$ kN/m, $\text{Raspon-2} : 15.30$ kN/m
Pokretno opterećenje	$Q_k = \text{Raspon-1} : 8.00$ kN/m, $\text{Raspon-2} : 8.00$ kN/m

##### Granično stanje nosivosti, Opterećenje komb.s

$\text{Raspon-1 } \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1.35 \times 15.30 + 1.50 \times 8.00 = 32.65$  kN/m,  $q_{l^2}/8 = 62.09$  kNm

$\text{Raspon-2 } \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1.35 \times 15.30 + 1.50 \times 8.00 = 32.65$  kN/m,  $q_{l^2}/8 = 62.09$  kNm

##### Proračunska djelovanja, Granično stanje nosivosti

$M_{yed,1} = 41.38$  kNm,  $M_{yed,s} = -62.09$  kNm,  $M_{yed,2} = 41.38$  kNm,

$V_{zed,1A} = 51.99$  kN,  $V_{zed,1B} = -79.60$  kN,  $V_{zed,2A} = 79.60$  kN,  $V_{zed,2B} = -51.99$  kN

Granično stanje uporabljivosti (SLS),  
 Raspon-1 Gk+Qk = 15.30+8.00= 23.30kN/m  
 Raspon-2 Gk+Qk = 15.30+8.00= 23.30kN/m

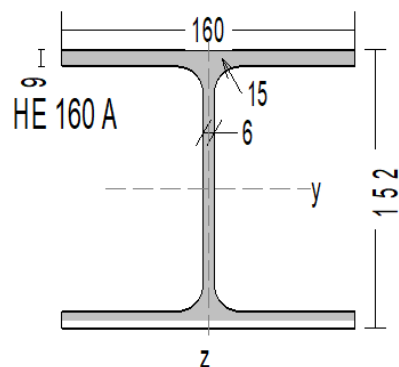
Proračunska djelovanja, Granično stanje uporabljivosti (SLS)  
 Myed,1= 27.85kNm, Myed,s=-44.30kNm, Myed,2= 27.85kNm,  
 Vzед,1A=36.03kN, Vzед,1B=-56.79kN, Vzед,2A=56.79kN, Vzед,2B=-36.03kN

## Čelik

**Popr. presjek HE 160 A-S 355**

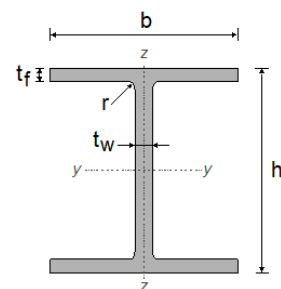
### **Dimenzije popr. presjek**

Dubina popr. presjek	h=	152.00 mm
Width popr. presjek	b=	160.00 mm
dubina	hw=	143.00 mm
Dubina ravnog dijela	dw=	104.00 mm
Rebro debljina	tw=	6.00 mm
Flange debljina	tf=	9.00 mm
radijus	r=	15.00 mm
Masa	=	30.40 Kg/m



### **Svojstva popr. presjek**

A=	3877 mm <sup>2</sup>	Iz=	6.156x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>
Iy=	16.730x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	Wz=	76.900x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Wy=	220.10x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	Wpz=	117.60x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
Wpy=	245.10x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iz=	39.8 mm
iy=	65.7 mm	Avy=	2880 mm <sup>2</sup>
Avz=	1321 mm <sup>2</sup>	ip=	77 mm
It=	0.122x10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>		
Wt=	13.549x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		
Iw=	31.410x10 <sup>9</sup> mm <sup>6</sup>		



## Granično stanje uporabljivosti (SLS)

### Nosač progibi

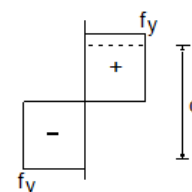
Opterećenje G+Q: w1=10.3mm=L/379, w2=10.3mm=L/379, L/379<L/200  
 Opterećenje Q: w1= 4.8mm=L/813, w2= 4.8mm=L/813, L/813<L/360

ZADOVOLJAVA

## Klasifikacija popr. presjeka, Savijanje My

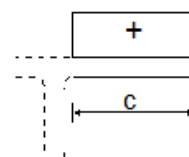
### Rebro

c=152.0-2x9.0-2x15.0=104.0 mm, t=6.0 mm, c/t=104.0/6.0=17.33  
 S 355, t= 6.0<= 40 mm, fy=355 N/mm<sup>2</sup>, ε=(235/355)<sup>0.5</sup>=0.81  
 c/t=17.33<=72ε=72x0.81=58.32  
 razred 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



### Pojasnica

c=160.0/2-6.0/2-15.0=62.0 mm, t=9.0 mm, c/t=62.0/9.0=6.89  
 S 355, t= 9.0<= 40 mm, fy=355 N/mm<sup>2</sup>, ε=(235/355)<sup>0.5</sup>=0.81  
 c/t=6.89<=9ε=9x0.81=7.29  
 razred 1 (EN1993-1-1, Tab.5.2)



**Potpuni presjek je Razred 1, Savijanje My,ed**

**Otpornost popr. presjek, Nosač presjek**

## Granično stanje nosivosti, Verifikacija za savijanje moment y-y

**My.ed= 62.09 kNm**

Savijanje Otpornost Mply,rd=Wply·fy/γM0=[10<sup>-6</sup>]x245.10x10<sup>3</sup>x355/1.00= 87.01kNm

$M_{y,ed} = 62.09 \text{ kNm} < 87.01 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}$ , ZADOVOLJAVA  
 $M_{y,ed}/M_{y,rd} = 62.09/87.01 = 0.714 < 1$

**Granično stanje nosivosti, Verifikacija za posmik z**

**Vz,ed= 79.60 kN**

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 3877 - 2 \times 160.0 \times 9.0 + (6.0 + 2 \times 15.0) \times 9.0 = 1321 \text{ mm}^2$   
 $A_v = 1321 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (152.0 - 2 \times 9.0) \times 6.0 = 1.00 \times 143.0 \times 6.0 = 858 \text{ mm}^2$

Plastic Posmik Otpornost

$V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / 3)^{0.5} / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 1321 \times (355 / 1.73) / 1.00 = 270.75 \text{ kN}$

$V_{z,ed} = 79.60 \text{ kN} < 270.75 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$ , ZADOVOLJAVA

$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 79.60/270.75 = 0.294 < 1$

$h_w/t_w = (152.0 - 2 \times 9.0) / 6.0 = 143.0 / 6.0 = 23.83 < 72 \times 0.81 / 1.00 = 72 \times \eta = 58.32$  ( $\eta = 1.00$ )

S 355,  $t = 6.0 < 40 \text{ mm}$ ,  $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ ,  $\epsilon = (235/355)^{0.5} = 0.81$

**Granično stanje nosivosti, Savijanje i posmik**

**Vz,ed=79.60kN, My,ed=62.09kNm**

$V_{z,ed} = 79.60 \text{ kN} < V_{plz,rd} / 2 = 270.75 / 2 = 135.38 \text{ kN}$

**Bočno izvijanje, (ULS)**

**My,ed=62.09 kN, L=3.900m, Lcr,y=2.730m, Lcr,z=3.900m, Lcr,lt=3.900m**

*Timoshenko, S.P, Gere, J.M, Theory elastic stability, McGraw-Hill, 1961*

$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 E I_z / (k L)^2] \{ [(k z / k_w)^2 (I_w / I_z) + (k L)^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]^{0.5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$

Metoda proračuna  $C_1, C_2, C_3$  : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Čelik 2006

$\mu = M_o / M = q L^2 / 8 M = -62.1 / 62.1 = -1.00$ ,  $\psi = M_b / M_a = 0.0 / -62.1 = 0.00$ ,  $C_1 = 2.201$ ,  $C_2 = 0.900$

$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

$k \cdot L = 3900 \text{ mm}$ ,  $z_g = h / 2 = 152 / 2 = 76 \text{ mm}$ ,  $z_j = 0 \text{ mm}$  (EN1993:2002 Eq.C.11)

$k_y = 0.7$ ,  $k_z = 1.0$ ,  $k_w = 1.0$ ,  $C_1 = 2.201$ ,  $C_2 = 0.900$ ,  $C_3 = 0.000$

$M_{cr} = [10^{-6}] 2.201 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 6.156 \times 10^6 / 3900^2]$   
 $\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (31.410 \times 10^9 / 6.156 \times 10^6)$   
 $+ 3900^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.122 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 6.156 \times 10^6)$   
 $+ (0.900 \times 76)^2]^{0.5} - (0.900 \times 76) \} = 144.5 \text{ kNm}$

$\lambda_{lt} = (W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})^{0.5} = \{ [10^{-6}] \times 245.10 \times 10^3 \times 355 / 144.5 \}^{0.5} = 0.776$

$h/b = 152/160 = 0.95 < 2.00$  buckling curve: b

imperfection faktor:  $\alpha_{lt} = 0.34$ ,  $\beta = 0.75$ ,  $\chi_{lt} = 0.830$  (T.6.3, T.6.5, Fig.6.4)

$\Phi_{lt} = 0.5 [1 + \alpha_{lt} (\lambda_{lt} - \lambda_{lt0}) + \beta \lambda_{lt}^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (0.776 - 0.40) + 0.75 \times 0.776^2] = 0.790$

$\chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + (\Phi_{lt}^2 - \beta \lambda_{lt}^2)^{0.5}] = 1 / [0.790 + (0.790^2 - 0.75 \times 0.790^2)^{0.5}] = 0.830$

Redukcija faktor  $\chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + (\Phi_{lt}^2 - \beta \lambda_{lt}^2)^{0.5}]$ ,  $\chi_{lt} < 1.0$ ,  $1/\lambda_{lt}^2$ ,  $\chi_{lt} = 0.830$

$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f$ ,  $\chi_{lt,mod} < 1$ ,  $\chi_{lt,mod} < 1/\lambda_{lt}^2 = 1/0.776^2 = 1.66$

$K_c = 0.91$

$f = 1 - 0.5(1 - k_c) [1 - 2.0(-\lambda_{lt} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \times (1 - 0.91) [1 - 2.0 \times (0.776 - 0.8)^2] = 0.955$ ,  $f < 1.0$

$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f = 0.830 / 0.955 = 0.869$ ,  $\chi_{lt,mod} < 1.0$ ,  $\chi_{lt,mod} < 1.66$ ,  $\chi_{lt,mod} = 0.869$

$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.869 \times [10^{-6}] \times 245.10 \times 10^3 \times 355 / 1.00 = 75.61 \text{ kNm}$

$M_{y,ed} = 62.09 \text{ kNm} < 75.61 \text{ kNm} = M_{b,rd}$ , ZADOVOLJAVA

$M_{y,ed}/M_{b,rd} = 62.09/75.61 = 0.821 < 1$

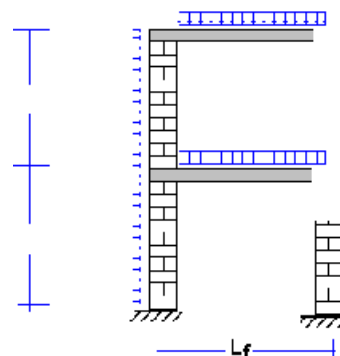
## 4.4. Zidana konstrukcija podruma

(EC6 EN1996-1-1:2005 §5.5)

Klasse1,  $\gamma_M=1.5$   
Zid debljina  $tw_1=300.0\text{mm}$   $tw_2=300.0\text{mm}$   
Pod visina  $hf_1= 2.700\text{m}$   $hf_2= 2.800\text{m}$   
Zid visina  $h_1= 2.500\text{m}$   $h_2= 2.600\text{m}$   
Pod debljina  $tf_1=200.0\text{mm}$   $tf_2=200.0\text{mm}$   
Zid duljina  $L= 7.000\text{ m}$   
Pod Raspon duljina  $L_f= 6.500\text{ m}$

razred A  
 $f_b=70.000\text{ N/mm}^2$   
težina  $\rho= 16.4\text{ kN/m}^3$   
Kategorija Kategorija I  
Group Group 1  
Konačni koef. puzanja  $\phi_{oo}= 2.00$

Mort M2 general  
Tlak čvrstoća  $f_m= 5.000\text{ N/mm}^2$



### Proračun Opterećenja

Trajno opterećenje na podove  $g_{k1}= 2.00\text{kN/m}^2$   $g_{k2}= 2.00\text{kN/m}^2$   
Pokretno opterećenje na podove  $q_{k1}= 2.00\text{kN/m}^2$   $q_{k2}= 2.00\text{kN/m}^2$   
Proračun Opterećenja  $1.35g_k+1.50q_k$   $Q_{k1}= 5.70\text{kN/m}^2$   $Q_{k2}= 5.70\text{kN/m}^2$   
Vjetar opterećenje na zid povr.  $q_{wk}= 0.36\text{ kN/m}^2$   
Modul elastičnosti za Zid  $E_w= 17.4\text{ GPa}$   
Modul elastičnosti za Podove  $E_c= 30.0\text{ GPa}$   
Horizontal potresno sila koef.  $H/V= 0.253$   
Opterećenje komb. faktors  $\gamma_G=1.35$ ,  $\gamma_Q=1.50$ ,  $\psi=0.30$

### Potresno Opterećenje (EC8 4.3.3.2.3)

Vertikalno opterećenje na bazi pod ( $g+0.30q$ )  $N_{ed1}=293.9\text{kN}$   $N_{ed2}=148.7\text{kN}$   
Total horizontal sila at Zgrada base  $0.253 \times 293.93 = 74.36\text{ kN}$   
Horizontal potresno sila at pod nivo  $F_1= 30.5\text{kN}$   $F_2= 43.9\text{kN}$   
Visina iznad tla potresno sila  $z_1=2.700\text{m}$   $z_2=5.500\text{m}$   
Horizontal sila na bazi pod  $H_{ed1}= 74.4\text{kN}$   $H_{ed2}= 43.9\text{kN}$   
Moment potresno sile na bazi pod  $M_{ed1}= 324\text{kNm}$   $M_{ed2}= 123\text{kNm}$

### Karakter. tlak čvrstoća zida

Mort : General purpose mortar

$$f_k = K f_b^{0.7} f_m^{0.3}$$

Zida units : Clay units Group 1, Mort : General purpose mortar

$K= 0.55$  (EC6 Tab.3.3)

$$f_k = 0.55 \times 70.000^{0.7} \times 5.000^{0.3} = 17.44\text{ N/mm}^2$$

### Karakter. posmik čvrstoća zida

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_d, f_{vk} \leq 0.065 f_b$$

Zida: Clay units, Mort : General purpose mortar M5

$f_{vko} = 0.20\text{ N/mm}^2$  (EC6 Tab.3.4)

$$f_{vk} = 0.20 + 0.4 \sigma_d, f_{vk} \leq 0.065 \times 70.00 = 4.550\text{ N/mm}^2$$

### Karakter. savijanje čvrstoća zida

Zida units : Clay units, Mort : General purpose mortar  $f_m=5.00\text{ N/mm}^2$



$f_{xk1}=0.10 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{xk2}=0.40 \text{ N/mm}^2$  (EC6 §3.6.3(3))

### Zid panel [Prvi kat], W-2

Pod visina  $h_f = 2.800 \text{ m}$   
Pod Raspon duljina  $L_f = 6.500 \text{ m}$   
Zid visina  $h = 2.600 \text{ m}$   
Zid duljina  $L = 7.000 \text{ m}$   
Zid debljina  $t_w = 300.0 \text{ mm}$   
Pod debljina  $t_f = 200.0 \text{ mm}$   
Trajno opterećenje na podove  $g_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$   
Pokretno opterećenje na podove  $q_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$   
Proračun Opterećenja  $1.35g_k + 1.50q_k$   $Q_k = 5.70 \text{ kN/m}^2$   
Lateral (vjetar) opterećenje  $q_{wk} = 0.36 \text{ kN/m}^2$   
Zida težina  $\rho = 16.4 \text{ kN/m}^3$   
Modul elastičnosti za Zid  $E_w = 17.4 \text{ GPa}$   
Modul elastičnosti za Podove  $E_b = 30.0 \text{ GPa}$   
Opterećenje od pod to zid (ULS)  $(1.35 \times 2.00 + 1.50 \times 2.00) \times 6.50 / 2 = 18.52 \text{ kN/m}$   
Trajno opterećenje od pod  $2.00 \times 6.50 / 2 = 6.50 \text{ kN/m}$   
Vl. težina zid  $2.600 \times 0.300 \times 16.4 = 12.79 \text{ kN/m}$

Vertikalno opterećenje na vrhu zid (ULS)  $N_{ed1} = 24.52 \text{ kN/m}$   
Vertikalno opterećenje na dnu zid (ULS)  $N_{ed2} = 41.79 \text{ kN/m}$   
Trajno opterećenje na vrhu zid  $N_{edg1} = 206.50 \text{ kN/m}$   
Trajno opterećenje na dnu zid  $N_{edg2} = 219.29 \text{ kN/m}$

### Vertikalno opterećenje ekscentricitet [Prvi kat]

Opterećenje od pod to zid  $(1.35 \times 2.00 + 1.50 \times 2.00) \times 6.50 / 2 = 18.5 \text{ kN/m}$   
Vl. težina zid  $2.600 \times 0.300 \times 16.4 = 12.8 \text{ kN/m}$   
W-2,  $E_w = 17400 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_2 = 1000 \times 300^3 / 12 = 2250 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $h_2 = 2600 \text{ mm}$ ,  $E_w \cdot I_2 / h_2 = 15058 \text{ kNm}$   
W-1,  $E_w = 17400 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_1 = 1000 \times 300^3 / 12 = 2250 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $h_1 = 2500 \text{ mm}$ ,  $E_w \cdot I_1 / h_1 = 15660 \text{ kNm}$   
F-2,  $E_b = 30000 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_b = 1000 \times 200^3 / 12 = 667 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $L = 6500 \text{ mm}$ ,  $E_b \cdot I_b / L = 3077 \text{ kNm}$   
F-1,  $E_b = 30000 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_b = 1000 \times 200^3 / 12 = 667 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $L = 6500 \text{ mm}$ ,  $E_b \cdot I_b / L = 3077 \text{ kNm}$

$Med1 = \eta \cdot [-wL^2 / 12] \cdot (\eta_2 \cdot E_w \cdot I_2 / h_2) / (\eta_2 \cdot E_w \cdot I_2 / h_2 + \eta_b \cdot E_b \cdot I_b / L)$   
 $= 0.95 \times [5.7 \times 6.50^2 / 12] \times 3 \times 15058 / (3 \times 15058 + 3 \times 3077) = -15.81 \text{ kNm/m}$   
 $Med2 = \eta \cdot [wL^2 / 12] \cdot (\eta_2 \cdot E_w \cdot I_2 / h_2) / (\eta_2 \cdot E_w \cdot I_2 / h_2 + \eta_1 \cdot E_w \cdot I_1 / h_1 + \eta_b \cdot E_b \cdot I_b / L)$   
 $= 0.98 \times [5.7 \times 6.50^2 / 12] \times 3 \times 15058 / (3 \times 15058 + 4 \times 15660 + 4 \times 3077) = 7.39 \text{ kNm/m}$

Vertikalno opterećenje na vrhu zid  $N_{ed1} = 24.52 \text{ kN/m}$   
Moment na vrhu zid  $Med1 = -15.81 \text{ kNm/m}$   
Ekscentricitet na vrhu zid  $Med1 / Ned1 = -644.88 \text{ mm}$   
Vertikalno opterećenje na dnu zid  $N_{ed2} = 41.79 \text{ kN/m}$   
Moment na dnu zid  $Med2 = 7.39 \text{ kNm/m}$   
Ekscentricitet na dnu zid  $Med2 / Ned1 = 176.75 \text{ mm}$

### Vitkost omjer [Prvi kat]

Effective visina  $h_{ef} = \rho_n \cdot h$   
 $\rho_2 = 0.75$ ,  $h = 2.600 \text{ m} \leq 1.15L = 1.15 \times 7.000 \text{ m}$ ,  $\rho_3 = \rho_2 / [1 + (\rho_2 \cdot h / L)^2] = 8.05$   
 $h_{ef} = \rho_4 \cdot h = 0.70 \times 2600 = 1810 \text{ mm}$   
Effective debljina  $t_{ef} = \rho_t \cdot t = 1.0 \times 300,0 = 300,0 \text{ mm}$   
Vitkost omjer  $= h_{ef} / t_{ef} = 1810 / 300,0 = 6.03 \leq 27$  ZADOVOLJAVA

### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida vertikalno Opterećenje [Prvi kat]

#### Vertikalno otpornost po jediničnoj duljini zida

$N_{rd} = \phi \cdot t \cdot f_d = \phi \cdot t \cdot (f_k / \gamma_M)$   
 $\phi$  Capacity redukcija faktor, za vitkost i ekscentricitet  
 $f_k = 17.44 \text{ N/mm}^2$  Karakter. tlak čvrstoća masonry



$h/l=0.37$ ,  $\mu=f_{xd1}/f_{xd2}=0.78/0.27=1.00$  Tab.I  
 $\alpha_2=0.006$ ,  $\alpha_1=\mu\alpha_2=1.00\times 0.006=0.006$

$Med_1=\alpha_1 \cdot \text{Wed} \cdot L^2=0.006 \times 0.54 \times 7.000^2 = 0.15 \text{ kNm/m}$   
 $Med_2=\alpha_2 \cdot \text{Wed} \cdot L^2=0.006 \times 0.54 \times 7.000^2 = 0.15 \text{ kNm/m}$

### Moment otpornosti

$Mrd_1 = f_{xd1} \cdot Z = (f_{xk1}/\gamma_M + \sigma) \cdot Z$

$Mrd_2 = f_{xd2} \cdot Z = (f_{xk2}/\gamma_M) \cdot Z$

$f_{xk1} = 0.10 \text{ N/mm}^2$

$f_{xk2} = 0.40 \text{ N/mm}^2$

$Z=bt^2/6=0.01500 \text{ m}^3/\text{m}$

$\sigma_d=212.9/(300.0 \times 1.000) = 0.710 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_d < 0.2 f_{cd} = 0.2 \times 17.44 / 1.50 = 2.325 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1.50$

$f_{xd1} = f_{xk1}/\gamma_M + \sigma = (0.10/1.50 + 0.71) = 0.78 \text{ N/mm}^2$

$f_{xd2} = f_{xk2}/\gamma_M = (0.40/1.50) = 0.27 \text{ N/mm}^2$

$Mrd_1 = 0.78 \times 0.01500 \times (1000) = 11.65 \text{ kNm/m}$

$Mrd_2 = 0.27 \times 0.01500 \times (1000) = 4.00 \text{ kNm/m}$

$Med_1 = 0.15 \text{ kN/m} \leq 11.65 \text{ kNm} = Mrd_1$  ZADOVOLJAVA

$Med_2 = 0.15 \text{ kN/m} \leq 4.00 \text{ kNm} = Mrd_2$  ZADOVOLJAVA

### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida posmik opterećenje [Prvi kat]

#### Posmik otpornost

Zid panel  $L = 7.000 \text{ m}$ ,  $H = 2.600 \text{ m}$

Lateral (vjetar) opterećenje  $q_{edw} = 1.50 \times 0.36 = 0.54 \text{ kN/m}^2$

Posmik opterećenje  $V_{edw} = 0.54 \times 2.60 \times 7.00 / (2 \times 2.60 + 2 \times 7.00) = 0.51 \text{ kN/m}$

Trajno opterećenje na vrhu zid  $N_{edg} = 206.50 \text{ kN/m}$

$V_{rd} = t \cdot L_c \cdot f_{vd} = t \cdot L_c \cdot (f_{vk}/\gamma_M)$

$f_{vk} = 0.200 + 0.4\sigma_d$  Karakter. posmik čvrstoća masonry

$\gamma_M = 1.5$  Materijal faktor

$t = 300.0 \text{ mm}$  Zid debljina

$L_c = 1.000 \text{ m}$  Duljina tlačnog dijela zid

$f_{vk} = 0.200 + 0.4\sigma_d$ ,  $f_{vk} \leq 4.550 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_d = N_{ed} / (t \cdot L_c) = 206.50 \times 1000 / (300.0 \times 1000) = 0.688 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk} = 0.200 + 0.4 \times 0.688 = 0.475$ ,  $f_{vk} \leq 4.550$ ,  $f_{vk} = 0.475 \text{ N/mm}^2$

$V_{rd} = t \cdot (f_{vk}/\gamma_M) = 300.0 \times 0.475 / 1.50 = 95.07 \text{ kN/m}$

$V_{ed} = 0.51 \text{ kN/m} \leq 95.07 \text{ kN/m} = V_{rd}$  ZADOVOLJAVA

#### Potresno proračun [Prvi kat]

Vertikalno opterećenje na bazi pod  $(g+0.30q)$   $N_{ed} = 148.7 \text{ kN}$

Horizontal potresno sila at pod nivo  $F = 43.9 \text{ kN}$

Visina iznad tla potresno sila  $z = 5.500 \text{ m}$

Horizontal sila na bazi pod  $H_{ed} = 43.9 \text{ kN}$

Moment potresno sile na bazi pod  $M_{ed} = 123 \text{ kNm}$

Opterećenje ekscentricitet  $e_{xx} = 0.011 \text{ m}$

Duljina tlačnog dijela zid  $L_c = 6.977 \text{ m}$

Materijal faktor  $\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$

### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida vertikalno Opterećenje [Prvi kat]

#### Vertikalno otpornost zid po jediničnoj duljina

$Nrd = \phi \cdot t \cdot fd = \phi \cdot t \cdot (fk / \gamma_M)$   
 $fk = 17.44 \text{ N/mm}^2$  Karakter. tlak čvrstoća masonry  
 $t = 300.0 \text{ mm}$  Zid debljina  
 $\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$  Materijal faktor  
 Opterećenje ekscentricitet  $e_{xx} = 0.011 \text{ m} > 0$   
 Duljina tlačnog dijela zid  $L_c = (L - 2e_{xx}) = (7.000 - 2 \times 0.011) = 6.977 \text{ m}$

#### Redukcija faktor

$\phi_s = 0.85 - 0.0011 (h_{ef} / t_{ef})^2 = 0.85 - 0.0011 \times 6.03^2 = 0.81$

#### Proračun otpornost po jediničnoj duljina

$Nrd = 0.81 \times 300.0 \times 17.44 / 1.50 = 2825.28 \text{ kN/m}$   
 $Ned = Ned / L = 148.68 / 6.977 = 21.31 \text{ kN/m} \leq 2825.28 \text{ kN/m} = Nrd$  ZADOVOLJAVA

#### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida posmik Opterećenje [Prvi kat]

##### Posmik otpornost

$Vrd = t \cdot L_c \cdot f_{vd} = t \cdot L_c \cdot (f_{vk} / \gamma_M)$   
 $f_{vk} = 0.200 + 0.4 \sigma_d$   
 $\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$   
 $t = 300.0 \text{ mm}$  Zid debljina  
 $L_c = 6.977 \text{ m}$  Duljina tlačnog dijela zid  
  
 $f_{vk} = 0.200 + 0.4 \sigma_d$ ,  $f_{vk} \leq 4.550 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_d = Ned / (t \cdot L_c) = 148.68 \times 1000 / (300.0 \times 6.977) = 0.071 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{vk} = 0.200 + 0.4 \times 0.071 = 0.228$ ,  $f_{vk} \leq 4.550$ ,  $f_{vk} = 0.228 \text{ N/mm}^2$   
 $Vrd = t \cdot L_c \cdot (f_{vk} / \gamma_M) = 300.0 \times 6.977 \times 0.228 / 1.50 = 318.73 \text{ kN}$   
 $Ved = 43.89 \text{ kN} \leq 318.73 \text{ kN} = Vrd$  ZADOVOLJAVA

##### Zid panel [Donja etaža]

Pod visina	hf= 2.700 m
Pod Raspon duljina	Lf= 6.500 m
Zid visina	h= 2.500 m
Zid duljina	L= 7.000 m
Zid debljina	tw= 300.0 mm
Pod debljina	tf= 200.0 mm
Zid visina above	h1= 2.600 m
Trajno opterećenje na podove	gk= 2.00 kN/m <sup>2</sup>
Pokretno opterećenje na podove	qk= 2.00 kN/m <sup>2</sup>
Proračun Opterećenja	Qk= 5.70 kN/m <sup>2</sup>
Lateral (vjetar) opterećenje	qwk= 0.36 kN/m <sup>2</sup>
Zida težina	$\rho = 16.4 \text{ kN/m}^3$
Modul elastičnosti za Zid	Ew= 17.4 GPa
Modul elastičnosti za Podove	Eb= 30.0 GPa
Opterećenje od pod to zid (ULS)	$(1.35 \times 2.00 + 1.50 \times 2.00) \times 6.50 / 2 = 18.52 \text{ kN/m}$
Trajno opterećenje od pod	$2.00 \times 6.50 / 2 = 6.50 \text{ kN/m}$
Vl. težina zid	$2.500 \times 0.300 \times 16.4 = 12.30 \text{ kN/m}$
Vertikalno opterećenje na vrhu zid (ULS)	Ned1= 60.31 kN/m
Vertikalno opterećenje na dnu zid (ULS)	Ned2= 76.91 kN/m
Opterećenje od zid above (ULS)	41.79 kN/m
Trajno opterećenje na vrhu zid	Nedg1= 225.79 kN/m
Trajno opterećenje na dnu zid	Nedg2= 238.09 kN/m

##### Vertikalno opterećenje ekscentricitet [Donja etaža]

Opterećenje od pod zid  $(1.35 \times 2.00 + 1.50 \times 2.00) \times 6.50 / 2 = 18.5 \text{ kN/m}$   
 Vl. težina zid  $2.500 \times 0.300 \times 16.4 = 12.3 \text{ kN/m}$   
 Opterećenje od zid 41.8 kN/m  
 W-2,  $E_w = 17400 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_2 = 1000 \times 300^3 / 12 = 2250 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $h_2 = 2600 \text{ mm}$ ,  $E_w \cdot I_2 / h_2 = 15058 \text{ kNm}$   
 W-1,  $E_w = 17400 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_1 = 1000 \times 300^3 / 12 = 2250 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $h_1 = 2500 \text{ mm}$ ,  $E_w \cdot I_1 / h_1 = 15660 \text{ kNm}$   
 F-1,  $E_b = 30000 \text{ N/mm}^2$ ,  $I_b = 1000 \times 200^3 / 12 = 667 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ ,  $L = 6500 \text{ mm}$ ,  $E_b \cdot I_b / L = 3077 \text{ kNm}$

$$Med1 = \eta \cdot [-wL^2/12] \cdot (\eta_1 \cdot E_w \cdot I_1/h_1) / (\eta_1 \cdot E_w \cdot I_1/h_1 + \eta_2 \cdot E_w \cdot I_2/h_2 + \eta_b \cdot E_b \cdot I_b/L)$$

$$= 0.97 \times [5.7 \times 6.50^2/12] \times 4 \times 15660 / (4 \times 15660 + 3 \times 15058 + 4 \times 3077) = -10.17 \text{ kNm/m}$$

$$Med2 = \eta \cdot [wL^2/12] \cdot (\eta_1 \cdot E_w \cdot I_1/h_1) / (\eta_1 \cdot E_w \cdot I_1/h_1 + \eta_b \cdot E_b \cdot I_b/L)$$

$$Med2 = -0.50 \times 10 = -5 \text{ kNm/m}$$

Vertikalno opterećenje na vrhu zid Ned1= 60.31 kN/m  
 Moment na vrhu zid Med1= -10.17 kNm/m  
 Ekscentricitet na vrhu zid Med1/Ned1=-168.58 mm  
 Vertikalno opterećenje na dnu zid Ned2= 76.91 kN/m  
 Moment na dnu zid Med2= 5.08 kNm/m  
 Ekscentricitet na dnu zid Med2/Ned1= 66.09 mm

#### Vitkost omjer [Donja etaža]

Effective visina hef=ρn·h  
 ρ2=0.75, h=2.500m<=1.15L=1.15x7.000m,  
 ρ3=ρ2/[1+(ρ2·h/L)²]=8.05  
 hef = ρ4·h = 0.70x2500 =1749 mm  
 Effective debljina tef =ρt·t = 1.0x300.0 = 300.0mm  
 Vitkost omjer = hef/tef=1749/300.0=5.83 <= 27 ZADOVOLJAVA

#### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida vertikalno Opterećenje [Donja etaža]

##### Vertikalno otpornost zid po jediničnoj duljina

Nrd = Φ·t·fd=Φ·t·(fk/γM)  
 Φ redukcija faktor, za vitkost i ekscentricitet  
 fk = 17.44 N/mm² Karakter. tlak čvrstoća masonry  
 t = 300.0 mm Zid debljina  
 γM = 1.50 Materijal faktor  
 Duljina tlačnog dijela zid Lc=7.000 m

##### Redukcija faktor, Vrh zid

Φ1 = 1-2(e1/t)  
 e1 = (M1d/N1d) +eh+ei >= 0.05t  
 (M1d/N1d) = 168.58 mm vertikalno opterećenje ekscentricitet  
 eh = 0.00 mm horizontal opterećenja effect  
 ei=hef/450= 1749.0/450=3.89 mm početni ekscentricitet  
 e1=(M1d/N1d)+eh+ei=168.58+0.00+3.89=172.47>0.05x300.00=15.00, e1=172.47 mm  
 e1=172.47mm >0.45t=135.0mm, e1=0.45x300.0=135.0mm  
 Φ1 = 1-2(e/t)=1-2x(135.00/300.0)=0.10

##### Proračun otpornost po jediničnoj duljina, Vrh zid

Nrd=0.10x300.0x17.44/1.50=348.80 kN/m  
 Ned=N1ed = 60.31 kN/m <= 348.80 kN/m=Nrd ZADOVOLJAVA

##### Redukcija faktor, Dno zid

Φ2 = 1-2(e2/t) (EC6 Eq.6.4)  
 e2 = (M2d/N2d) +eh+ei >= 0.05t  
 (M2d/N2d) = 66.09 mm vertikalno opterećenje ekscentricitet  
 eh = 0.00 mm horizontal opterećenja effect  
 ei=hef/450= 1749.0/450=3.89 mm početni ekscentricitet  
 e2=(M2d/N2d)+eh+ei=66.09+0.00+3.89=69.98>0.05x300.00=15.00, e2=69.98 mm  
 Φ2 = 1-2(e/t)=1-2x(69.98/300.0)=0.53

##### Proračun otpornost po jediničnoj duljina, Dno zid

Nrd=0.53x300.0x17.44/1.50=1848.64 kN/m  
 Ned=N2ed = 76.91 kN/m <= 1848.64 kN/m=Nrd ZADOVOLJAVA

##### Redukcija faktor, Sredina zid

Φm = A1·e^-u²/2  
 em = (Mmd/Nmd) +eh+ei >= 0.05t



$V_{rd} = t \cdot (f_{vk}/\gamma_M) = 300.0 \times 0.501 / 1.50 = 100.21 \text{ kN/m}$   
 $V_{ed} = 0.50 \text{ kN/m} \leq 100.21 \text{ kN/m} = V_{rd}$  ZADOVOLJAVA

#### Potresno proračun [Donja etaža]

Vertikalno opterećenje na bazi pod (g+0.30q)	Ned= 293.9 kN
Horizontal potresno sila at pod nivo	F= 30.5 kN
Visina iznad tla potresno sila	z= 2.700 m
Horizontal sila na bazi pod	Hed= 74.4 kN
Moment potresno sile na bazi pod	Med= 324 kNm
Opterećenje ekscentricitet	exx= 0.231 m
Duljina tlačnog dijela zid	Lc= 6.538 m
Materijal faktor	$\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$

#### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida vertikalno Opterećenje [Donja etaža]

##### Vertikalno otpornost zid po jediničnoj duljina

$N_{rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d = \Phi \cdot t \cdot (f_k / \gamma_M)$

$\Phi$	Capacity redukcija faktor, za vitkost i ekscentricitet
$f_k = 17.44 \text{ N/mm}^2$	Karakter. tlak čvrstoća masonry
$t = 300.0 \text{ mm}$	Zid debljina
$\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$	Materijal faktor
Opterećenje ekscentricitet $exx = 0.231 \text{ m} > 0$	
Duljina tlačnog dijela zid $L_c = (L - 2exx) = (7.000 - 2 \times 0.231) = 6.538 \text{ m}$	

##### Redukcija faktor

$\phi_s = 0.85 - 0.0011 (h_{ef}/t_{ef})^2 = 0.85 - 0.0011 \times 5.83^2 = 0.81$

##### Proračun otpornost po jediničnoj duljina

$N_{rd} = 0.81 \times 300.0 \times 17.44 / 1.50 = 2825.28 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = N_{ed} / L = 293.93 / 6.538 = 44.96 \text{ kN/m} \leq 2825.28 \text{ kN/m} = N_{rd}$  ZADOVOLJAVA

#### Granično stanje nosivosti (ULS), Zida posmik Opterećenje [Donja etaža]

##### Posmik otpornost

$V_{rd} = t \cdot L_c \cdot f_{vd} = t \cdot L_c \cdot (f_{vk} / \gamma_M)$

$f_{vk} = 0.200 + 0.4\sigma_d$	Karakter. posmik čvrstoća masonry
$\gamma_M = (2/3) \gamma_M = 1.50$	Materijal faktor (EC6 §2.4.3 EC8 9.6(3))
$t = 300.0 \text{ mm}$	Zid debljina
$L_c = 6.538 \text{ m}$	Duljina tlačnog dijela zid
$f_{vk} = 0.200 + 0.4\sigma_d$ ,	$f_{vk} \leq 4.550 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_d = N_{ed} / (t \times L_c) = 293.93 \times 1000 / (300.0 \times 6538) = 0.150 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk} = 0.200 + 0.4 \times 0.150 = 0.260$ ,  $f_{vk} \leq 4.550$ ,  $f_{vk} = 0.260 \text{ N/mm}^2$

$V_{rd} = t \cdot L_c \cdot (f_{vk} / \gamma_M) = 300.0 \times 6.538 \times 0.260 / 1.50 = 339.90 \text{ kN}$

$V_{ed} = 74.36 \text{ kN} \leq 339.90 \text{ kN} = V_{rd}$  ZADOVOLJAVA

## 5. Zaključak

Nakon izvršenog obilaska građevine - odnosno dijela stambene zgrade - podrum, pregledom oštećenja, provedena je okvirna analiza potrebnih zahvata na istome. Konstrukcija nije značajno oštećena. Zamijećena su oštećenja u samome podrumu na temeljima, zidovima i dijelom na stropovima. Nisu zamijećena oštećenja konstrukcije koja bi upućivala na pojavu gubitka stabilnosti pojedinih elemenata vertikalne konstrukcije. Prema postojećem pravilniku prijedloga zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom, napravljen je statički proračun za podrumski dio, te se predlaže sljedeći način sanacije navedenog dijela građevine.

Potrebno je kompletno osigurati postojeći strop podruma podupiračima („šteherima“) prije početka izvođenja radova. Prvih pet sjevernih nosivih greda stropa potrebno je ukloniti te zamijeniti istovjetnim, novim gredama zbog iznimno lošeg stanja u kojem se grede kao nosači nalaze.

Sasvim južnu nosivu gredu također maknuti na mjestu gdje dolazi stubište. Truli dio grede potrebno je otpiliti te je tada moguće cijelu gredu pomaknuti prema istočnom zidu, dalje od otvora u stropu. Strop se mora podaskati fosnama kako bi se odmah uz novi strop dobilo i dodatno učvršćivanje grednih nosača. Prije toga potrebno je izvesti pripremu svih elektroinstalacija unutar budućeg stropa. Postava dva uzdužna HEA- nosača prema nacrtima i proračunu u smjeru sjever-jug. Nosače obavezno poduprijeti na pravilnom razmaku šteherima.

Rušenje improviziranih stupova od opeke, sve prema nacrtima na kraju ovog rada. Iskop i podbetoniranje postojećih temelja ab temeljnim poprečnim gredama 20/20 cm, armirano sa 4 $\Phi$ 12 uzdužnom armaturom te  $\Phi$ 8/20 cm poprečnom armaturom (vilice). Podbetoniranje vršiti kampadno, u fazama, isto kao i iskop. Podbetonirava se do maksimalno 20 cm unutar postojećeg temelja na razmaku od 1,3 m.

Podnu ploču debljine 25 cm armirat u dvije zone sa Q503 mrežama. Podnu ploču potrebno je također ankerirati u postojeći temelj zgrade sa  $\Phi$ 10 šipkama na razmaku od 20 cm, uz zaštitni sloj od 2,5 cm. Ako će se oni piliti i ostavljati u ab ploči, tada je potrebno provesti sve mjere osiguranja izolacijama kako kasnije nebi došlo do dizanja vode kroz šuplji šteher u podnu ploču podruma.

Izgradnja zidova i stupova te spajanje sa EA-nosačima. Od iznimne je važnosti da se uspostavi dobar kontakt stupa/zida sa HEA nosačima zbog daljnjeg prijenosa opterećenja te da se spriječe eventualna slijeganja odnosno progibi stropa podruma.

U prilogu se nalaze nacrti sa rješenjem sanacije predmetne građevine.





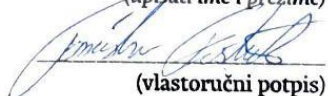
IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

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

Ja, TOMISLAV FISTEK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OBNOVA POPRAVAK I OZBUNJAVANJE TETELJA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

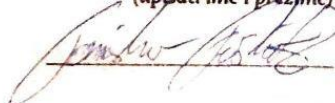
  
(vlastoručni potpis)

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

Ja, TOMISLAV FISTEK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OBNOVA POPRAVAK I OZBUNJAVANJE TETELJA (upisati naslov) čiji sam autor/ica. TETELJAS KONSTRUKCIJE STAMBENOG OBLASTI

Student/ica:

(upisati ime i prezime)



## 6. Literatura

- [1] Chopra, Anil K., Dynamics of Structures - Theory and Application to Earthquake Engineering, Third Edition“, Prentice Hall, New Jersey, 2007.
- [2] Čaušević, M, Potresno inženjerstvo, Školska knjiga, Zagreb, 2001
- [3] Lazarević, D., Dinamika konstrukcija s uvodom u potresno inženjerstvo, Građevinski fakultet Zagreb, 2013.
- [4] Sen, T.K., Fundamentals of seismic loading on structures, Wiley, 2009.
- [5] Basch Oto; Geološki zavod, Zagreb, 1980
- [6] Orešković M. Elaborati ocjena postojećeg stanja konstrukcije zgrada pogođene potresom na zagrebačkom području, travanj-rujan 2020.
- [7] Prijedlog zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području grada Zagreba, Krapinsko-Zagorske županije i Zagrebačke županije, 2020.

Internet izvori:

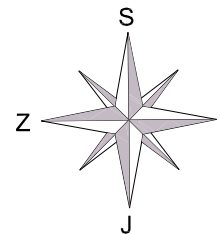
- [8] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodna\\_katastrofa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodna_katastrofa)
- [9] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=49792>
- [10] <https://www.novilist.hr/vijesti/hrvatska/edukacija-o-potresima-kako-nastaju-potresi-i-koliko-jaki-su-oni-rusilacki/>
- [11] <https://geoportal.dgu.hr>
- [12] <https://geoportal.zagreb.hr/Karta?tk=2>
- [13] <https://www.emscsem.org/Earthquake/europe/>
- [14] <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>

## Popis slika

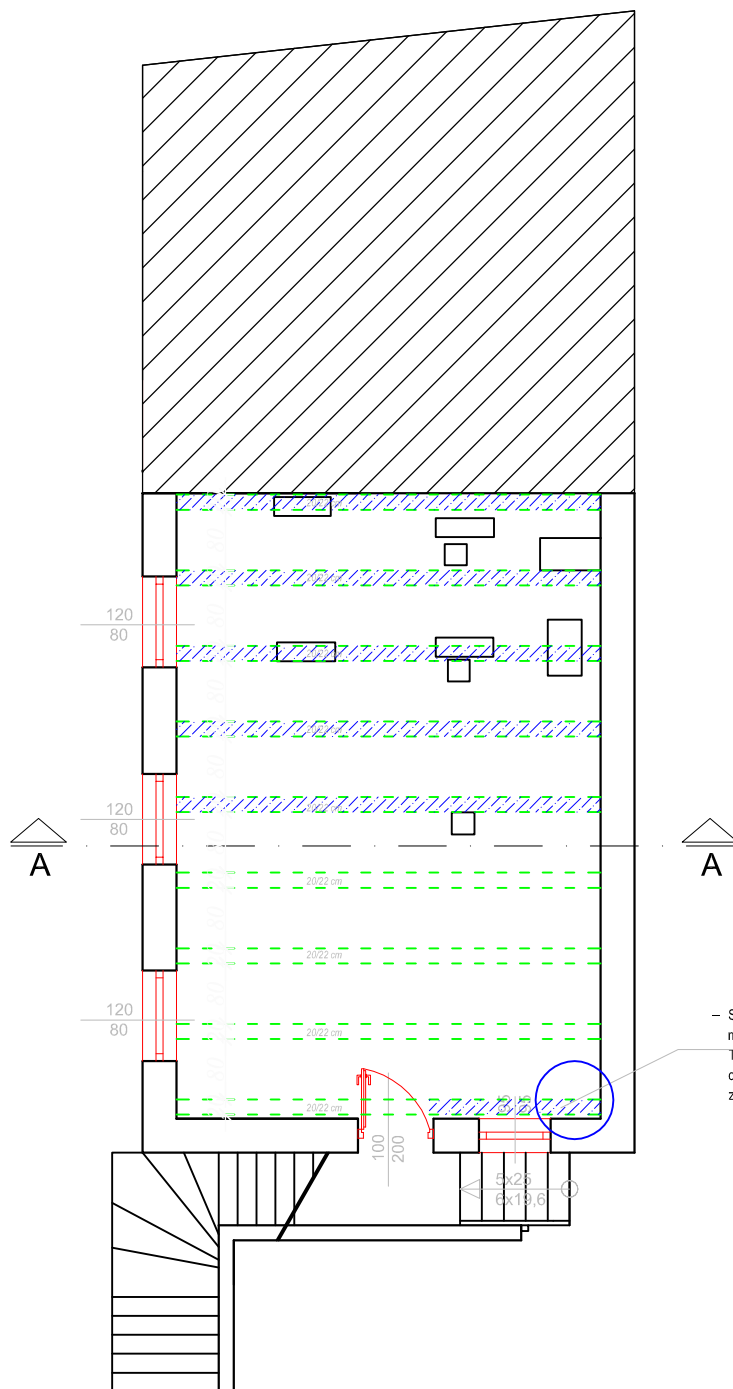
Slika 2.1.	Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice .....	3
Slika 2.2.	Prikaz makrolokacije predmetne katastarske čestice.....	4
Slika 2.3.	Prikaz mikrolokacije prema namjeni u GUP-u Grada Zagreba.....	5
Slika 3.1.	Lokacija građevine .....	11
Slika 3.2.	Tlocrt podruma .....	13
Slika 3.3.	Presjek podruma .....	14
Slika 3.4.	Lokacija predmetne zgrade u odnosu na epicentre potresa u razdoblju od 22.03.2020- -26.03.2020. ....	15
Slika 3.5.	Seizmološki prikaz područja (isječak karte za povratni period od 475 godina).....	16
Slika 3.6.	Predmetna lokacija sa horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (agR) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina.....	17
Slika 3.7.	Osnovna geološka karta promatranog područja .....	19
	(autor: Basch Oto i dr., Geološki zavod, Zagreb, 1980.).....	19
Slika 3.8.	Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima - prikaz oštećenja .....	22
Slika 3.9.	Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima .....	23
Slika 3.10.	Razine oštećenja koje su utvrđivane brzim pregledima .....	24
Slika 3.11.	Pogled na zapadno pročelje predmetne zgrade.....	24
Slika 3.12.	Prikaz stropne konstrukcije u podrumu .....	25
Slika 3.13.	Prikaz stropne konstrukcije u podrumu .....	25
Slika 3.14.	Prikaz stropne konstrukcije u podrumu .....	26
Slika 3.15.	Prikaz stropne konstrukcije u podrumu .....	26
Slika 3.17.	Prikaz temelja podruma.....	27
Slika 3.19.	Južno pročelje vanjske ovojnice.....	28
Slika 3.20.	Zapadno pročelje vanjske ovojnice .....	28
Slika 3.21.	Nacrti predmetne zgrade .....	29
Slika 3.22.	Nacrti predmetne zgrade .....	29
Slika 3.23.	Opće prihvaćene razine obnove.....	30
Slika 3.24.	Tablica povezanosti stupnja rizika i uporabljivosti elemenata zgrade i cijele zgrade.	31

## **Prilozi**

1. TLOCRT PODRUMA - postojeće stanje-
2. TLOCRT TEMELJA - FAZA I -novo stanje-
3. TLOCRT TEMELJA II -novo stanje-
4. TLOCRT PODRUMA -novo stanje-
5. PRESJEK A-A -novo stanje-
6. TLOCRT PODRUMA -KANALIZACIJA -novo stanje-
7. TLOCRT PODRUMA -VODOVODA -novo stanje-
8. DETALJ 1 -Sustav pojačanja nosivog zida mrežama-



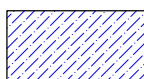
## TLOCRT PODRUMA -postojeće stanje-



- Sasvim južnu nosivu gredu također maknuti na mjestu gdje dolazi stubište. Truli dio grede otpiliti te je tada moguće cijelu gredu pomaknuti prema istočnom zidu, dalje od otvora u stropu.

### LEGENDA

zamjena starih stepenih greda sa novima



postojeći dio



IZRADIO:

Tomislav Fištrek

MENTOR:

dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.

NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA

TLOCRT PODRUMA  
-postojeće stanje-

GRAĐEVINA

STAMBENA ZGRADA - PODRUM

DATUM IZRADE

VARAŽDIN,  
07/2020

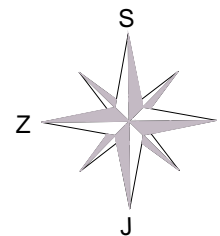
MJERILO

1:100

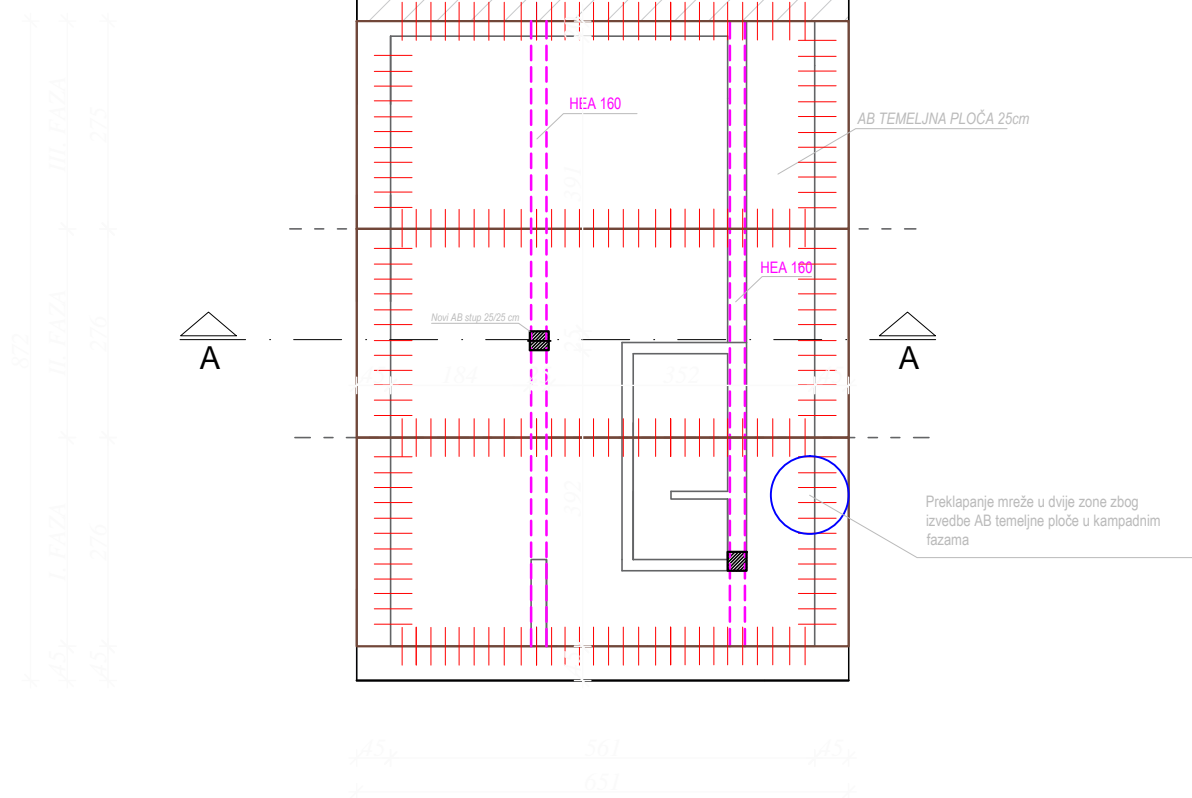
BROJ LISTA

1





## TLOCRT TEMELJA -novo stanje-



Napomena:

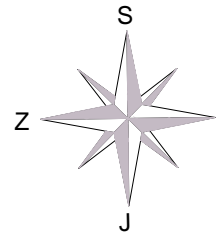
- iskop za podnu ploču vršiti kampadno u fazama
- postaviti HEA 200 nosač i poduprijeti ga podupiračima da drži strop

LEGENDA

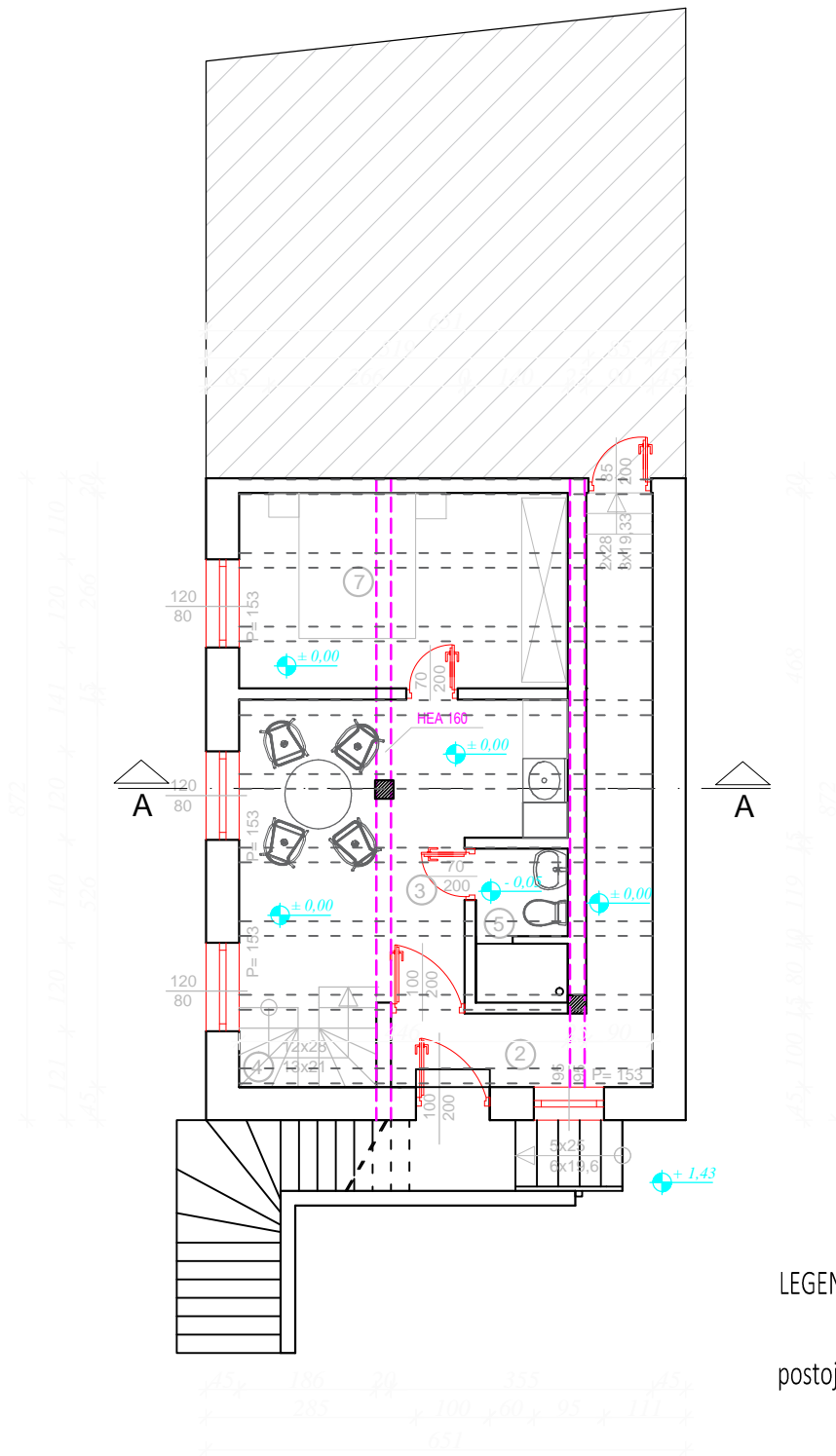
postojeći dio



<b>IZRADIO:</b>			
Tomislav Fištrek			
<b>MENTOR:</b>			
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.			
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA</b>			
<b>TLOCRT TEMELJA FAZA II. -novo stanje-</b>			
<b>GRAĐEVINA</b>			
<b>STAMBENA ZGRADA - PODRUM</b>			
<b>OZNAKA PROJEKTA</b>	<b>DATUM IZRADE</b>	<b>MJERILO</b>	<b>BROJ LISTA</b>
PK-2020-01	VARAŽDIN, 07/2020	1:100	3



## TLOCRT PODRUMA -novo stanje-



PROSTORIJA	OBRADA PODA	NETO POVRŠINA
1. Vanjske stepenice	ker.pločice	2,43 m <sup>2</sup>
2. Hodnik	ker.pločice	9,91 m <sup>2</sup>
3. Blagovanje + dnevni boravak	parket + ker. pločice	12,53 m <sup>2</sup>
4. Stepenice	ker.pločice	2,15 m <sup>2</sup>
5. Kupaonica	ker.pločice	3,32 m <sup>2</sup>
6. Kuhinja	ker.pločice	5,25 m <sup>2</sup>
6. Spavaća soba	parket	8,13 m <sup>2</sup>
UKUPNO:		43,72 m <sup>2</sup>

### LEGENDA

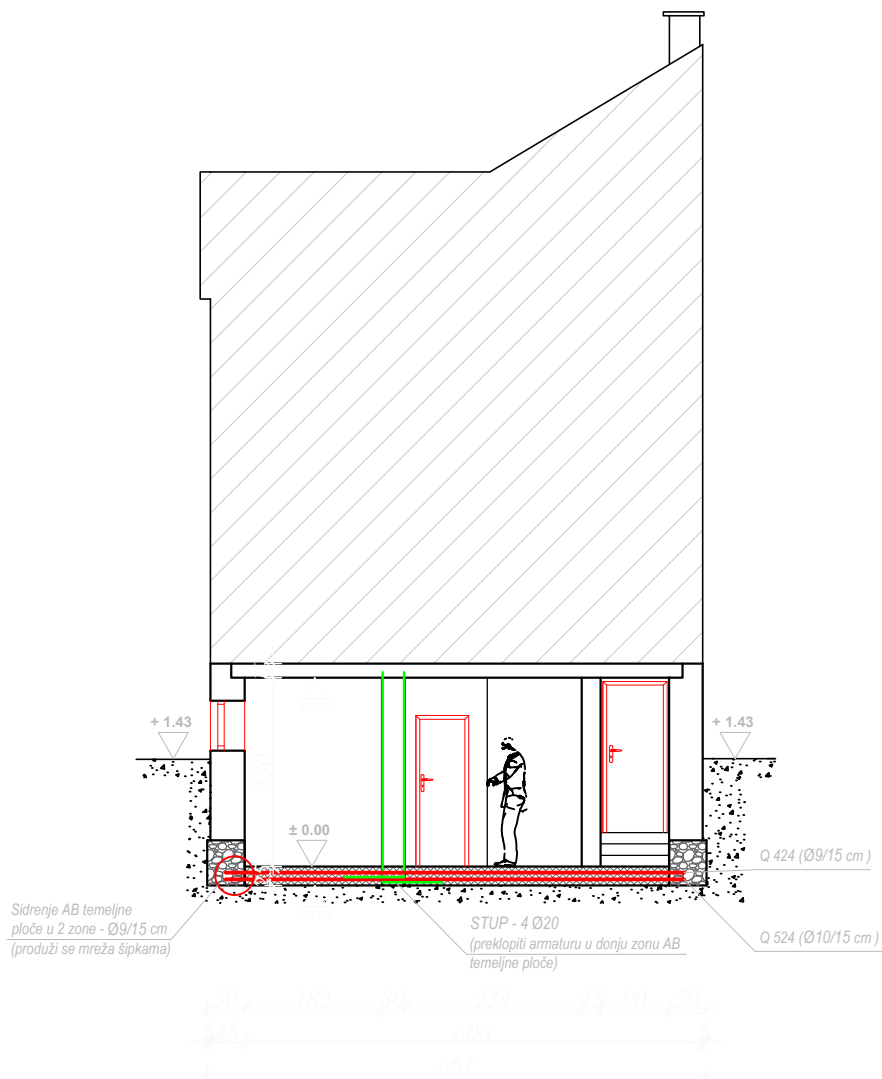
postojeći dio



<b>IZRADIO:</b>		
Tomislav Fištrek		
<b>MENTOR:</b>		
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.		
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA</b>		
<b>TLOCRT PODRUMA -novo stanje-</b>		
<b>GRAĐEVINA</b>		
<b>STAMBENA ZGRADA - PODRUM</b>		
<b>DATUM IZRADE</b>	<b>MJERILO</b>	<b>BROJ LISTA</b>
VARAŽDIN, 07/2020	1:100	4



# PRESJEK A-A -novo stanje-

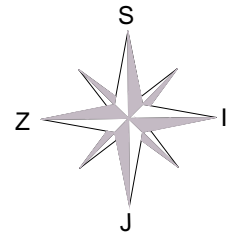


## LEGENDA

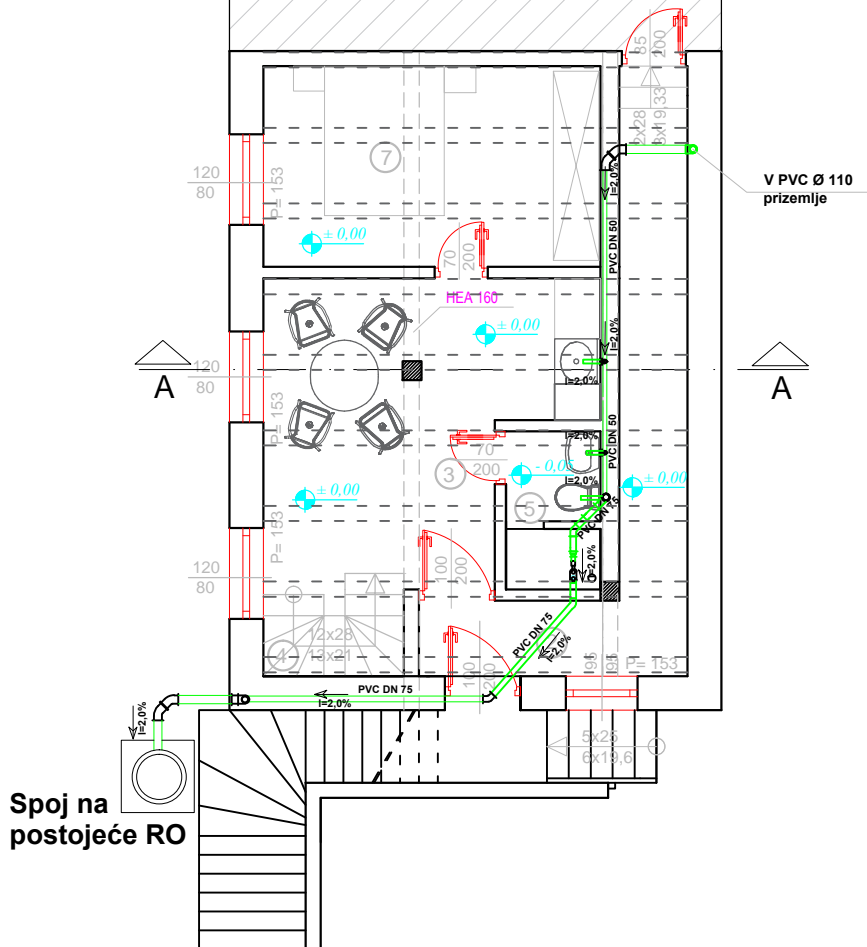
postojeći dio



<b>IZRADIO:</b>		
Tomislav Fištrek		
<b>MENTOR:</b>		
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.		
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA</b>		
<b>PRESJEK A-A -novo stanje-</b>		
<b>GRAĐEVINA</b>		
<b>STAMBENA ZGRADA - PODRUM</b>		
<b>DATUM IZRADE</b>	<b>MJERILO</b>	<b>BROJ LISTA</b>
VARAŽDIN, 07/2020	1:100	5



## TLOCRT PODRUMA KANALIZACIJA -novo stanje-

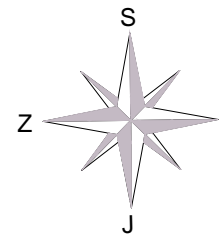


LEGENDA

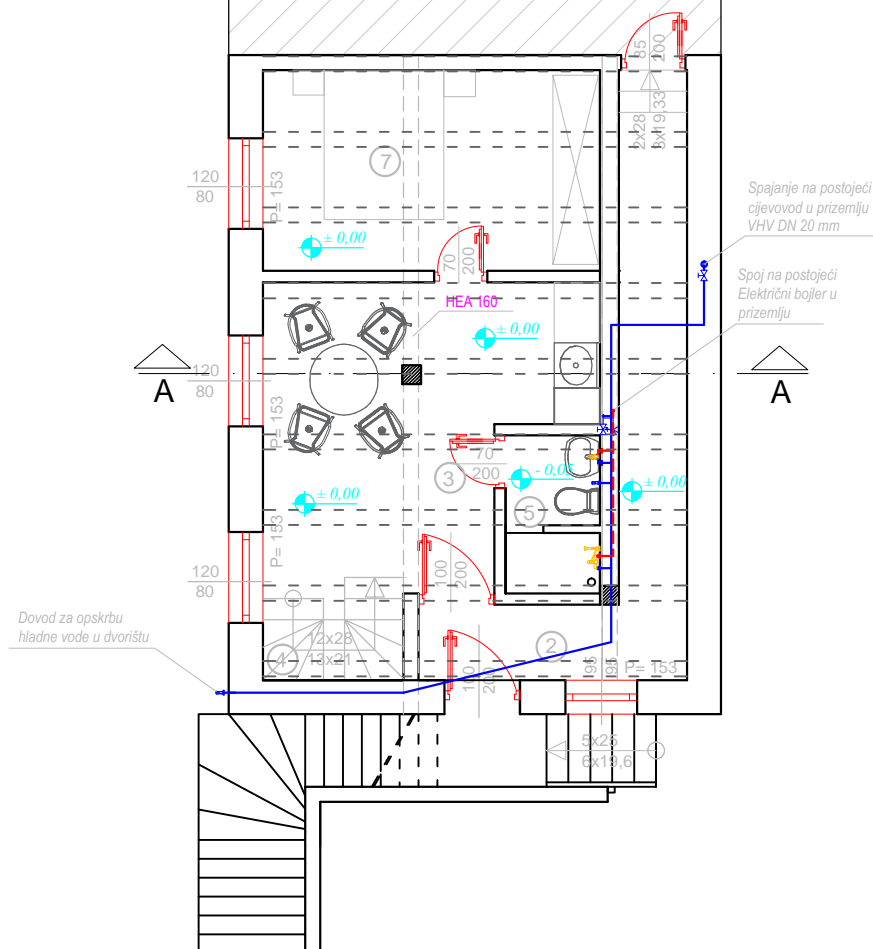
postojeći dio



IZRADIO:		
Tomislav Fištrek		
MENTOR:		
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.		
NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA		
TLOCRT PODRUMA - KANALIZACIJA -novo stanje-		
GRAĐEVINA		
STAMBENA ZGRADA - PODRUM		
DATUM IZRADE	MJERILO	BROJ LISTA
VARAŽDIN, 07/2020	1:100	6



# TLOCRT PODRUMA VODOVOD -novo stanje-

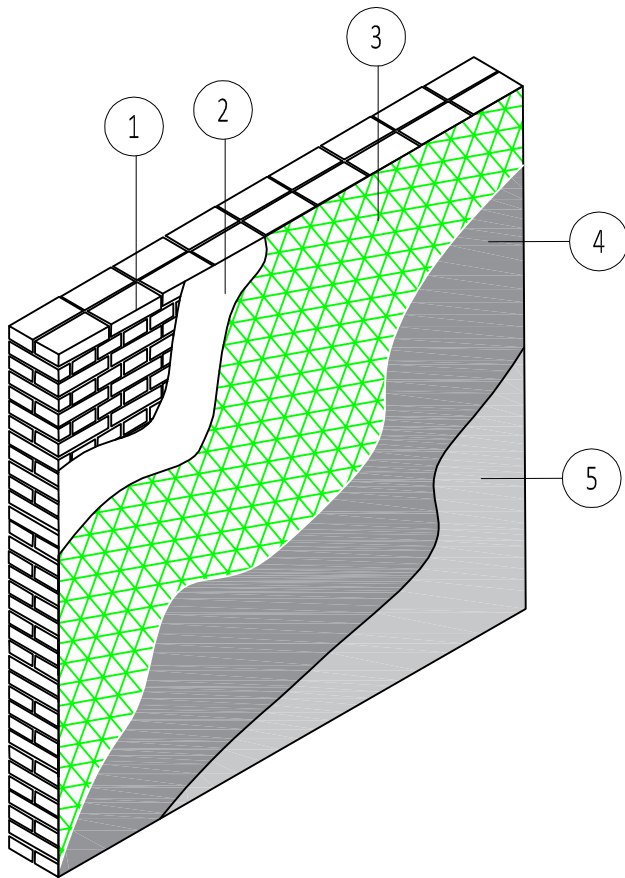


## LEGENDA

postojeći dio



<b>IZRADIO:</b>		
Tomislav Fištrek		
<b>MENTOR:</b>		
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.		
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA</b>		
TLOCRT PODRUMA - VODOVOD -novo stanje-		
<b>GRAĐEVINA</b>		
STAMBENA ZGRADA - PODRUM		
<b>DATUM IZRADE</b>	<b>MJERILO</b>	<b>BROJ LISTA</b>
VARAŽDIN, 07/2020	1:100	7



- 1 - postojeći zid
- 2 - dvokomponentni mort visoke duktilnosti ojačani vlaknima 5-6 mm
- 3 - alkalnootporna mrežica za armiranje od staklenih vlakana (preklop po dužini oko 10 cm)
- 4 - dvokomponentni mort visoke duktilnosti ojačani vlaknima 5-6 mm
- 5 - vapneno cementna žbuka

<b>IZRADIO:</b>		
Tomislav Fištrek		
<b>MENTOR:</b>		
dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.grad.		
<b>NAZIV GRAFIČKOG PRILOGA</b>		
<b>DETALJ 1</b>		
<b>Sustav pojačanja nosivog zida mrežama</b>		
<b>GRAĐEVINA</b>		
<b>STAMBENA ZGRADA - PODRUM</b>		
<b>DATUM IZRADE</b>	<b>MJERILO</b>	<b>BROJ LISTA</b>
VARAŽDIN, 07/2020		8