

## SANACIJA TAVANSKIH I ZABATNIH ZIDOVA OŠTEĆENIH U POTRESU

### REMEDICATION OF ATTIC AND GABLE WALLS DAMAGED IN THE EARTHQUAKE

Dean Čizmar, Ivan Volarić, Šime Serdarević, Ivan Dolibašić

*Tehničko veleučilište u Zagreb, Graditeljski odjel, Avenija Većeslava Holjevca 15, Zagreb*

#### SAŽETAK

Zagreb je tijekom 2020. pogodio niz potresa koji su uzrokovali znatna oštećenja na zagrebačkim gornjogradskim i donjogradskim blokovima. Najznačajnija oštećenja nastala su na nekonstrukcijskim elementima te ovaj rad obrađuje načine sanacije tavanskih i zabatnih zidova. Prilikom projektiranja građevina početkom 20. stoljeća nije se poznavalo djelovanje potresa u dovoljnoj mjeri, te se nisu primjenjivali adekvatni konstruktivni sistemi za gradnju u seizmičkim aktivnim područjima. U radu je prikazana sanacija tavanskog zida na objektu Pierottijeva 11 i zabatnog zida objekta Nazorova 2, koji predstavljaju karakteristične primjere gradnje toga vremena. Navedeni primjeri daju projektantima pregled potencijalnih problema s kojima se mogu susresti prilikom izrade projektne dokumentacije, uz predložena rješenja i prikaz karakterističnih detalja primijenjenih tijekom sanacije.

**Ključne riječi:** *zabatni zid, tavanski zid, drvena konstrukcija, potres, sanacija oštećenja*

#### ABSTRACT

In 2020, Zagreb was struck by a series of earthquakes that caused significant damage to Zagreb upper town and lower town blocks. The most significant damage was inflicted to non-structural elements, and this article discusses with methods of remediation attic and gable walls. During the designing process of the beginning of the 20th century the effects of earthquakes were not sufficiently known, and adequate structural systems for construction in seismically active areas were not applied.

This article presents the remediation of the attic wall on the building located on Pierottijeva street 11 and the gable wall of the building located on Nazorova street 2, which are characteristic examples of construction of that time. These examples give designers an overview of potential problems that may be encountered during the preparation of project documentation, with proposed solutions and an overview of the characteristic details applied during the remediation.

**Keywords:** *gable wall, attic wall, wooden structure, earthquake, remediation of damage*

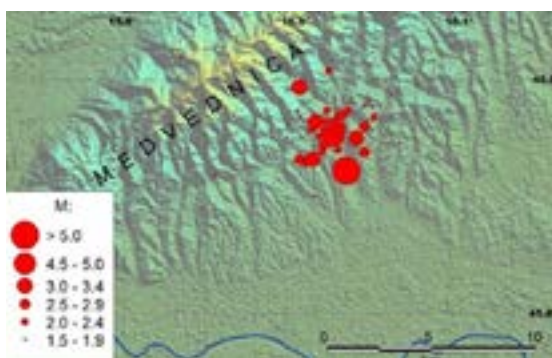
#### 1. UVOD

##### 1. INTRODUCTION

Zagreb vrlo često volimo nazivati malim Bečom kada govorimo o arhitekturi devetnaestog i dvadesetog stoljeća. Tijekom toga vremena u Zagrebu su živjeli i stvarali arhitekti poput Hermanna Bollea, Kune Waidmanna, Milana Lenucija, te mnogi drugi koji su svojim djelovanjem ostavili nama u naslijeđe vrlo vrijedna arhitektonska dostignuća. Današnji pogled na objekte građene u to doba može nas izuzetno zabrinuti, jer njihovo stanje nije ni približno zadovoljavajuće.

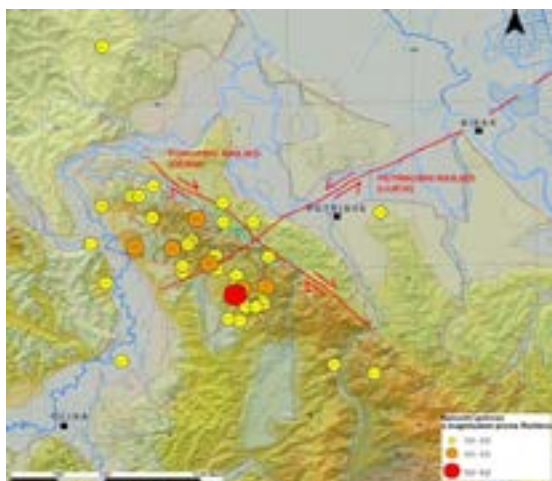
Uz problem dugogodišnjeg neodržavanja predmetne građevine u donjem i gornjem gradu u posljednje dvije godine dodatno su oštećene nizom potresa koji je pogodio područje Zagreba tijekom 2020. i 2021. godine. Epicentar potresa, 22.03.2020., nalazio se sjeveroistočno od centra Zagreba, magnitude 5.5 po Richterovoj ljestvici, a pogodio je lokaciju dana 22.03.2020. u 6:24 sati.

Epicentar recentnih potresa u periodu nakon 28.12.2020. nalazi se cca. 50 km jugoistočno od Zagreba na području grada Petrinje. Niz potresa nastalih na spomenutom području veće je magnitude od 5.0 po Richteru, te je najjači potres bio magnitude 6.2 po Richteru [1]. Najštećeniji dijelovi građevine prilikom navedenih potresa su bili nekonstruktivni elementi tj. dimnjaci, zabatni zidovi i tavanski zidovi koji su uzrokovali znatne štete na krovnim pokrovima. Također isti su predstavljali opasnost po korisnike tavanskih prostora, koji su najčešće bez adekvatne projektne dokumentacije prenamijenjeni u stambene prostore.



**Slika 1** Karta epicentara potresa u zagrebačkom području u razdoblju 22.03.2020. do 26.03.2020. ([http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/o\\_zagrebackom\\_potresu\\_2020](http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020))

**Figure 1** Map of the epicenter of the earthquake in the Zagreb area in the period 03/22/2020 to 03/26/2020 ([http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/o\\_zagrebackom\\_potresu\\_2020](http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020))



**Slika 2** Karta epicentara potresa na području Sisačko-moslavačke županije od 28.12.2020. ([https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/izvjesca\\_o\\_potresima](https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/izvjesca_o_potresima))

**Figure 2** Map of the epicenter of the earthquake in the Sisak-Moslavina County from 12/28/2020 ([https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/izvjesca\\_o\\_potresima](https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/izvjesca_o_potresima))

## 2. NEDOSTACI PRIMIJENJENIH KONSTRUKTIVNIH SISTEMA

### 2. DISADVANTAGES OF APPLIED STRUCTURAL SYSTEMS

Prilikom projektiranja objekata tijekom 19. stoljeća i početkom 20. stoljeća nije se poznavalo djelovanje potresa u dovoljnoj mjeri, te se nisu primjenjivali adekvatni konstruktivni sistemi prilikom projektiranja i gradnje zagrebačkih gornjogradskih i donjogradskih blokova. Građevine iz toga vremena karakteriziraju nosivi opečni zidovi zidani vapnenim mortom koji su najčešće položeni paralelno s ulicom, nosiva ravnina nalazi se uz ulicu, u središnjem dijelu objekta uz stubište, te u dvorišnom dijelu objekta, dok su okomito na ulicu najčešće nosivi samo stubišni zidovi. Međukatne konstrukcije su izvedene od drvenih grednika na razmaku od 90 cm do 100 cm, kao podgled se koristila trska koja se postavljala na drvene daske, djelomično između grednika je umetana štuta kao zvučna izolacija, a na koju su postavljane drvene daske i podna obloga. Najčešće su se drveni grednici samo oslanjali na opečne nosive zidove, te objekti nisu kruti u horizontalnim međukatnim ravninama, zidovi nisu međusobno povezani i ne može se smatrati da postoje horizontalni kruti diskovi. Građevine iz toga vremena koje se nalaze u nizovima najčešće imaju bočne zidove prema susjednim objektima vrlo male debljine od 15 cm do maksimalno 30 cm.

S obzirom na navedeno u zoni tavana se nastavljaju zabatni zidovi koji su u pravilu izvedeni od jednog reda cigle debljine cca. 15 cm kod dvostrešnih drvenih krovništa i tavanski zidovi kod jednostrešnih krovništa koji su također identičnih debljina. Prilikom gradnje gornjogradskih i donjogradskih blokova u Zagrebu nije se gradilo objekte iste visine, koji bi stvorili konstruktivno i vizualno kompaktni gradski blok, kao što je to vidljivo u Parizu. Upravo ovaj način gradnje s denivelacijama susjednih objekata stvorio je značajne štete uslijed djelovanja potresa. Zabatni zidovi i tavanski zidovi nisu bili zaštićeni završnim fasadnim slojevima, atmosferilije su ispirale vapneni mort iz sljubnica, te degradirale strukturu opeke što je uzrokovalo pad čvrstoća.

Također nužno je naglasiti da su prilikom izvedbe zabatnih zidova i tavanskih zidova izostali osnovni konstruktivni sustavi gradnje u potresnim područjima, zabatni zidovi i tavanski zidovi nisu povezivani s krovnom konstrukcijom, te se kao takvi mogu analizirati kao statički sustav konzole.

Provođenjem pregleda objekata oštećenih u potresu, te analizom klasičnih drvenih krovništa na gornjogradskih i donjogradskih blokovima može se zaključiti kako je drvena građa vrlo često u zadovoljavajućem stanju, ali kako čvorovi i povezivanje elemenata nije izvedeno na adekvatan način. Na krovništa koja nemaju adekvatno povezane elemente nije moguće dodatno priključivati zabatne zidove ili tavanske zidove i prenositi dodatno opterećenje vjetra uz djelovanja potresa [2].



**Slika 3** Ispadanje podrožnice iz ležišta – Stambena zgrada Medulićeva 17

**Figure 3** The dropp of the beam from the bearing - Residential building on Medulićeva street 17

Današnje tehnologije građenja prisutne u drvenim konstrukcijama nam omogućavaju primjenu suvremenih spajala s kojima je moguće na adekvatan način prostorno stabilizirati klasičnu drvenu krovnu konstrukciju i uz dodatna pojačanja podrožnica, stupova, ruku i kosnika dobiti konstrukciju koja može preuzeti dodatna opterećenja od zabatnih i tavanskih zidova.

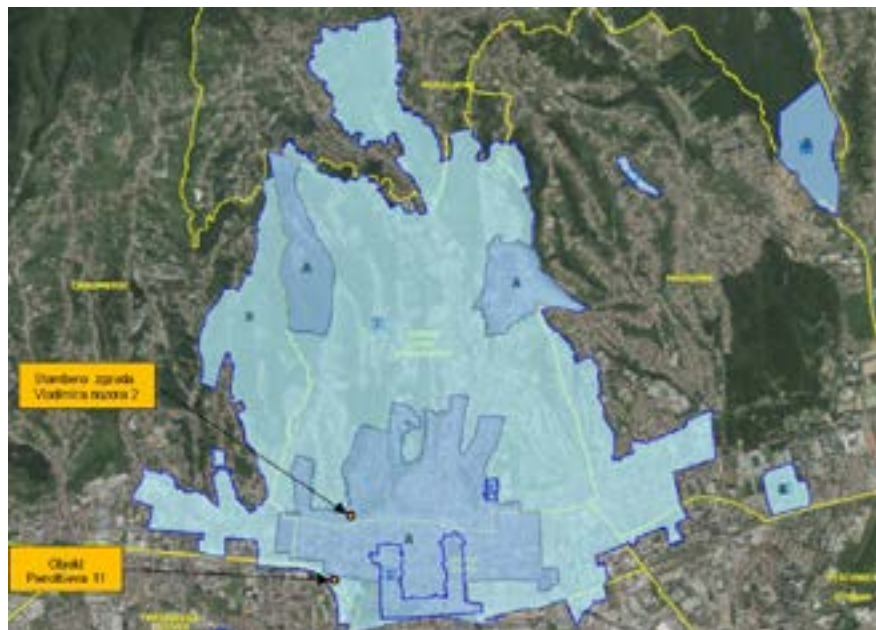
Zabatni i tavanski zidovi su vrlo vitki elementi, na pojedinim građevinama visina prelazi i 500 cm, te prostornu stabilnost nije moguće izvesti samo izvedbom horizontalnih, vertikalnih i kosih serklaža, bez pridržanja u smjeru okomitom na ravninu zida. Takva pridržanja se mogu izvesti projektiranjem ukrutnih greda

koje se oslanjaju na nosive zidove niže etaže i u njih se sidre kemijskim sidrima, ukoliko se nalaze u adekvatnim pozicijama ili izvedbom povezivanja zabatnih zidova s drvenom krovnom konstrukcijom. U situacijama kada se pribjegava povezivanju zabatnih zidova s drvenom krovnom konstrukcijom i kada se ne može primijeniti drugo projektantsko rješenje, svakako je preporučljivo koristiti materijale manje mase kako bi se potresna sila smanjila.

### 3. OGRANIČENJA KONZERVATORA 3. *CONSERVATOR CONSTRAINTS*

Gornji grad, Medveščak te Donji grad nalaze se unutar Povijesne urbane cjeline Grad Zagreb, za koju je rješenjem Ministarstva kulture Klasa: 612/08/02-01/135, od 18. ožujka 2010., utvrđeno svojstvo kulturnog dobra i upisano u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske, broj Registra: Z-1527 (Narodne novine 92/11), te se u navedenoj zoni primjenjuje Zakon o očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine 69/99, 151/03, 157/03, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17 i 90/18). Navedena povijesna urbana cjelina dodatno je podijeljena u zone zaštite A, B i C.

Područje sustava zaštite A ima najviši sustav zaštite od navedene tri zone. Sustav zaštite u zoni A odnosi se na prostorne i građevne strukture izraženih urbanističko – arhitektonskih, kulturno – povijesnih i ambijentalnih vrijednosti, naglašenog značenja za sliku grada s građevnom supstancom visoke spomeničke vrijednosti, koja kao graditeljsko nasljeđe Zagrebu definira njegovu povijesnu urbanu matricu. Zona A odgovara režimu potpune konzervatorske zaštite. Uvjeti zaštite propisuju obvezu sanacije i održavanja svake građevine koja je sačuvala izvorna graditeljska obilježja i koja čini dio povijesne graditeljske strukture, te očuvanje svih zatečenih izvornih graditeljskih značajki, posebno pročelja i krovništa odnosno sprječavanje zahvata koji bi mogli uzrokovati bitne promjene izvornog arhitektonskog koncepta. Područja sustava zaštite B i C nemaju toliko značajnu spomenički vrijednost, ali se prilikom obnove također moraju koristiti izvorni materijali, kako se vizura grada u navedenim zonama ne bi značajno izmijenila.



*Slika 4 Grafički prikaz zona „Povijesne urbane cjeline grada Zagreba“*

*Figure 4 Graphic representation of the zones "Historical urban units of the city of Zagreb"*

Izrađivač tehničke dokumentacije – projektant mora imati dopuštenje za izradu projekta za radove na nepokretnom kulturnom dobru, sukladno odredbama Pravilnika o uvjetima za dobivanje dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine 98/18).

Sukladno navedenom s jedne strane su prisutna ograničenja konzervatora glede primjene izvornih materijala, a s druge strane suvremeni materijali i sigurnost korisnika. Sanacija zabatnih i tavanskih zidova nije moguća bez primjene suvremenih materijala kao što su FRCM sustavi ili izvedba armirano betonskih serklaža [3], a uzrok znatnih oštećenja su upravo povijesni materijali i neadekvatni statički sustavi gradnje u seizmički aktivnim područjima. Trenutno se na gornjogradskim i donjogradskim blokovima provodi niz sanacija zabatnih i tavanskih zidova, tehnička rješenja su različita, ali većina zahvata završava izvedbom nosive strukture, a zabatni i tavanski zidovi opet ostaju nezaštićeni dok je vizura grada narušena. Pretpostavlja se kako se većina zahvata izvodi sa upitnom projektnom dokumentacijom i upitnim suglasnostima konzervatora, a ne radi se o privremenim rješenjima već trajnim konstrukcijama.

Uz dobru koordinaciju s konzervatorima moguće je pomiriti dva navedena pristupa, te je u većini slučajeva moguće ishoditi suglasnost na projekte s armirano betonskim serklažima ili laganom

drvenom konstrukcijom uz uvjet izvođenja završnog fasadnog sloja, kako gradska vizura ne bi bila narušena i kako bi sigurnost korisnika bila osigurana. Najčešće je završni fasadni sloj jedino predmet interesa konzervatora kod zabatnih i tavanskih zidova, a nakon oštećenja uzrokovanih potresom i pristup konzervatorske zaštite se značajno primijenio, te se prvenstveno naglasak stavlja na sigurnost korisnika. Pojedini izuzetci i mjere veće zaštite graditeljske baštine su mogući na pojedinačno šticekim kulturnim dobrima kojih je u Gradu Zagrebu 571, te predstavljaju manjinu oštećenih objekata.

#### **4. SANACIJA TAVANSKOG ZIDA OBJEKTA PIEROTTIJEVA 11**

##### **4. REMEDIATION OF THE ATTIC WALL OF THE BUILDING ON PIEROTTIJEVA STREET 11**

##### **4.1. LOKACIJA I ZATEČENO STANJE**

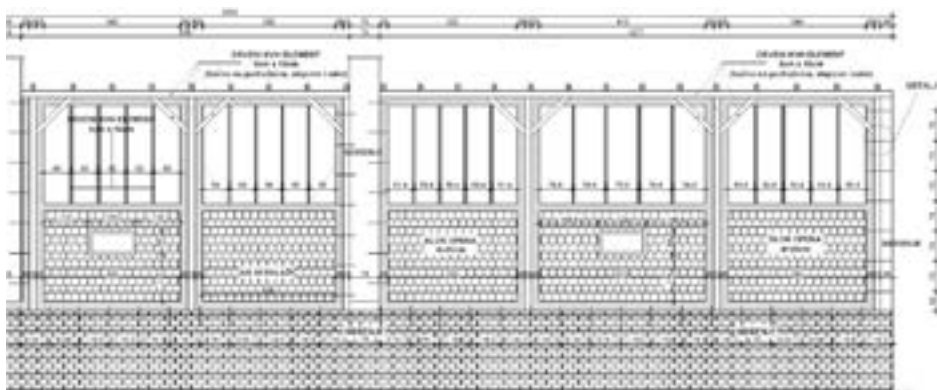
##### **4.1. LOCATION AND CURRENT SITUATION**

Na k.č.br. 2869/3 k.o. Centar projektiran je zahvat sanacije tavanskog zida nakon oštećenja koja su nastala djelovanjem niza potresa nakon 22.03.2020. i 29.12.2020. kako bi se spriječilo daljnje propadanje objekta te uklonila opasnost za korisnike prostora.



*Slika 5 Postojeće stanje tavanskog zida objekta Pierottijeva 11*

*Figure 5 Existing condition of the attic wall of the building on Pierottijeva street 11*



*Slika 6 Karakteristični segment novoprojektiranog tavanskog zida objekta Pierottijeva 11*

*Figure 6 Characteristic segment of the newly designed attic wall of the building on Pierottijeva street 11*

Objekt trenutno ima javnu namjenu, te u cijelom kompleksu djeluje nekoliko neprofitnih udruga. Građevina se sastoji od prizemlja, 1. kata i tavanskog prostora, a nosivi zidovi su izvedeni od pune opeke zidani u vapnenome mortu. U zoni prizemlja i 1. kata debljina zidova varira od 45 cm do 60 cm, zabatni zidovi tavana su debljine 30 cm te nisu vidljiva oštećenja od potresa, ali tavanski zid ima debljinu koja varira od 45 cm do 15 cm uz dodatna 4 opečna dimnjaka koji su sastavni dio zida. Visina tavanskog zida iznosi 550 cm, vertikalni i horizontalni armirano betonski serklaži nisu izvedeni, pridržanje izvan ravnine u zidove nižih etaža ili za krovnu konstrukciju nije izvedeno, zaštita zida fasadnim slojevima nije izvedena, a sve navedeno je uzrokovalo gubitak mehaničke otpornosti i stabilnosti uz urušavanje dijela zida.

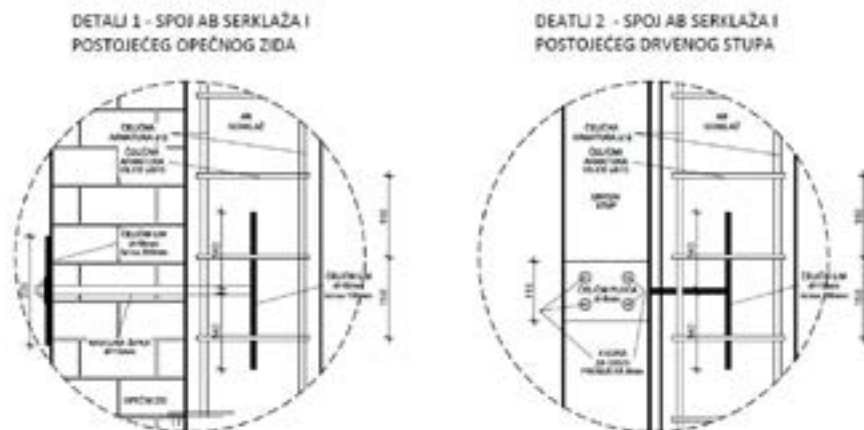
Dodatan problem prilikom izvedbe sanacije predstavljaju susjedni objekti manje visine na koje je potrebno montirati skelu kako bi se mogli izvoditi radovi sanacije na siguran način. Predmetni krovovi nižih objekta imaju oštećen krovni pokrov uslijed pada segmenata

tavanskog zida, drvena krovna konstrukcija je također oštećena uslijed djelovanja atmosferilija, te će prilikom sanacije biti nužno demontirati cijeli krovni pokrov i sanirati drvenu nosivu konstrukciju kako bi se moglo pristupiti montaži skele i sanaciji tavanskih zidova.

#### **4.2. MJERE I PREDLOŽENI NAČIN SANACIJE**

#### **4.2. MEASURES AND THE PROPOSED METHOD OF REMEDIATION**

Projektirani radovi sanacije sastoje se od potpune razgradnje tavanskog zida i dimnjaka do razine posljednje etaže u punoj dužini. Nakon razgradnje potrebno je izvesti horizontalnu oslonjačku gredu debljine 25 cm i širine 25 cm u punoj dužini koja se predviđa sidriti u postojeći zid sidrenim armaturnim šipkama  $\Phi$  14 mm minimalno u dubini od 20 cm - 30 cm. Sidrenje u okomite zidove u odnosu na ravninu tavanskog zida nije moguće ostvariti jer objekt nema niti jedan nosivi zid niže etaže u navedenom smjeru.



*Slika 7 Detalji spojeva novoprojektiranog tavanskog zida objekta Pierottijeva 11*

*Figure 7 Details of the joints of the newly designed attic wall of the building on Pierottijeva street 11*

Povezivanje tavanskog zida s ostatkom objekta moguće je ostvariti jedino izvedbom oslonjačke grede uz povezivanje zida sa krovnom konstrukcijom. Na horizontalnu oslonjačku gredu predloženo je izvesti novi zid od šuplje blok opeke debljine 25 cm.

Zid od blok opeke izvodi se u ukupnoj visini od 225 cm kako bi se smanjila vlastita težina novoizvedenog zida i osigurala bolja prostorna stabilnost. Novo sazidani zid omeđuje se armirano betonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima pri čemu se povezivanje vertikalnih i horizontalnih serklaža ostvaruje zidanjem zidova uz vertikalne serklaže na "šmorc". Vertikalni i horizontalni serklaži na sredini visine i u sljemenu projektirani su dimenzija poprečnog presjeka 20 cm x 25 cm. Uzdužna armatura u serklažima projektirana je kao B500B s 4 armaturne šipke  $\Phi$  12 mm, dok je poprečna projektirana s vilicama  $\Phi$  8 mm na razmaku od 15 cm. U vertikalnim serklažima koji se nalaze uz drveni stup krovne konstrukcije potrebno je ugraditi 6 armaturnih šipki  $\Phi$  12 mm, B500B s vilicama  $\Phi$  8 mm na razmaku od 15 cm. Vertikalni serklaži povezuju se s bočnim (postojećim) zidovima čeličnim elementima posebne geometrije na razmaku od 75 cm. Vertikalni serklaži povezuju se s drvenim stupovima čeličnim elementima posebne geometrije na razmaku od 75 cm.

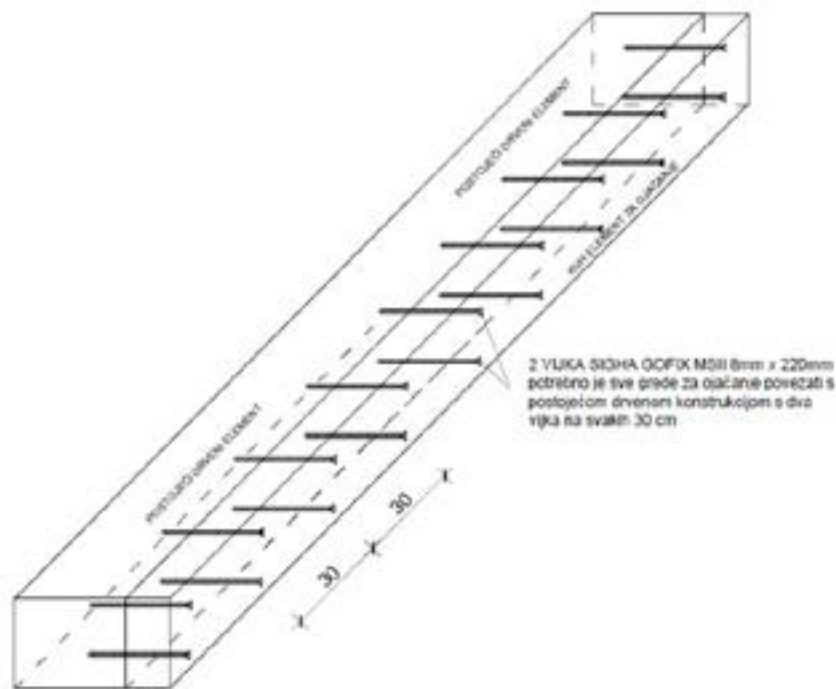
Za horizontalnu stabilizaciju i osiguranje od prevrtanja tavanskog zida izvest će se okomito na ravninu zida, sidrenje IPE 200 čeličnim profilima horizontalnog serklaža na sredini visine tavanskog zida u nasuprotnu podrožnicu i drvenu konstrukciju.

Sidrenje u horizontalni serklaž predviđeno je pomoću čelične pločice debljine 8 mm koja se vari na čelični nosač IPE 200 te sidri u horizontalni serklaž s 4 Sihga BeziFix Anker ZSS 12.5 mm x 280 mm vijka, dok je predviđeno podrožnicu sidriti s 4 Sihga Gofix S+ 8 mm x 125 mm.

Iznad horizontalnog serklaža predviđena je konstrukcija od laganog materijala, drvenih KVH elemenata dimenzija 6 cm x 16 cm koje je predviđeno sidriti u serklaže čeličnim spojnim kutnicama minimalne debljine 5 mm. Na ugrađene drvene KVH elemente predviđena je izvedba drvene podkonstrukcije limenog pokrova od elemenata 5 cm x 8 cm na razmaku ne većem od 70 cm. Predmetno projektantsko rješenje je privremenog karaktera, a prilikom cjelovite obnove objekta će se izvesti dodatni slojevi OSB ploča i termoizolacije, uz završnu fasadnu oblogu.

Kako bi se dodatno prostorno stabilizirala drvena krovna konstrukcija i kako bi se tavanski zid mogao povezati s nosivom drvenom konstrukcijom potrebno je pristupiti ojačanju glavnih nosivih elemenata uz dodatno osiguranje čvorova suvremenim čeličnim spajalima visoke vlačne čvrstoće i duktilnosti.

Sve spojeve postojećih drvenih elemenata krovišta predviđeno je dodatno ojačati u čvorovima s dva vijka Sihga Gofix X+ 8 mm x 295 mm koji se postavljaju pod kutom do 45 stupnjeva u odnosu na dulju stranicu stupa, te tako povezuju drvene elemente. Ojačanje vijcima Gofix X+ 8 mm x 295 mm potrebno je provesti prije povezivanja postojeće drvene konstrukcije s gredama za ojačanje.



**Slika 8** Aksonometrijski prikaz ojačanja postojeće podrožnice objekta Pierottijeva 11

**Figure 8** Axonometric representation of the reinforcement of the existing beam of the building on Pierottijeva street 11

Ruke, stupove i podrožnice krovišta predviđeno je ojačati jednostrano po cijeloj dužini s KVH drvenim elementom dimenzija 8 cm x 16 cm, te ih povezati vijcima Sihga Gofix MS II 8 mm x 220 mm na svakih 30 cm s dva vijka.

## 5. SANACIJA ZABATNOG ZIDA OBJEKTA NAZOROVA 2

### 5. REMEDIATION OF THE GABLE WALL OF THE BUILDING ON NAZOROVA STREET 2

#### 5.1. LOKACIJA I ZATEČENO STANJE

#### 5.1. LOCATION AND CURRENT SITUATION

Stambena zgrada Nazorova 2 smještena je na vrlo prometnoj lokaciji na križanju Nazorova ulici i Britanskog trga na k.č.br. 1311 k.o. Centar, približno je pravokutne tlocrtne strukture, dimenzija 23.40 m x 15.40 m, a sastoji se od podruma, prizemlja, 1. kata, 2. kata i potkrovlja/tavana. Usljed djelovanja niza potresa nakon 22.03.2020. i 29.12.2020. došlo je do urušavanja južnog zabatnog zida koji je bio izveden od jednog reda pune opeke širine cca. 15 cm.

Predmetni južni zabatni zid nije bio zaštićen fasadnim slojevima što je karakteristično za objekte u povijesnom središtu Zagreba, te je kroz godine došlo do ispiranja vezivnog sredstva iz sljubnica i degradacije materijala. Sjeverozapadni zabatni zid se nalazi unutar potkrovnog prostora koji je pretvoren u stambeni 60-tih godina prošlog stoljeća, te se uz sjeverozapadni zabatni zid nalazi stambena zgrada veće visine. Oštećenja sjeverozapadnog zabatnog zida nisu uočena, već se nakon potresa pristupilo sanaciji isključivo južnog zabatnog zida.



**Slika 9** „Saniran“ južni zabatni zida objekta Nazorova 2  
**Figure 9** "Renovated" south gable wall of the building on Nazorova street 2

Prilikom izvedbe urgentnih mjera nakon potresa južni zabatni zid je s obzirom na oštećenja uklonjen. Tom prilikom je izveden novi zabatni zid, koji nema izvedenu oslonjačku gredu koja je usidrena u zidove niže etaže, nije povezan sa ukrutnim gredama na zidove niže etaže s obzirom da u potrebnim pozicijama nema adekvatnih nosivih zidova niže etaže, upitna je izvedba sidrenja u postojeći nadozid na zabat u zoni tavana, te nije izveden kosi serklaž i zid nije povezan s krovnom konstrukcijom kako bi se stabilizirao od ispadanja iz vlastite ravnine.



**Slika 10** Postojeće stanje južnog zabatnog zida objekta Nazorova 2 (pogled sa tavana)

**Figure 10** Existing condition of the southern gable wall of the building on Nazorova street 2 (view from the attic)

Potrebno je posebno naglasiti kako za predmetne radove ne postoji projektna dokumentacija prema kojoj su izvođeni radovi, a stručni nadzor radova također nije bio angažiran. Ovaj način izvođenja radova vrlo često je prisutan na građevinama koji se nalaze unutar kulturno povijesne cjeline, te uz nedostatke sa sigurnosne strane uzrokuje nepopravljivu štetu na kulturnoj baštini.

Prilikom pojave budućeg eventualnog potresa većeg intenziteta postoji mogućnost ispadanja predmetnog zabatnog zida iz ravnine, koje može uzrokovati slom krovne konstrukcije susjednog nižeg objekta u zoni potkrovlja koje se koristi u stambene svrhe, te je nužna demontaža zida i sanacija u skladu s projektnom dokumentacijom.

## 5.2. MJERE I PREDLOŽENI NAČIN SANACIJE

### 5.2. MEASURES AND THE PROPOSED METHOD OF REMEDIATION

Neadekvatno izvedeni zabatni zid od šuplje blok opeke predviđa se ukloniti do razine poda tavana. U razini poda tavana predviđa se izvesti oslonjačka armirano betonska greda koja se anker šipkama povezuje s postojećim zidom. Na novo izvedenu armirano betonsku oslonjačku gredu predviđa se novi zid od blok opeke  $d=25$  cm.



**Slika 11** Novoprojektirano stanje južnog zabatnog zida objekta Nazorova 2 (Presjek B-B)

**Figure 11** Newly designed condition of the southern gable wall of the building on Nazorova street 2 (Section B-B)

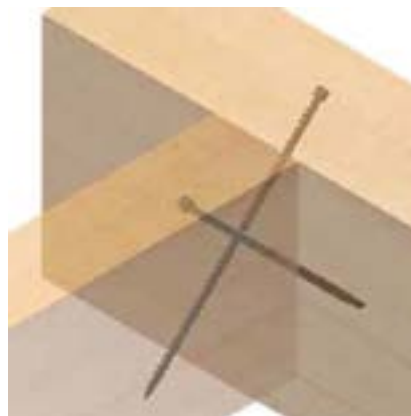


Novi zid se predviđa izvesti s armirano betonskim horizontalnim, vertikalnim i kosim serklažama uz zidanje na „šmorc“.

Kako bi se dodatno osigurala horizontalna stabilizacija i osiguranje od prevrtanja, okomito na ravninu zida, planirano je izvođenje sidrenja u postojeći istočni tavanski nadozid visine 236cm izvedbom dodatne armirano betonske grede duljine 225 cm na postojećem tavanskom nadozidu uz sidrenje, te povezivanje zabatnog zida s dodatno povezanom nosivom drvenom krovnom konstrukcijom. U drugoj fazi projekta provoditi će se cjelovita obnova gdje je predviđeno dodatno ojačanje postojećih nadozida u zoni tavana. Sidrenje u drvene stupove i postojeće opečne zidove predviđa se izvesti čeličnim elementima identičnim kao na objektu Pierottijeva 11, a prikazani su na Slici 7. Zid se po završetku radova predviđa s vanjske i unutarnje strane zaštititi cementnim špricom, do provođenja cjelovite obnove i sanacije pročelja.

Sidrene armaturne šipke  $\Phi$  14 mm predviđa se minimalno u dubini od 30 cm usidriti u postojeći zid niže etaže koji ima debljinu od 30 cm do 45 cm, na razmaku od 50 cm. Uzdužna armatura u serklažama i oslonjačkoj gredi projektirana je kao B500B s 4 armaturne šipke  $\Phi$  14 mm, dok je poprečna projektirana s vilicama  $\Phi$  8 mm na razmaku od 15 cm.

Drvena krovna konstrukcija nema adekvatno stabilizirane čvorove, te je potrebno dodatno homogeniziranje kako bi bilo moguće povezivanje južnog zabatnog zida s krovnom ravninom.

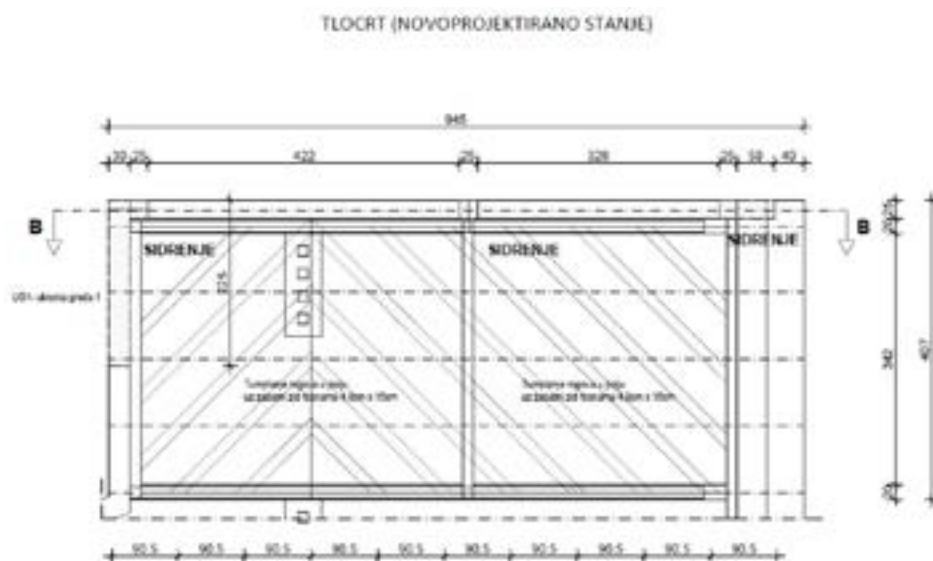


**Slika 12** Ojačanje spoja stupova drvene krovne konstrukcije sa dva vijka tipa Sihga Gofix X+ pod kutom od 45 stupnjeva

**Figure 12** REinforcement of the connection of the column of the wooden roof structure with two screws type Sihga Gofix X+ at an angle of 45 degrees

Spojeve vezne grede i stupa, stupa i podrožnice dodatno se ojačava s dva vijka tipa Sihga Gofix X+ 8 mm x 295 mm, vijci se postavljaju u čvoru pod kutom od 45 stupnjeva kako bi se povezali elementi.

Spojeve vezne grede i kosnika, stupa i kosnika, ruke i stupa, ruke i podrožnice dodatno se ojačava s dva vijka tipa Sihga Gofix X+ 8 mm x 295 mm, vijci se postavljaju u čvoru okomito na kosnik i ruke kako bi se povezali elementi. Spojeve roga i podrožnice dodatno se povezuje s dva vijka tipa Sihga Gofix MS II 8 mm x 295 mm, vijci se postavljaju u čvoru okomito na rog na način da prolaze kroz podrožnicu te tako povezuju dva elementa.



**Slika 13** Novoprojektirano stanje južnog zabatnog zida objekta Nazorova 2 (Tlocrt)

**Figure 13** Newly designed condition of the southern gable wall of the building on Nazorova street 2 (Ground plan)

U zoni jednog polja glavne nosive konstrukcije cca. 4 m od zabatnog zida potrebno je je povezati drvene elemente s donje strane roga fosnom debljine 4.8 cm širine 15 cm, pod kutom od 45 stupnjeva. Spoj drvenog elementa i roga izvodi se sa 4 vijka za drvo promjera 6 mm duljine minimalno 120 mm.

AB serklaže nužno je povezati s drvenom konstrukcijom krovišta za rogove i stupove drvene konstrukcije. Na vrh zabatnog zida se postavljaju čelični kutnici koji se sidre vijkom promjera 12 mm u zid, a za svaki rog se sidre s vijcima za drvo promjera 8 mm.

### 5.3. PRIKAZ IZVEDENIH RADOVA

### 5.3. PRESENTATION OF THE PERFORMED WORKS

Prilikom izvedbe predviđenih radova vrlo često se u objektima koji datiraju s početka prošlog stoljeća pojavljuje niz nepredviđenih problema. Analizom arhivske dokumentacije u pravilu na svakom objektu možemo pronaći neusklađenosti između projektiranog i izvedenog stanja. Također arhivska dokumentacija često uključuje samo nepregledne tlocrte, presjeka i nacрте pročelja u mjerilu 1:100, te nije moguće utvrditi slojeve i detalje izvedbe koji su primijenjeni.



*Slika 14 Spoj postojećeg zabatnog zida i istočnog tavanškog nadozida sa vidljivom degradacijom materijala*

*Figure 14 Joint of the existing gable wall and the eastern attic wall with visible material degradation*

Izvedba radova na sanaciji zabatnog zida uključivala je uklanjanje zida izvedenog nakon potresa, bez adekvatne projektne dokumentacije.

Prilikom projektiranja nisu bili poznati detalji kako je sidrena armatura, koja armatura je ugrađena, te koje je čvrstoće beton koji je ugrađen. Kod uklanjanja zabatnog zida pojavio se problem uklanjanja „vertikalnog serklaža“ koji je izveden uz istočni tavanški zid. Nakon postavljanja skele i pregleda istočnog tavanškog nadozida utvrđene je znatno ispiranje vezivnog sredstva iz sljubnica uz vidljive manje pukotine. Projektom je bilo predviđeno uklanjanje „vertikalnog serklaža“ do istočnog tavanškog nadozida, ali se zbog stanja zida i nužne upotrebe pneumatskih alata, uz znatnu vibraciju odustalo od navedenog kako se dodatno ne bi narušila stabilnost istočnog zida.

U fazi izvođenja predloženo je projektantsko rješenje bušenja „vertikalnog serklaža“ zajedno sa segmentom istočnog tavanškog nadozida, uz ugradnju navojnih šipki koje prolaze kroz oba zida. Navojne šipke se sa vanjske strane povezuju s postojećim zidom pomoću čeličnih ploča dimenzija 100 mm x 100 mm uz postavu podložne pločice i matice, a s unutarnje strane se uz postavu čeličnih ploča dimenzija 100 mm x 100mm, matica i podložnih pločica ubetoniravaju u novo izvedeni vertikalni serklaž.

Takvo oblikovanje detalja značilo je pomicanje vertikalnog serklaža za 20-tak cm od istočnog tavanškog nadozida uz nemogućnost izvedbe ukrotne grede na istočnom tavanškom nadozidu, koja će se zamijeniti čeličnim profilom u zoni tavana pomoću kojeg će se povezati drvena nazidnica i novoizvedeni armirano betonski serklaži. U drugoj fazi projekta prilikom provođenja cjelovite obnove pristupiti će se dodatnom ojačanju istočnog tavanškog nadozida u koji je zabatni zid sidren, s obzirom na trenutni nedostatak financijskih sredstava suvlasnika i nemogućnost subvencije navedenih radova kroz provođenje hitnih mjera sanacije.

Tijekom izvođenja suvlasnici stambene zgrade su donijeli odluku kako će krenuti u cjelovitu obnovu koja bi uključivala izvedbu armirano betonskih spregnutih ploča na svim etažama, a tako i na etaži tavana. Prilikom izrade projektne dokumentacije nije postojao takav zahtjev, a postojeći zabatni zid je bio izveden cca. 20 cm iznad gornje kote poda tavana, što se nije moglo utvrditi prije postave skele.

Prilikom samog izvođenja je definirano uz upis u građevinski dnevnik kako će se dodatno razgraditi cca. 20cm zida od pune opeke, kako bi se oslonjačka greda pozicionirala u visini gornje kote poda tavana.



**Slika 15** Prikaz dodatne poprečne armature i uzdužne armature vertikalnog serklaža

**Figure 15** View of additional transverse reinforcement and longitudinal reinforcement of vertical cerclage



**Slika 16** Prikaz saniranog zabatnog zida

**Figure 16** View of the remediated gable wall

Također poželjno je povezivanje zabatnog zida s ostatkom objekta, te su između poprečne armature dodane šipke promjera 8 mm koje će 50 cm izlaziti iz oslonjačke grede u zonu tavana kako bi se u budućnosti spregnuta ploča mogla povezati s oslonjačkom gredom. Predviđeno preklapanje armature iznosi 60 promjera šipke ugrađene armature.

Izvođenje radova prilikom sanacija ovog tipa je izuzetno kompleksno iako se radi o skromnim konstrukcijama, te je iskustvo izvođača radova uz primjenu adekvatnih alata i tehnologija prilikom demontaža nužno, kako se uslijed pojave vibracija prilikom izvođenja radova ne bi dogodila dodatna oštećenja nosivih elemenata. Suradnja između projektanta, izvođača radova i nadzornog inženjera je ključna prilikom sanacija ili rekonstrukcija povijesnih građevina, a predmetni projekt predstavlja dobar primjer kvalitetne suradnje i uvažavanja svih sudionika u gradnji, što je rezultiralo vrlo kvalitetnom izvedbom.

## 6. ZAKLJUČAK

### 6. CONCLUSION

Zabatni i tavanski zidovi objekata u zagrebačkim donjogradskim i gornjogradskim blokovima značajno su oštećeni uslijed djelovanja potresa tijekom 2020. godine. Potresno opterećenje je samo jedan od uzroka oštećenja, a dodatne uzroke je potrebno potražiti u sustavnom neodržavanju objekata i neshvaćanju vlasničkih obveza, već poznavanju isključivo prava vlasništva. Nekretnine u povijesnim cjelinama velikih Europskih gradova predstavljaju vrlo veliku materijalnu vrijednost, ali predstavljaju i potrebu za konstantnim ulaganjem, te bi se moglo konstatirati da vlasništvo takvih nekretnina predstavljaju luksuz i svojevrsni prestiž. Nekretnine u povijesnoj cjelini Praga koji nam je arhitektonski sličan su kvalitetno održavane i prizori koje gledamo u Zagrebu su nezamislivi.

Velika većina tavanskih i zabatnih zidova nije imala završni fasadni sloj, te je došlo do značajne degradacije materijala i ispiranja vezivnog sredstva iz sljubnica, također uzroke se može pronaći i u neadekvatnim projektantskim rješenjima onoga vremena za gradnju građevina u seizmički aktivnim područjima. Kompleksnost projektiranja i izvođenja radova na ovakvim objektima samo u jednom malom dijelu je vidljiva na zabatnim i tavanskim zidovima. Svakoga dana se susrećemo sa nepredvidivim problemima prilikom izvođenja radova, te je nužno obnovi pristupiti sa velikom pažnjom uz oslušivanje iskustava inženjera koji su se kroz svoj profesionalni život bavili objektima ovog tipa.

## 7. REFERENCE

### 7. REFERENCES

- [1.] Uroš, M., Šavor Novak, M., Atalić, J., Sigmund, Z., Baniček, M., Demšić, M., Hak, S.: Post-earthquake damage assessment of buildings – procedure for conducting building inspections, *GRAĐEVINAR*, 72 (2020) 12, pp. 1089-1115, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.2969.2020>
- [2.] Perković N.; Stepinac M.; Rajčić V.; Barbalić J.; Assessment of Timber Roof Structures before and after Earthquakes; *Buildings* 2021, 11(11), 528; <https://doi.org/10.3390/buildings11110528>
- [3.] Kišiček, T., Stepinac, M., Renić, T., Hafner, I., Lulić, L.: Strengthening of masonry walls with FRP or TRM, *GRAĐEVINAR*, 72 (2020) 10, pp. 937-953, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.2983.2020>
- [4.] Atalić J.; Todorić M.; Uroš M.; Šavor – Novak M.; Crnogorac M.; Lakušić S.; Potresno inženjerstvo – Obnova zidanih zgrada; Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zagreb, 202, ISBN:9789538168437
- [5.] Crnogorac M. ;Todorić M.; Uroš M.; Atalić J.; Urgentni program potresne obnove; Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zagreb, 2020, ISBN:9789538168413
- [6.] Bjelanović A.; Rajčić V.; Drvene konstrukcije prema europskim normama; Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zagreb, 2007, ISBN:9789531691154
- [7.] Magerle M.; Drvene konstrukcije ; Sveučilište u Zagrebu; Zagreb, 1995, ISBN:9536449064
- [8.] Žagarec B.; Tradicionalne i savremene drvene krovne konstrukcije; Regija d.o.o.; Bograd, 2013, ISBN:9788690992300
- [9.] Lončarić H.D.; Tehnologija drveta; Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu; Sarajevo, 2007, ISBN:9789958638060
- [10.] HRN EN 1990; Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2011.
- [11.] HRN EN 1991-1-1; Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2012.
- [12.] HRN EN 1992-1-1; Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2013.
- [13.] HRN EN 1995-1-1; Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2013.
- [14.] HRN EN 1996-1-1; Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije ; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2012.
- [15.] HRN EN 1998-1; Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade; Hrvatski zavod za norme; Zagreb, 2011.

## AUTORI · AUTHORS

• **Dean Čizmar** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 6, No. 2, 2018.

**Korespondencija · Correspondence**

dean.cizmar@tvz.hr

• **Ivan Volarić**

Rođen je 20.11.1989. godine u Zagrebu. Stručni studij graditeljstva završava na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu 2011. godine uspješno obranivši završni rad na

temu „Proizvodnja drvenih panelnih kuća u Hrvatskoj“. Specijalistički diplomski stručni studij završava izradom diplomskog rada na temu „Prostorne drvene konstrukcije“ 2015. godine na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Od 2013. godine zaposlen je u Zagrebačkom holdingu d.o.o, a početkom 2019. godine zapošljava se na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. U nastavno zvanje predavača je izabran 2021. godine te drži nastavu iz Računarstva u graditeljstvu, Drvenih konstrukcija, Betonskih konstrukcija I i II, Armiranobetonskih inženjerskih konstrukcija te Drvenih inženjerskih konstrukcija. Područje interesa su mu drvene konstrukcije, zelena gradnja i obnovljivi izvori energije, a koautor je priručnika za nastavu iz Drvenih konstrukcija i Računarstva u graditeljstvu.

• **Šime Serdarević** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 6, No. 2, 2018.

• **Ivan Dolibašić**

Rođen je 13. 07. 1991. godine u Slavonskom brodu. Stručni studij graditeljstva završava na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu 2015 godine sa obranom završnog rada na

temu „Rekonstrukcija kolodvora Moravice“. Specijalistički diplomski stručni studij završava 2020 godine izradom i obranom diplomskog rada na temu „Rekonstrukcija kolodvora Ogulin“. Od 2016 do 2017 godine je zaposlen u tvrtki Damjanović d.o.o. kao šef gradilišta, od 2017 do 2021 radi u tvrtki Pružne građevine d.o.o. kao Samostalni inženjer za remont/šef gradilišta, u Ogulinu. U nastavno zvanje asistenta izabran je 2021 godine i drži nastavu iz Tehničke mehanike, Mehanike tla, Geotehnike i Suvremenih metoda u geotehnici.