

# ARES – procjena stanja i obnova postojećih građevina

PRIPREMIO:  
Mislav Stepinac

Već je davno utvrđeno da je zid jedan od najčešće korištenih materijala u graditeljstvu diljem cijelog svijeta. Iako korištenje opeke i kamena u graditeljstvu ima svoja ograničenja, na temelju provedenih istraživanja omogućena je upotreba upravo tih materijala u formiranju složenih građevina.

## Uvodne napomene

Važno je na početku istaknuti da je većina građevina od kulturne i povijesne važnosti u čitavoj Europi izgrađena upravo u zidu. Samo ta činjenica dovoljno je velik motiv da se procjena stanja i sanacija takvih građevina provodi na najvišoj mogućoj razini. Uz to treba napomenuti da većina ljudi u urbanijim sredinama radi i živi u građevinama takvog tipa i zato se mora formirati vrlo precizna strategija za sve zidane zgrade i građevine. Dok se opeka i kamen koriste za izgradnju zidova, stropovi i krovne konstrukcije izvode se u drvu. Većina stambenih objekata u Republici Hrvatskoj starijih od 50 godina izgrađena je tako da su zidovi izvedeni od kamena ili opeke s drvenim krovovima i stropovima bez zadovoljavajućih spojnih elemenata između zidova i krovova.

Stanje postojeće građevine procjenjuje se nizom koraka gdje preciznost i kvaliteta procjene izravno ovise o kvaliteti dostupnih podataka i o važnosti same građevine. Broj potrebnih koraka, tj. faza neke procjene, ovisi o razini sumnje, izvedivosti pojedinih faza procjene te razini složenosti obnove, pojačanja, uzimajući u obzir ekonomski aspekt. Trenutačno postoje brojne metode za procjenu stanja drvenih i zidanih konstrukcija, no njihov opseg i učestalost, sustav odluka za procjenu sigurnosti te potrebne intervencije u slučaju nezadovoljavajuće pouzdanosti nisu usuglašene.

U slučaju da se shvati važnost procjene stanja i nadzora, projektiranje, izgradnja

i održavanje životnog vijeka građevine mogu se drastično poboljšati. Glavni izazovi za buduća istraživanja i razvoj područja procjene stanja postojećih građevina jesu sljedeći:

- učinkovito određivanje svojstava konstrukcije
- precizna procjena svojstava materijala
- pouzdano predviđanje ponašanja konstrukcije
- vođenje računa o nadogradnji informacijama za postupak procjene stanja
- optimiranje postupaka projektiranja i dokazivanja
- kvantifikacija utjecaja povijesti djelovanja i trajanja djelovanja na nosivost konstrukcije za ostatak njezina životnog vijeka
- razvoj mjera za intervenciju i obnovu konstrukcije
- poboljšanje komunikacije s donositeljima odluke.

Upravo te stavke bile su proučavane u sklopu projekta ARES (engl. *Assessment and rehabilitation of existing structures – development of contemporary methods for masonry and timber structures*), koji je financirala Hrvatska zaklada za znanost pod evidencijskim brojem UIP-2019-04-3749.

Projekt je započeo 9. siječnja 2020., a završen je 8. siječnja 2025.. Njegov je voditelj bio izv.prof.dr.sc. Mislav Stepinac s Građevinskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

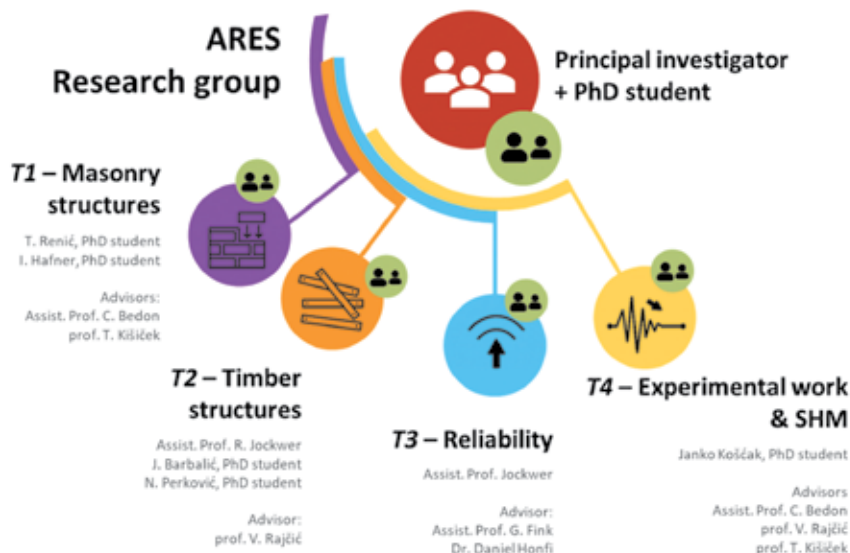
## Ciljevi projekta

Projektni prijedlog napisan je prije potresa u Hrvatskoj 2020. te autori ovim putem zahvaljuju Hrvatskoj zakladi za znanost na prepoznavanju potencijala znanstvenoistraživačke teme koja je nakon 2020. postala aktualna.

Cilj ovoga istraživačkog projekta bio je proučiti ulogu procjene u analizi pouzdanosti postojećih konstrukcija. Projekt je usmjeren na postojeće zidane i drvene konstrukcije kako bi se procijenile prednosti procjene u pogledu ekonomičnosti i sigurnosti konstrukcija. Glavni ciljevi projekta, osim uspostave snažne istraživačke skupine i prijave na druge izvore financiranja, bili su razviti bazu podataka o metodama procjene stanja postojećih konstrukcija, dobiti uvid u materijalna i konstrukcijska svojstva dobivena procjenama i konstrukcijskim analizama, izraditi bazu podataka o materijalnim svojstvima za zidane i drvene konstrukcije, kvantificirati materijalna svojstva i vremenski ovisno ponašanje materijala za analizu postojećih konstrukcija i optimirati modele za predviđanje konstrukcijskog ponašanja.

Cilj je projekta bio pružiti osnovu za naprednu procjenu i projektiranje postojećih konstrukcija, omogućujući ekonomičnije projektiranje i točniju analizu posljedica otkazivanja. Također, u sklopu projekta proučavane su metode ažuriranja svojstava za primjenu u procjeni i verifikaciji konstrukcija te razmatrane vremenski ovisno ponašanje i utjecaji okolišnih uvjeta. To znanje pomoći će u postizanju dugoročnog cilja autora normi i projektanata u kontinuiranom unapređenju propisa.

Detaljno ispitivanje, vizualni pregled, nedestruktivna i poludestruktivna ispitivanja i kontinuirani nadzor elemenata i sustava za procjenu mehaničkih svojstava



Slika 1. Istraživačka skupina projekta ARES

materijala bila su u fokusu terenskih ispitivanja. Razvijeni su nelinearni numerički modeli koji su uspoređeni sa stvarnim oštećenjima nakon potresa. Materijalna svojstva modelirana su sofisticiranim metodama kao što su Bayesovo ažuriranje i analiza vrijednosti informacija (engl. *Value of Information method*). U početku projekta osnovana je osnovna istraživačka skupina prikazana na slici 1.

### Rezultati projekta

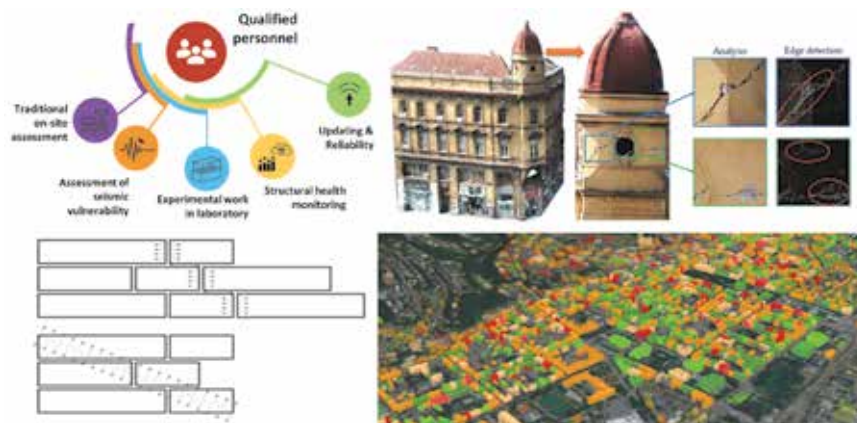
#### Znanstveni članci

U sklopu projekta objavljen je niz članaka o procjeni stanja postojećih zidanih konstrukcija, usporedbi različitih nedestruktivnih metoda za klasifikaciju nearmiranoga ziđa, potresnoj oštetljivosti, pojačanjima zidanih konstrukcija i utjecajima potresa na izgrađeni okoliš, ali i niz studija slučaja koje su izrađene u suradnji sa strukom. U ovome poglavlju ukratko je prikazan svaki rad, a čitatelje se upućuje na cjelovite radove od kojih je većina objavljena u otvorenome pristupu. Prvi objavljeni rad iz 2020. daje kratki rezime postojećih eksperimentalnih metoda za definiranje mehaničkih svojstava ziđa. Članak je napisan i objavljen neposredno prije zagrebačkog potresa u 2020. [1]. Ubrzo nakon zagrebačkog potresa objavljen je i rad u kojemu se kritički analiziraju

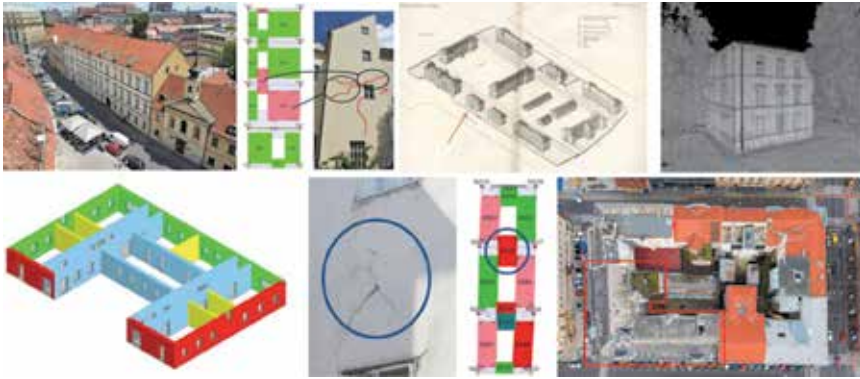
moderne tehnologije poput dronova, laserskih skenera, termalnih kamera, strojnog učenja i sličnog u detekciji oštećenja i pripomoći u definiranju otpornosti i oštetljivosti zidanih građevina [2]. U časopisu *Građevinar* objavljen je članak "Pojačanje ziđa na posmik pomoću TRM-a i FRP-a" u kojemu se raspravljaju tematika i problematika nedostatka propisa i normi za pojačanja spomenutim materijalima te je dan sveobuhvatan analitički proračun [3]. Rad je dva puta nagrađen za najcitiraniji članak u časopisu *Građevinar*. U časopisu *International Journal of Disaster Risk Reduction* krajem 2020. objavljen je članak o klasifikaciji oštećenja stambenih zgrada u zagrebačkome Donjem gradu [4]. U radu detaljno su razrađena oštećenja nakon potresa, metodologija pregle-

da i izazovi procjena uporabivosti nakon potresa te je sve potkrijepljeno brojnim skicama i fotografijama. Članak je do danas citiran čak 119 puta te je vjerojatno najcitiraniji članak o zagrebačkome potresu. Isječci iz četiriju navedenih članaka prikazani su na slici 2.

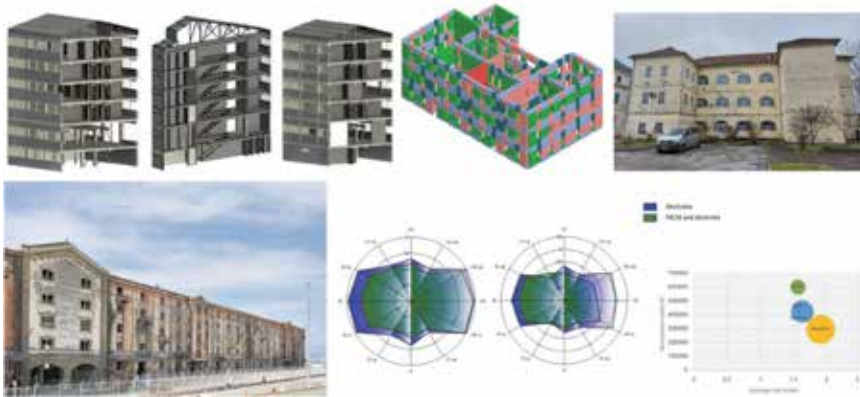
U sklopu projekta publicirani su i radovi studija slučaja na kojima su radili članovi ARES-a te suradnici iz gospodarstva. U člancima prikazana su oštećenja, eksperimentalno ispitivanje materijala, nelinearne analize postupnim guranjem te prijedlozi pojačanja. Objavljene su sljedeće studije slučaja: zgrada Katoličko-bogoslovnoga fakulteta u Vlačkoj ulici [5], zgrada u Ulici Republike Austrije [6], koja je bila predmet diplomskog rada studentice Mije Milić [7], koja je za njega dobila nagradu HSGI-a za najbolji diplomski rad u području građevinarstva za 2021., škola u Petrinji [8], koja je bila predmet diplomskog rada studentice Aide Salaman, koja je za njega dobila nagradu HSGI-a za najbolji diplomski rad u području građevinarstva za 2022., zgrada Matice hrvatske [9], zgrada Energetskog instituta *Hrvoje Požar* [10], zgrada bivše gimnazije u Glini [11] te zgrada kulturno zaštićenog AB skladišta u Rijeci [12]. Također, za određene studije slučaja rađene su i parametarske analize te je ispitan utjecaj različitih metoda pojačanja na CO<sub>2</sub> otisak [8,13] (znanstveni radovi iz diplomskih radova Aide Salaman [14] i Antonele Moretić [15]). Objavljena je i studija slučaja potpunog pojačanja donjogradske zidane zgrade s aspekta energetskog i seizmičkog pojačanja [16] te su za taj rad autori nagrađeni nagradom za



Slika 2. Isječci iz znanstvenih članaka [1-4]



Slika 3. Isječci iz znanstvenih članaka [5, 6, 8, 9]



Slika 4. Isječci iz znanstvenih članaka [10-13]

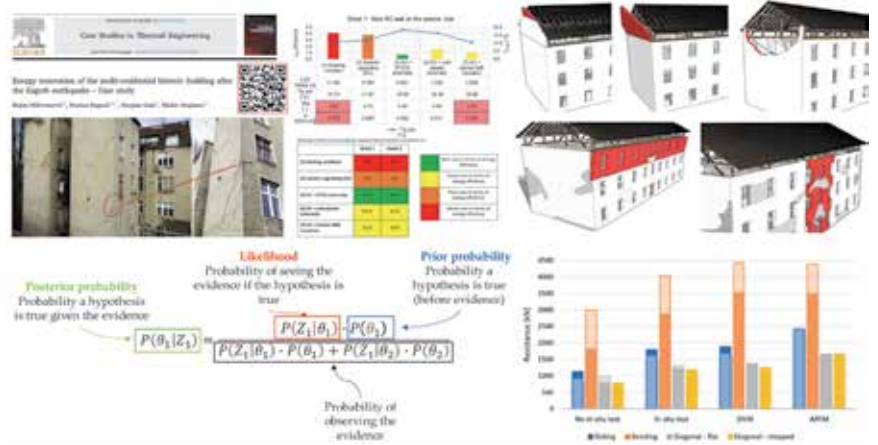
najbolji rad na Građevinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu za 2022. Nekoliko slika iz navedenih članaka prikazano je na slikama 3. i 4.

Iako je projekt prvotno bio zamišljen kao istraživanje studija slučaja zidanih i drvenih konstrukcija u jednakome obimu, zbog novonastale situacije uslijed potresa fokus je s drvenih konstrukcija prebačen na zidane. Međutim, objavljen je jedan rad u kojemu se uspoređuje procjena stanja drvenih konstrukcija prije potresa i nakon njega [17]. U projektu primijenjene su i različite moderne metode u području teorije odlučivanja kao što je metoda *Value of Information* te je ona prikazana kao potencijalno korisna metoda u poslijepotresnim situacijama odlučivanja [18]. Uspoređiva- ne su i različite metode proračuna zidanih konstrukcija uz primjenu metode parcijalnih faktora i *on-site* mjerenja te objavljene u radu [19]. Kratki prikazi iz navedenih članaka su na slici 5.

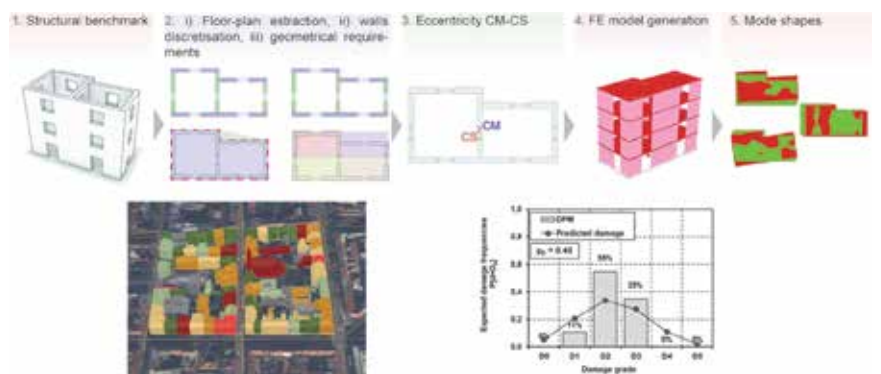
Još jedan diplomski rad (Anthony Ninčević, [20]) poslužio je kao osnova za objavu znanstvenog članka u časopisu

*Structures* [21]. U njemu analizirane su 104 donjogradske zagrebačke nearmirane zidane zgrade s aspekta tlocrtno (ne) pravilnosti, udaljenosti centra mase od centra krutosti, vitkosti zidova, postotka zidova i sličnog. Izrađen je automatski sustav za izračun u softveru Grasshopper, koji na temelju tlocrta iz AutoCADa i ručnog unosa broja katova izrađuje brzi proračun za jednostavne zidane građevine. Doktorandica Antonela Moretić proučava utjecaj blokova zgrada na seizmičku oštećljivost te je preliminarni rad vezan uz doktorsku disertaciju objavila u časopisu *Bulletin of Earthquake Engineering* [22] (slika 6).

S obzirom na to da je projekt ponajprije bio zamišljen kao istraživanje mehaničkih svojstava nearmiranog zida, najveći je posao odrađen upravo u tome području. Odrađen je iznimno velik opseg istraživanja s fokusom na nedestruktivnim i poludestruktivnim metodama. Ispitan je velik broj zgrada, pri čemu su najzahtjevnija i najdugotrajnija ispitivanja bila ona



Slika 5. Isječci iz znanstvenih članaka [16-19]



Slika 6. Isječci iz znanstvenih članaka [21, 22]



Slika 7. Primjeri zgrada na kojima su provedena ispitivanja plosnatim prešama



Slika 8. Ispitivanja plosnatim prešama

sustavom plosnatih preša. Primjeri ispitanih zgrada prikazani su na slici 7., dok je na slici 8. prikazano jedno ispitivanje plosnatim prešama.

Ispitivanja plosnatim prešama objavljena su u dvama časopisima. Prvi rad, objavljen u časopisu *Construction and Building Materials*, bavi se pregledom metoda ispitivanja plosnatim prešama te daje osvrt na prednosti i nedostatke metode [23]. Rad je dobio nagradu za najbolji znanstveni rad na Građevinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu za 2023. U radu prikazana je i inovacija projektnog tima za unaprjeđenje metode, tj. preciznog mjerenja otvora u zidu upotrebom laserskog skenera. U drugome radu sustavno su obrađeni svi rezultati i dane preporuke za konzervativne vrijednosti nearmiranog ziđa od pune opeke u kontinentalnoj Hrvatskoj. Osim metode plosnatih preša primijenjen je i sonični test, tj. potpuno nerazorna metoda ispitivanja (slika 9.). Rezultati soničnog testa uspoređeni su s rezultatima plosnatih preša te su izvedene korelacijske funkcije [24].

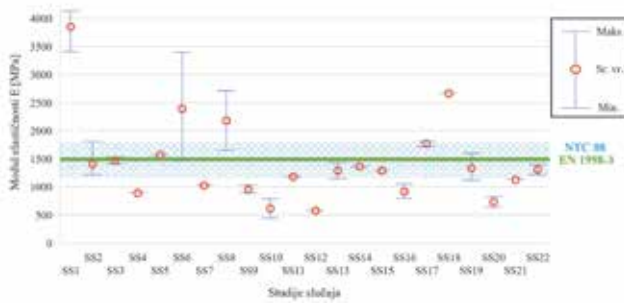
#### Doktorske disertacije i diplomski radovi

Prva doktorska disertacija proizišla iz projekta ARES jest disertacija Luke Lulića pod naslovom "Određivanje mehaničkih svojstava nearmiranoga ziđa od pune opeke nerazornim i polurazornim metodama" [25]. Disertacija je obranjena u lipnju 2024. te je javno dostupna. Osnovni zaključci disertacije jesu:

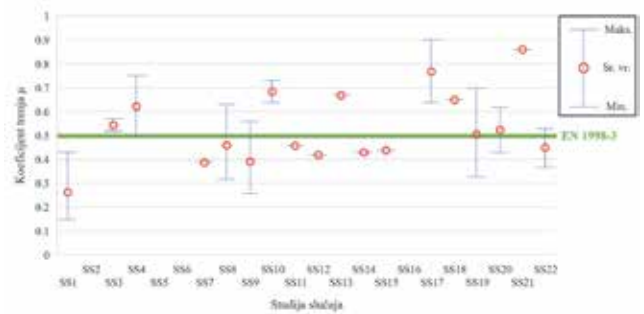
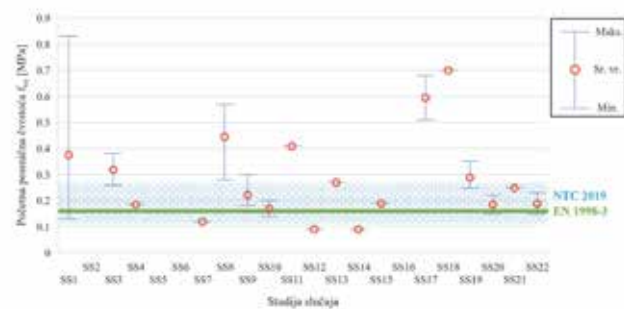
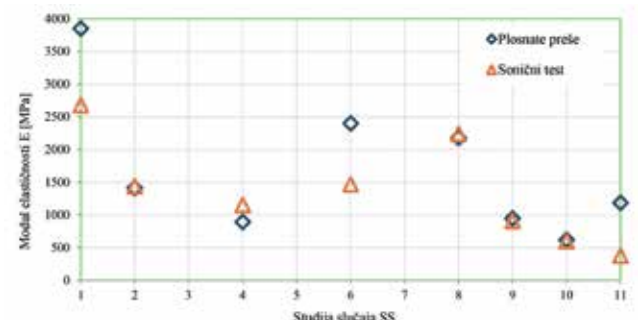
- Na temelju usporedbe rezultata ispitivanja metodom plosnatih preša i preporučenih vrijednosti u novoj verziji europskih normi EN1998-3 zaključeno je da rezultati ispitivanja postojećih zidanih konstrukcija od pune opeke u vapnenome mortu upućuju na to da referentna vrijednost modula elastičnosti ziđa preporučena u normi blago precjenjuje stvarne vrijednosti (slika 10.).
- Rezultati koeficijenta trenja vrlo se dobro podudaraju s preporučenom vrijednosti iz norme te se podjednako raspršuju iznad preporučene vrijednosti i ispod nje (slika 11.).
- Rezultati početne posmične čvrstoće u pravilu nadmašuju preporučene vrijednosti dane u normama (slika 12.).
- Posmični test bez kontrole vertikalnog naprezanja potencijalno može precijeniti rezultate početne posmične čvrstoće ziđa zbog krive pretpostavke vrijednosti koeficijenta trenja ili stanja naprezanja.
- Sonični test pokazao se kao kvalitetna nerazorna metoda za određivanje elastičnih svojstava ziđa. Vrlo dobra korelacija s metodom plosnatih preša također omogućuje jednako kvalitetne rezultate uz manju razornost, što je posebno važno kod građevina kulturne baštine. Preporuka je da sonični test bude komplementarna metoda metodi plosnatih preša (slika 13.).



Slika 9. Sonični test



Slika 10. Usporedba modula elastičnosti E

Slika 11. Usporedba koeficijenta trenja  $\mu$ Slika 12. Usporedba početne posmične čvrstoće  $f_{v0}$ 

Slika 13. Prikaz srednjih vrijednosti modula elastičnosti E po studiji slučaja

Druga disertacija proizišla iz projekta jest disertacija Karla Ožiča. Disertacija pod naslovom "Ekspeditivna metoda procjene potresne oštećljivosti postojećih nearmiranih zidanih zgrada" predana je na ocjenu u veljači 2025. Bavi se složenom statističkom analizom velikog broja oštećenih zgrada te izradom nove metode procjene potresne oštećljivosti prilagođene hrvatskome kontekstu. Također, u disertaciji analizira se mogućnost primjene metode *Value of Information* u procesima odlučivanja.

U 2024. odobren je nacrt teme disertacije doktorandice Antonele Moretić pod naslovom "Utjecaj interakcije zgrada u bloku na potresni odziv nearmiranih zidanih građevina" te je disertacija u izradi. U sklopu projekta obranjeno je i 20 diplomskih radova sa sljedećim temama:

- potresna oštećljivost (Grabovac, N. [26], Divić, I. [27], Škara, A. [28], Burić, S. [29])
- studije slučaja (Jukić, D. [30], Tašner, L. [31], Radočaj, P. [32], Salaman, A. [14], Rončević A. [33], Zovko, I. [34], Šačić, Dž. [35], Moretić, A. [15], Adžaga, J. [36], Milić M. [7], Šincek G. [37], Škofić, M. [38],
- nedestruktivne metode ispitivanja zida (Tomić, M. [39])

- parametarsko vizualno programiranje potresne otpornosti, upotreba dronova u potresnim situacijama (Mužić, L [40], Ninčević, A. [20], Bajić, L [41]).

Velik broj radova odrađen je u suradnji s partnerima iz struke.

### Mobilnosti i diseminacija

U sklopu projekta odrađen je velik broj mobilnosti. S obzirom na to da sredstva Hrvatske zaklade za znanost nisu bila dovoljna za mobilnost, članovi tima ostvarili su mobilnost prijavama na projekte mobilnosti, usavršavanja i ERA-SMUS projekte te dobivanjem stipendija i trošenjem vlastitih sredstava. Najzapaženije mobilnosti:

- Moretić, A.: stotinu dana na Universidad Politècnica de Cataluña, Španjolska (prof. L. Pela)
- Moretić, A.: dvije mobilnosti u ukupnome trajanju od 90 dana na Minho University u Portugalu (prof. P. B. Lourenco)
- Lulić, L.: 30 dana na CSIC-u, Madrid (dr. J. Ortega)
- Ožič, K.: 50 dana na CSIC-u, Madrid (dr. J. Ortega)

- Stepinac, M.: 60 dana na Minho University u Portugalu (prof. P. B. Lourenco)
- Stepinac, M.: 15 dana na Tohoku i Shinshu Universityju, Japan (prof. Y. Endo i M. Maeda)
- Hafner, I.: 30 dana na TU-u Delft, Nizozemska (prof. Francesco Messali i J. Rots).

Rezultati projekta publicirani su na 29 konferencija te 16 radionica i gostujućih izlaganja. Na slici 14. prikazano je u kojim su sve državama održana predavanja. Osim na znanstvenim konferencijama projekt je predstavljen i stručnoj publici, studentima, široj javnosti te ministarstvima. Poseban korak bila je popularizacija znanosti te je projekt predstavljen na događanjima poput Pint of Science i PhD Caffee.

U sklopu projekta održane su i tri trening-škole s vrlo velikim odazivom. Na završnoj konferenciji i radionici projekta predavanja su održali cijenjeni i najutjecajniji svjetski znanstvenici u području zidanih i drvenih konstrukcija. Više o trening-školama može se pronaći na službenim stranicama projekta [42].

Za trajanja projekta dobiveno je osam nagrada, i to za najcitiraniji rad u časopi-



Slika 14. Države u kojima su održana predavanja



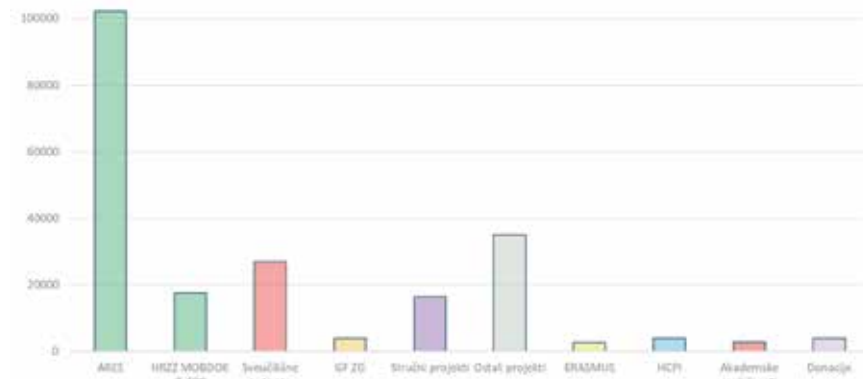
Slika 15. Nagrade projektnog tima

su *Građevinar* za 2021. i 2022. [3], najbolji rad na Građevinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu za 2022. [16] i 2023. [23], za najbolji diplomski rad za 2021. i 2022. [7,14], za znanstveni doprinos u posljednjih pet godina (Mislav Stepinac) i za najboljeg studenta druge godine doktorskog studija (Luka Lulić) na Građevinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (slika 15). Članovi projektnog tima prijavili su i brojne druge projekte, od kojih su neki dobiveni, neki u procesu donošenja odluka, a neki, nažalost, odbijeni.

**Umjesto zaključka**

U ovome radu dan je kratki presjek jednog znanstvenog projekta Hrvatske zaklade za znanost koji je proveden na Građe-

vinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom Mislav Stepinca. Vodstvo svakog velikog i dugotrajnog projekta, bilo znanstvenog bilo stručnog, vrlo je složeno i zahtijeva trud svih sudionika u procesu



Slika 16. Izvori financiranja i dodatnog financiranja projekta ARES u eurima

provedbe. Projekt ARES trajao je punih pet godina. Njegovi sudionici ponosni su na to što je istraživačka tema prepoznata kao vrijedna financiranja i prije potresa koji su pogodili Hrvatsku u 2020. Iako je projekt financiran, ukupni budžet gotovo svakoga znanstvenog projekta nedostatan je za provedbu svega što je zamišljeno. Članovi skupine ARES aplicirali su na brojne druge fondove i financirali istraživanja iz različitih izvora (slika 20.). Zahvaljuju svim institucijama na ukazanoj povjerenju. Važno je napomenuti da je HRZZ financirao i tri plaće doktoranda u razdoblju od četiri godine. Projekt ARES završio je kao izuzetno uspješan projekt:

- Objavljena su 23 znanstvena članka (!!!) u znanstvenim časopisima, što je uspjeh iznad svih očekivanja.
- Projekt je prezentiran na tri kontinenta brojnim izlaganjima i konferencijskim radovima.
- Obranjena je jedna doktorska disertacija te će još jedna vrlo vjerojatno biti obranjena u svibnju 2025.
- Obranjeno je čak 20 diplomskih radova proizišlih iz projekta.
- Ostvarene su brojne suradnje i mobilnosti kod vodećih inozemnih stručnjaka u područjima potresnog inženjersva, zidanih i drvenih konstrukcija.
- Prijavljeni su novi projekti i dobivene brojne nagrade.
- Održane su tri trening-škole s eminentnim svjetskim predavačima kao sudionicima.
- Kupljena je vrijedna oprema.
- Uspostavljena je izvrsna suradnja s brojnim projektantskim uredima i ostalim predstavnicima struke.

Za takav je uspjeh ponajprije zaslužan vrlo kvalitetan i motiviran tim, a potom dobar odnos sa studentima i angažiranje studenata u znanstveno-stručnome radu, podrška matične institucije te svakako vrlo dobar odnos sa strukom bez koje je građevinarstvo teško zamisliti kao primijenjenu znanost. Objavljeni znanstveni radovi publicirani su u koautorstvu sa sedam članova Katedre za betonske i zidane konstrukcije, s dodatnih šest znanstvenika sa Zavoda za konstrukcije, s 15 članova s ostalih zavoda Građevinskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (četiri zavoda), s pet studenata diplomskog studija, s 14 renomiranih svjetskih znanstvenika te sa 16 projekatanata i predstavnika hrvatskoga gospodarskoga sektora. Ukupan broj koautora iznosi 63. Uz dobru volju i dobar tim vrijedi i natpis na "lošem hrvatskom" prikazan na slici 17.

### Zahvala

Ovaj projekt financirala je Hrvatska zaklada za znanost te sudionici u projektu zahvaljuju na iskazanome povjerenju.



17. Sve je "moguće"

Zahvala je upućena ponajprije najužemu timu suradnika s Katedre za betonske i zidane konstrukcije na Građevinskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, svim koautorima članaka i predavačima u trening-školama, tvrtkama *Studio Arhing*, *Radionica statike*, *Expertplan*, *PASE*, *PRO-NA-GRAD*, *AIR-RMLD*, *ATP Arhitekti inženjeri*, *Toding*, *Deskon Studio* i *A&A Architects*

te brojnim drugima koji su ih podupirali. Na podršci i dostavi podataka za obradu zahvaljuju i HCPI-u, MPGI-u i DAZ-u. Na kraju zahvaljuju recenzentima projekta, posebno recenzentu koji je uvidio kvalitetu rada projektnog tima te recenzentu koji je redovito izvještavao o tome da je napredak projekta osredniji te da postoji puno toga što treba poboljšati.

### LITERATURA

- [1] Stepinac, M., Kisicek, T., Renič, T., Hafner, I., Bedon, C.: Methods for the Assessment of Critical Properties in Existing Masonry Structures under Seismic Loads-The ARES Project, *Applied Sciences*, 10 (2020), Page 1576 2020;10:1576, <https://doi.org/10.3390/APP10051576>.
- [2] Stepinac, M., Gašparović, M.: A Review of Emerging Technologies for an Assessment of Safety and Seismic Vulnerability and Damage Detection of Existing Masonry Structures, *Applied Sciences* 10 (2020), Page 5060, <https://doi.org/10.3390/APP10155060>.
- [3] Kišiček, T., Stepinac, M., Renič, T., Hafner, I., Lulić, L.: Pojačanje ziđa na posmik pomoću FRP-a ili TRM-a, *GRAĐEVINAR*, 72 (2020) 10, pp. 937-953, <https://doi.org/10.14256/JCE.2983.2020>
- [4] Stepinac, M., Lourenço, P.B., Atalić, J., Kišiček, T., Uroš, M., Baniček, M., et al.: Damage classification of residential buildings in historical downtown after the ML5.5 earthquake in Zagreb, Croatia in 2020, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56 (2021), Page 102140, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102140>.
- [5] Lulić, L., Ožić, K., Kišiček, T., Hafner, I., Stepinac, M.: Post-earthquake damage assessment-case study of the educational building after the zagreb earthquake. *Sustainability (Switzerland)*, <https://doi.org/10.3390/su13116353>, 2021.
- [6] Milić, M., Stepinac, M., Lulić, L., Ivanišević, N., Matorić, I., Šipoš, B.Č., et al.: Assessment and Rehabilitation of Culturally Protected Prince Rudolf Infantry Barracks in Zagreb after Major Earthquake, *Buildings*, 11 (2021), Page 508, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS11110508>.
- [7] Milić, M.: Procjena stanja i seizmički proračun postojeće konstrukcije u Zagrebu 2021.
- [8] Salaman, A., Stepinac, M., Matorić, I., Klasić, M.: Post-Earthquake Condition Assessment and Seismic Upgrading Strategies for a Heritage-Protected School in Petrinja, Croatia, *Buildings*, 12 (2022), Page 2263, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12122263>.
- [9] Hafner, I., Lazarević, D., Kišiček, T., Stepinac, M.: Post-Earthquake Assessment of a Historical Masonry Building after the Zagreb Earthquake-Case Study, *Buildings*, 12 (2022), <https://doi.org/10.3390/buildings12030323>.
- [10] Stepinac, M., Skokandić, D., Ožić, K., Zidar, M., Vajdić, M.: Condition Assessment and Seismic Upgrading Strategy of RC Structures-A Case Study of a Public Institution in Croatia, *Buildings*, 12 (2022), Page 1489, <https://doi.org/10.3390/buildings12091489>.
- [11] Ožić, K., Markić, I., Moretić, A., Lulić, L.: The Assessment and Retrofitting of Cultural Heritage-A Case Study of a Residential Building in Glina, *Buildings*, 13 (2023), Page 1798, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13071798>.
- [12] Bošnjak, B., Pekas, N., Stepinac, M.: Seismic Upgrading of the Heritage-Protected Reinforced Concrete Warehouse in Rijeka, Croatia, *Buildings*, 14 (2024), Page 2912, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS14092912>/ 51.

- [13] Moretić, A., Stepinac, M., Lourenço, P.B.: Seismic upgrading of cultural heritage – A case study using an educational building in Croatia from the historicism style. *Case Studies, Construction Materials*, 17 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01183>.
- [14] Procjena stanja i modeliranje pojačanja osnovne škole oštećene u potresu, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocjenski-rad/453458> (accessed February 11, 2025).
- [15] Proračun pojačanja postojeće zidane konstrukcije katoličko-bogoslovnog fakulteta, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocjenski-rad/443223> (accessed February 11, 2025).
- [16] Milovanovic, B., Bagaric, M., Gaši, M., Stepinac, M.: Energy renovation of the multi-residential historic building after the Zagreb earthquake - Case study. *Case Studies, Thermal Engineering*, 38 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102300>.
- [17] Perković, N., Stepinac, M., Rajčić, V., Barbalčić, J.: Assessment of Timber Roof Structures before and after Earthquakes, *Buildings*, 11 (2021), Page 528, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS11110528>.
- [18] Ožić, K., Skejić, D., Lukačević, I., Stepinac, M.: Value of Information Analysis for the Post-Earthquake Assessment of Existing Masonry Structures-Case Studies, *Buildings*, 13 (2023), Page 144, <https://doi.org/10.3390/buildings13010144>.
- [19] Lulić, L., Lukačević, I., Skejić, D., Stepinac, M.: Assessment of Existing Masonry Resistance Using Partial Factors Approaches and Field Measurements, *Buildings*, 13 (2023), Page 2790, <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13112790>.
- [20] Ninčević, A.: Uporaba modernih alata u procjeni seizmičke otpornosti građevina - Utjecaj konceptualnog oblikovanja na ponašanje konstrukcije, 2021.
- [21] Stepinac, M., Ožić, K., Ninčević, A., Funari, M.F., Lourenço, P.B.: A digital tool based on code indicators to assess the seismic behaviour of existing masonry structures: Application to Croatian residential buildings, *Structures*, 58 (2023), Page 105372, <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2023.105372>.
- [22] Moretić, A., Chieffo, N., Stepinac, M., Lourenço, P.B.: Vulnerability assessment of historical building aggregates in Zagreb: implementation of a macroseismic approach, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21 (2023), pp. 2045–2065, <https://doi.org/10.1007/S10518-022-01596-5/METRICS>.
- [23] Lulić, L., Stepinac, M., Bartolac, M., Lourenço, P.B.: Review of the flat-jack method and lessons from extensive post-earthquake research campaign in Croatia, *Constr Build Mater*, 384 (2023), Page 131407, <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.131407>.
- [24] Ortega, J., Stepinac, M., Lulić, L., García, M.N., Saloustros, S., Aranha, C., et al.: Correlation between sonic pulse velocity and flat-jack tests for the estimation of the elastic properties of unreinforced brick masonry: Case studies from Croatia, *Case Studies in Construction Materials*, 19 (2023), Page e02467, <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2023.E02467>.
- [25] Lulić, L.: Određivanje mehaničkih svojstava nearmiranoga zida od pune opeke nerazornim i polurazornim metodama, *Digitalni akademski arhivi i repozitoriji*, 2024.
- [26] Procjena potresnog rizika zgrada u blokovima na osnovi makroseizmičkog pristupa i adriseizmičke metodologije, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocjenski-rad/837314> (accessed February 11, 2025).
- [27] Divić, I.: Procjena potresne oštetljivosti zgrada u blokovima u donjem gradu Zagreba, 2024.
- [28] Škara, A.: Procjena potresna oštetljivosti nearmiranih zidanih zgrada, 2024.
- [29] Burić, S.: Pojednostavljena potresna analiza postojećih građevina, 2024.
- [30] Jukić, D.: Procjena stanja i modeliranje pojačanja nearmirane zidane zgrade oštećene u potresu
- [31] Tašner, L.: Procjena stanja i modeliranje pojačanja zgrade građevinskog fakulteta u Zagrebu, 2023.
- [32] Radočaj, P.: Procjena stanja i seizmički proračun postojeće stambene građevine u Ozlju, 2022.
- [33] Rončević, A.: Procjena stanja i modeliranje zgrade Medicinskog fakulteta stradale u potresu 2020, 2022.
- [34] Procjena stanja i seizmički proračun postojeće gornjogradske vile u povijesno zaštićenoj jezgri Zagreba, <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocjenski-rad/446155> (accessed February 11, 2025).
- [35] Šačić, D.: Procjena stanja i seizmički proračun postojeće stambene građevine u Donjem Gradu nakon potresa u Zagrebu, 2021.
- [36] Adžaga, J.: Procjena stanja i proračun pojačanja postojeće stambeno - poslovne građevine nakon potresa u Hrvatskoj 2020. godini, 2021.
- [37] Šincek, G.: Procjena stanja i seizmički proračun postojeće konstrukcije, 2020.
- [38] Škofić, M.: Procjena stanja i seizmički proračun konstrukcija kulturne baštine, 2020.
- [39] Određivanje mehaničkih karakteristika zida tradicijskih sakralnih objekata vizualnim metodama (MQI metoda), <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocjenski-rad/837314> (accessed February 11, 2025).
- [40] Mužić, L.: Ocjena seizmičke ranjivosti zgrada u nizu parametarskim vizualnim programiranjem, 2023.
- [41] Bajić, L.: Uporaba dronova u procjeni potresne otpornosti postojećih građevina, 2024.
- [42] ARES Project official website, <https://www.grad.hr/ares/>