

Godina 4, Broj II / Decembar 2021

## U ovom broju eGlasnika

Pred Vama je osmi broj eGlasnika Srpskog Udruženja za Zemljotresno Inženjerstvo (SUZI), koje nakon četiri godine postojanja broji više od 150 članova, većinom iz Srbije, ali i iz Hrvatske, Slovenije, Severne Makedonije, Crne Gore, SAD, Kanade i Švajcarske.

U ovom broju SUZI eGlasnika predstavljamo Vam članak o značaju razmatranja interakcije konstrukcije i tla pri projektovanju objekata na dejstvo zemljotresa. Autor članka je Prof. Dr. Boris Jeremić, član SUZI i profesor na Građevinskom Fakultetu Univerziteta u Kaliforniji, Dejvis. Profesor Jeremić je jedan od vodećih svetskih stručnjaka u oblasti modeliranja interakcije konstrukcije i tla pri dejstvu zemljotresa. Ukoliko Vas ova tema zainteresuje, na sajtu SUZI možete pronaći video snimak sa SUZI [virtualnog seminara i predavanja](#) na temu „Numeričko modeliranje interakcije konstrukcije i tla u zemljotresnom inženjerstvu“, gde je učestvovao i Profesor Jeremić. Pored toga, u prošlom broju SUZI eGlasnika predstavljena je publikacija FEMA P-2091 pod naslovom „A Practical Guide to Soil-Structure Interaction“, koja predstavlja metode za proračun

interakcije konstrukcije i tla, a namenjena je inženjerima koji nemaju puno iskustva u ovoj oblasti.

U proteklih 6 meseci održana su tri virtualna seminara u organizaciji SUZI. Više detalja o ovim događajima možete naći u odeljku „SUZI događaji“, dok su video snimci dostupni [YouTube kanalu](#) udruženja.

U Najavi budućih događaja možete se informisati o važnim konferencijama na temu zemljotresnog inženjerstva.

### Sadržaj:

U ovom broju eGlasnika	1
Interakcija tla i konstrukcije pod dejstvom zemljotresa	
<i>Prof. dr Boris Jeremić</i>	1
SUZI akcije	5
SUZI novosti	5
SUZI događaji	5
Publikacije	6
Najava budućih događaja	6

## Interakcija tla i konstrukcije pod dejstvom zemljotresa

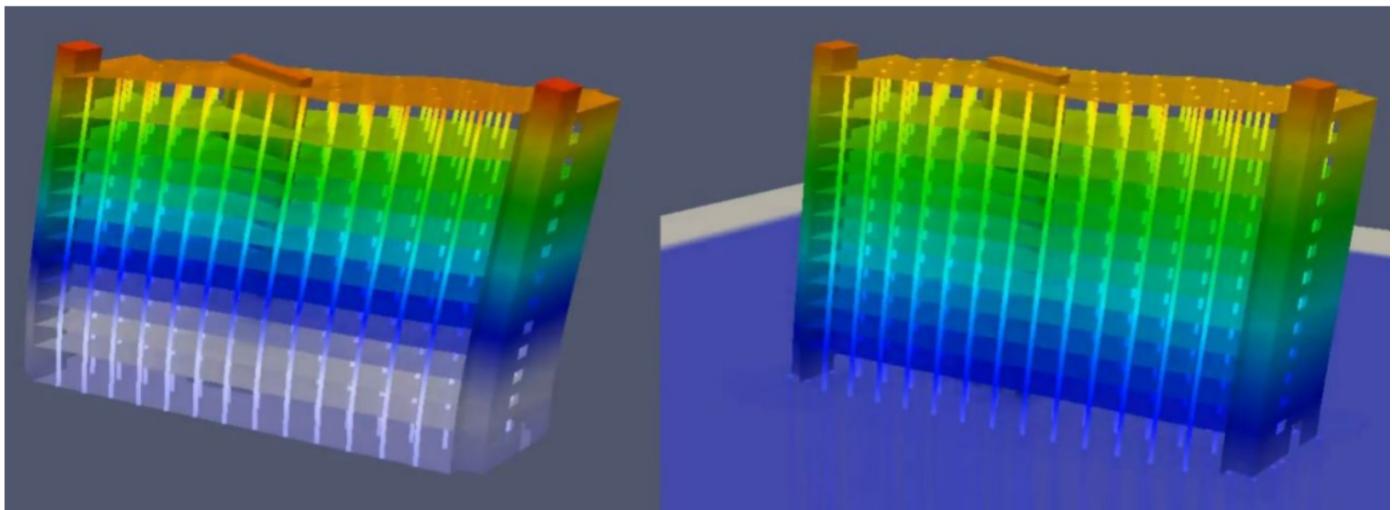
Prof. dr Boris Jeremić

Ponašanje konstrukcija izloženih dejstvu statičkog i dinamičkog opterećenja u velikoj meri zavisi od statičkog i dinamičkog ponašanja tla ispod konstrukcije. Ova interakcija između tla i konstrukcije je već dugo poznata projektantima brana, nuklearnih elektrana, mostova, i drugih važnih objekata, za koje se u procesu analize konstrukcija pod dejstvom statičkog i dinamičkog opterećenja, uzimaju u obzir ponašanje i tla i konstrukcije.

Često se postavlja pitanje da li je objekat na strani sigurnosti ukoliko se pri njegovom

projektovanju ne razmatra interakcija tla i konstrukcije. Uprošćene analize se često koriste pri projektovanju tipičnih konstrukcija i daju relativno pouzdane rezultate ukoliko je tlo ispod konstrukcije homogeno. Objekti koji su projektovani korišćenjem takvih uprošćenih metoda su u većini slučajeva na strani sigurnosti. Međutim dimenzije i nosivosti takvih konstrukcija najčešće su veće nego što je neophodno, pa bi takve konstrukcije mogle biti efikasnije i jeftinije.

Kod dinamičkog opterećenja, kao što je dejstvo zemljotresa, zanemarivanje uticaja tla na ponašanje



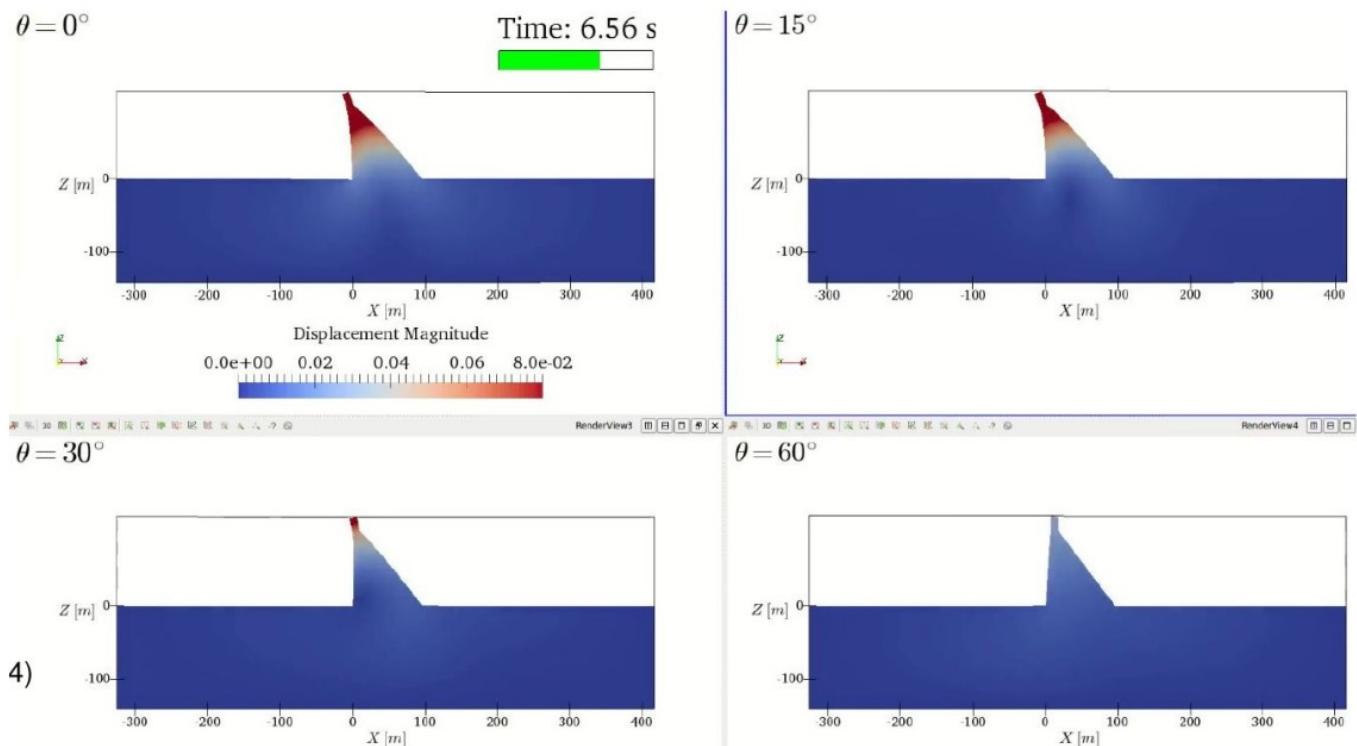
**Slika 1** – Primer analize AB zgrade hotela u Venturi, Kalifornija. Ponašanje modela koji razmatra interakciju konstrukcije i tla (desno) i model koji interakciju ne uzima u obzir (levo).

konstrukcije, kao i uticaja konstrukcije na ponašanje tla, prouzrukuju umanjenu tačnost rezultata analiza. U većini slučajeva dinamički odgovor dobijen na osnovu analize numeričkog modela konstrukcije drugačiji je od stvarnog odgovora te konstrukcije pod dejstvom zemljotresa. U nekim slučajevima, rezultati analiza ponašanja konstrukcija izloženih dejstvu zemljotresa mogu značajno odstupati od stvarnog ponašanja konstrukcije ukoliko se zanemari njena interakcija sa tlom. Stvarno ponašanje konstrukcija izloženih dejstvu zemljotresa, na osnovu merenja i istraživanja posle zemljotresa, ukazuje na značajan uticaj interakcije konstrukcije i tla na dinamički odgovor konstrukcija (Suyehiro (1932); Gazetas and Mylonakis (1998); Trifunac and Todorovska (1999);

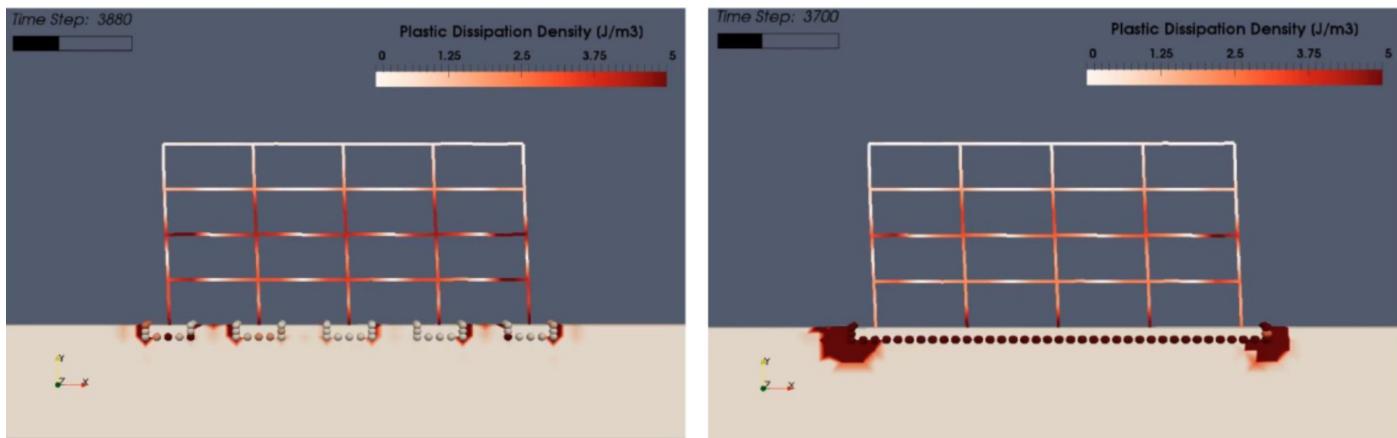
Abell et al. (2018)).

Primer analize konstrukcije armirano-betonske (AB) zgrade hotela u Venturi, Kaliforniji, koja je bila opremljena velikim brojem instrumenata za merenje ubrzanja u toku zemljotresa, pokazuje da se dinamičko ponašanje konstrukcije zgrade može veoma precizno modelirati kada se uzmu u obzir detalji temelja i tla ispod konstrukcije. Rezultati analize takve konstrukcije, bez uzimanja u obzir svojstva temeljne konstrukcije i tla, se značajno razlikuju od stvarnog ponašanja i merenja (Yang et al. (2021)). Ilustracija dinamičkog odgovora te zgrade sa interakcijom izmedju tla i konstrukcije (ESSI) i bez interakcije (non-ESSI) je prikazana na slici 1.

Analiza interakcije konstrukcije i tla može da



**Slika 2** Gravitaciona betonska brana - uticaj kosih zemljotresnih talasa (ugao  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ )



**Slika 3 – AB ram, disipacija energije u tlu, temelju i konstrukciji.**

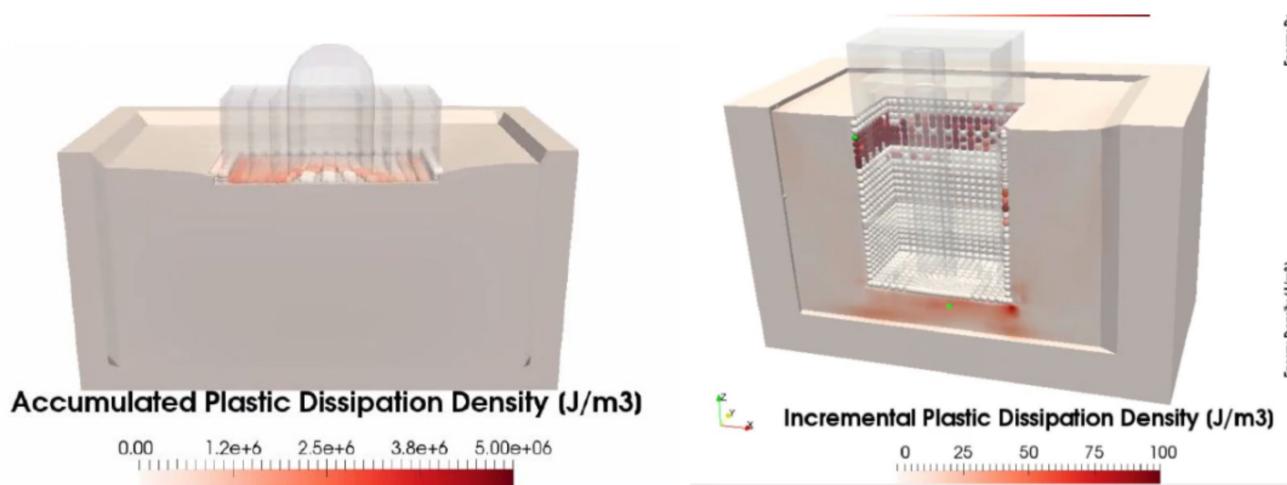
bude veoma korisna pri projektovanju. Glavna korist je što projektant raspolaže sa mnogo boljim i tačnijim rezultatima analize uticaja, kao što su pomeranja i sile u numeričkom modelu konstrukcije, što će dovesti do boljeg, sigurnijeg i ekonomski efikasnijeg projekta.

Na primer, slika 2 prikazuje detalj dinamičkog odgovora konstrukcije betonske brane. Numerički model je kompleksan i simulira ponašanje stenske mase, rezervoara i brane, a zemljotresni talasi su uneti pod uglom u odnosu na horizontalnu osu brane/doline. Veličina ugla je promenljiva, od  $0^\circ$  do  $60^\circ$ , kako bi se simulirali realni slučajevi dejstva zemljotresa. Ovakve analize omogućavaju projektantu da stekne bolji uvid u ponašanje konstrukcije i da optimizuje konstrukcije važnih objekata kao što su brane sa aspekta sigurnosti i cene koštanja.

Ukoliko se interakcija tla i konstrukcije uzme u obzir pri aseizmičkom projektovanju građevinskih objekata, moguće je da se pri seizmičkoj analizi simulira disipacija zemljotresne energije u konstrukciji i tlu, kao i na kontaktu tla i temelja. Takve analize omogućavaju promenu i poboljšanje projekta tako da usled zemljotresa dolazi do manjih oštećenja

konstrukcije iznad temelja. Ovaj koncept, koji ima sličnosti sa seizmičkom izolacijom, je ilustrovan na slici 3, koja prikazuje dve varijante AB rama sa alternativnim temeljnim sistemom. Slika 3 (levo) prikazuje model konstrukcije na temeljima samcima, a slika 3 (desno) prikazuje istu konstrukciju fundiranu na temeljnoj ploči. U slučaju rama na desnoj strani, mnogo više energije je potrošeno u tlu i na kontaktu temelja i tla, i zemljotresna energija se nije prenela kroz tlo i temelj do konstrukcije. Rezultat je da konstrukcija ima mnogo manja oštećenja.

Kontrola disipacije zemljotresne energije je još važnija kod objekata, kod kojih oštećenja usled zemljotresa mogu imati dalekosežne posledice, kao na primer kod nuklearnih elektrana, kao što je prikazano na slici 4 (Sinha et al. (2017); Wang et al. (2017)). Slika 4 prikazuje mesta disipacije zemljotresne energije kod standardne, površinske nuklearne elektrane i kod duboko ukopane, male nuklearne elektrane. Promenom materijala na kontaktu temelja i tla, i promenom oblika temelja, disipacija energije se može kontrolisati, i smanjiti uticaj zemljotresne energije na važne delove



**Slika 4 – Disipacija mehaničke energije u tlu i kontaktu tla i konstrukcije/temelja u modelu nuklearne elektrane: površinska (levo) i duboko ukopana (desno).**

konstrukcije.

Na projektantu je da sam odluči da li pri analizi konstrukcije treba da uzme u obzir interakciju konstrukcije i tla. To naravno zavisi od toga da li projektant ima znanje da radi takve analize i da li poseduje programe za izradu analiza koje uzimaju u obzir interakciju konstrukcije, tla, i fluida ako je potrebno. Takva odluka mora da se zasniva na mogućnosti projektanta da obavi analize sa potpunom interakcijom konstrukcije i tla, i fluida ukoliko je potrebno, kao i da ima pristup programima koji mogu takve analize da obave. Važno je napomenuti da se analize konstrukcija sa interakcijom konstrukcije, tla i fluida mogu obaviti tačno i efikasno, primenom odgovarajućih metoda i kompjuterskih programa, kao što je, na primer, program Real-ESSI Simulator (Jeremić et al. (1988-2022)) koji je autor razvio i primenjuje više od 30 godina. Pravilno i efikasno korišćenje programa kao što je Real-ESSI, zahteva znanje iz nekoliko oblasti, kao što su mehanika tla, teorija konstrukcija, seismologija, i računarske tehnike, kao i adekvatnu inženjersku intuiciju. Potrebno je da inženjeri prošire znanje iz svih gore navedenih oblasti, što zahteva vreme, dobru organizaciju i podršku profesionalnog okruženja (Jeremić et al. (1989-2022); Pecker et al. (2021))).

## Reference/Literatura

Kyoji Suyehiro. Engineering seismology notes on American lectures. In *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, volume 58, 4, pages 2-110. American Society of Civil Engineers, May 1932.

George Gazetas and George Mylonakis. Seismic soil-structure interaction: New evidence and emerging issues. In Panos Dakoulas, Mishac Yegian, and Robert D. Holtz, editors, *Proceedings of a Specialty Conference: Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III*, Geotechnical Special Publication No. 75, pages 1119-1174. ASCE, August 1998. 1998.

M.D. Trifunac and M.I. Todorovska. Reduction of structural damage by nonlinear soil response. *Journal of Structural Engineering*, 125(1):89-97, January 1999.

Jose A. Abell, Nebojša Orbović, David B. McCallen, and Boris Jeremić. Earthquake soil structure interaction of nuclear power plants, differences in response to 3-D, 3x1-D, and 1-D excitations. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 47(6):1478-1495, May 2018. doi: 10.1002/eqe.3026. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.3026>

Han Yang, Hexiang Wang, and Boris Jeremić. Numerical modeling and validation of earthquake soil structure interaction: A 12-story building in Ventura, California. *Engineering Structures*, 2021. In Review.

Sumeet K. Sinha, Yuan Feng, Han Yang, Hexiang Wang, Nebojša Orbović, David B. McCallen, and Boris Jeremić. 3-d non-linear modeling and its effects in earthquake soil-structure interaction. In *Proceedings of the 24th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 24)*, Busan, South Korea, August 20-25 2017.

Hexiang Wang, Han Yang, Sumeet K. Sinha, Yuan Feng, Chao Luo, David B. McCallen, and Boris Jeremić. 3D non-linear earthquake soil-structure interaction modeling of embedded small modular reactor (SMR). In *Proceedings of the 24th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 24)*, Busan, South Korea, August 20-25 2017.

Boris Jeremić, Guanzhou Jie, Zhao Cheng, Nima Tafazzoli, Panagiota Tasiopoulou, Federico Pisano, Jose Antonio Abell, Kohei Watanabe, Yuan Feng, Sumeet Kumar Sinha, Fatemah Behbehani, Han Yang, and Hexiang Wang. *The Real-ESSI Simulator System*. University of California, Davis, 1988-2021. <http://real-essi.us/>

Boris Jeremić, Zhaohui Yang, Zhao Cheng, Guanzhou Jie, Nima Tafazzoli, Matthias Preisig, Panagiota Tasiopoulou, Federico Pisano, Jose Abell, Kohei Watanabe, Yuan Feng, Sumeet Kumar Sinha, Fatemah Behbehani, Han Yang, and Hexiang Wang. *Nonlinear Finite Elements: Modeling and Simulation of Earthquakes, Soils, Structures and their Interaction*. University of California, Davis, CA, USA, 1989-2021. ISBN 978-0-692-19875-9. URL: <http://sokocalo.engr.ucdavis.edu/~jeremic/LectureNotes/>

Alain Pecker, James J. Johnson, and Boris Jeremić. *Earthquake Soil Structure Interaction Modeling and Simulation for Nuclear Power Plants*. TECDOC. United Nations, International Atomic Energy Agency, UN-IAEA, Vienna, Austria, 2021.

## SUZI akcije

### POZIV ZA UČEŠĆE

#### Uključite se u razvoj SUZI, postanite aktivan član!

Rukovodstvo SUZI veruje da uspeh Udruženja zavisi od aktivnog angažovanja članova u radu i razvoju Udruženja i njegovim radnim telima, kao što su komisije, radne grupe, itd. Ukoliko ste zainteresovani da se uključite u rad neke od komisija (pogledajte listu i opis [ovde](#)) javite nam se na mail [suzi@suzi-saee.rs](mailto:suzi@suzi-saee.rs)

#### Poziv za učešće: Komisija za publikacije i komunikacije.

Ova komisija je odgovorna za sve publikacije SUZI, uključujući i elektronski glasnik (koji se izdaje svakih 6 meseci) i veb-sajt. Pozivamo članove SUZI da učestvuju u razvoju publikacija u okviru njihove oblasti ekspertize, a potrebna nam je pomoć i u vezi ažuriranja sadržaja SUZI veb-sajta. Pozivaju se članovi SUZI koji žele da se uključe u rad ove Komisije da se jave predsedniku Nikoli Blagojeviću, na mail [blagojevic@ibk.baug.ethz.ch](mailto:blagojevic@ibk.baug.ethz.ch)

## SUZI novosti

### SUZI postala član EFEHR

Srpsko udruženje za zemljotresno inženjerstvo je nedavno pristupilo EFEHR-u, evropskom konzorcijumu koji čine 26 obrazovnih institucija, instituta, i udruženja iz većine evropskih zemalja. EFEHR (<http://www.efehr.org/en/home/>) se bavi procenom seizmičkog hazarda i rizika u Evropi, putem aktivnosti kao što su harmonizacija podataka, informacija i znanja kao osnova za razvoj modela seizmičkog hazarda i rizika na regionalnom, nacionalnom i evropskom nivou. Odluka o prijemu SUZI u EFEHR doneta je na skupštini EFEHR koja je održana 10.12.2021. Dr Željko Žugić, dipl. građ. inž.,

član SUZI i predsednik Komisije za geotehničko zemljotresno inženjerstvo, će predstavljati SUZI u EFEHR-u.

### Usvojen godišnji Izveštaj SUZI

Sednica Skupštine Srpskog Udruženja za Zemljotresno Inženjerstvo održana je 10. decembra 2021. godine. Tema sednice bila je godišnji Izveštaj o radu Udruženja za 2021. godinu, a usvajanje Izveštaja izvršeno je nakon glasanja članova elektronskim putem. U glasanju je učestvovalo 35 (od ukupno 40) članova Skupštine koji su usvojili izveštaj, koji je dostupan [ovde](#).

## SUZI događaji

U periodu od juna do decembra 2021. godine održana su tri događaja u organizaciji SUZI.

Virtuelni seminar SUZI na temu "Seizmički rizik: definicija i procena" održan je 15.09.2021. Predavači su bili mr Jovana Borozan, dipl.građ.inž., Nanometrics, Kanada, dr Svetlana Brzev, dipl.građ.inž., sa Univerziteta Britanske Kolumbije, Kanada, i dr Borko Bulajić, dipl.građ.inž., sa Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Seminaru je prisustvovalo oko 20 učesnika.

Virtuelno predavanje SUZI na temu "Osnove seizmičkog proračuna objekata visokogradnje" održano je 27.10.2021. Predavač je bio redovni profesor dr Ratko Salatić, dipl. građ. inž., sa Građevinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Predavanju je prisustvovalo 35 učesnika.

Virtuelni seminar SUZI na temu "Aseizmičko projektovanje zidanih konstrukcija zgrada" održan je 25.11.2021. Predavači su bili Dr Predrag Blagojević, dipl. građ. inž. i Dr Radovan Cvetković, dipl. građ. inž. sa Građevinsko-arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, kao i dr Svetlana Brzev, dipl.građ.inž., sa Univerziteta Britanske Kolumbije, Kanada. Seminaru je prisustvovalo 45 učesnika.

Više informacija o ovim događajima mogu se naći na [web sajtu SUZI](#), dok se snimci svih događaja nalaze na [YouTube kanalu udruženja](#).

## Publikacije

Internacionalno Udruženje za Zemljotresno Inženjerstvo (International Association for Earthquake Engineering, IAEE), čiji je SUZI član, u saradnji sa kompanijom Computers and Structures Inc. (CSI) nedavno je objavilo nekoliko značajnih publikacija i predavanja svetskih velikana zemljotresnog inženjerstva u sklopu CSI/IAEE Master Series.

Javno su dostupne dve publikacije na engleskom jeziku:

- Professor Luis Esteva Maraboto: Trends and

Challenges of Optimal Performance-based Earthquake Resistant Design Criteria for Buildings

- Professor Peter Fajfar: The Story of the N2 Method

Video snimke predavanja o radu i izazovima sa kojima su se tokom svojih karijera susretale vodeće ličnosti zemljotresnog inženjerstva, kao što su Profesor Tsuneo Katayama, Profesor Jim O Jirsa, Profesor Theodosios Tassios i Profesor Luis Esteva Maraboto, kao i njihove savete namenjene mlađim kolegama, možete pogledati [ovde](#).

## Najava budućih događaja

### 3rd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (3ECEES)/17th European Conference on Earthquake Engineering

Cilj ove značajne konferencije, koja će se održati u Bukureštu, Rumunija, od 4. do 9. Septembra 2022. godine, je da stimuliše izlaganje ideja i rešenja problema iz oblasti zemljotresnog inženjerstva i seismologije. Organizatori su Rumunsko Udruženje za Zemljotresno Inženjerstvo, u saradnji sa Tehničkim univerzitetom za Građevinarstvo u Bukureštu (*Technical University of Civil Engineering of Bucharest - UTCB*) i Nacionalnim Institutom za Geofiziku (*National Institute for Earth Physics - INFP*).

Rok za prijavu radova počinje 20.1.2022.

Za više informacija o konferenciji kliknite [ovde](#).



## O nama

Srpsko Udruženje za Zemljotresno Inženjerstvo (SUZI) je nacionalno nevladino neprofitno tehničko udruženje čiji članovi su zainteresovani inženjeri, geolozi, seismolozi, arhitekte i urbanisti, kao i predstavnici ostalih struka koje zemljotresi dotiču i koji se bave uzrocima i posledicama zemljotresa. Osnovni cilj SUZI je da doprine podizanju nivoa svesti, znanja i praktične primene zemljotresnog inženjerstva u Republici Srbiji. SUZI je član Internacionalne Asocijacije za Zemljotresno Inženjerstvo (*International Association for Earthquake Engineering – IAEE*).

**SUZI eGlasnik je publikacija koju priprema Komisija za publikacije SUZI, koju čine:**

- Nikola Blagojević
- Ivan Milićević
- prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev
- Vanja Alendar

## SUZI Kontakt:

E-mail: [suzi@suzi-saee.rs](mailto:suzi@suzi-saee.rs)

Srpsko udruženje za zemljotresno inženjerstvo - SUZI  
c/o Građevinski fakultet  
Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija

## Pronađite nas i na web-u!

Zvaničan veb-sajt SUZI je dostupan na adresi:

[www.suzi-saee.rs](http://www.suzi-saee.rs)

Razne informacije i obaveštenja možete pročitati i na našim Twitter i LinkedIn nalozima:

Twitter: [@SUZI\\_SAEE](https://twitter.com/SUZI_SAEE)

LinkedIn: [www.linkedin.com/company/suzi-saee](https://www.linkedin.com/company/suzi-saee)

## Autori priloga

**Prof. dr Boris Jeremić, dipl. inž. grad.**  
*(autor tematskog članka, član SUZI)*

Profesor,  
Departman za Građevinarstvo i  
Ekološko inženjerstvo,  
Univerzitet u Kaliforniji,  
Dejvis, Kalifornija, S.A.D.  
E-mail: [jeremic@ucdavis.edu](mailto:jeremic@ucdavis.edu)



**Prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev, dipl.**  
**inž. grad., P. Eng.**  
*(predsednica SUZI)*

Vanredni Profesor,  
Univerzitet Britanske Kolumbije,  
Vankuver, Kanada  
E-mail: [svetlana.brzev@gmail.com](mailto:svetlana.brzev@gmail.com)



**Nikola Blagojević, mast. inž. grad.**  
*(urednik eGlasnika, mladi član SUZI)*

Doktorand,  
Katedra za Dinamiku Konstrukcija i  
Zemljotresno Inženjerstvo,  
Švajcarski Federalni Institut za  
Tehnologiju  
Cirih, Švajcarska  
E-mail: [blagojevic@ibk.baug.ethz.ch](mailto:blagojevic@ibk.baug.ethz.ch)

