



STEPGRAD
СТЕПГРАД

International Conference on Contemporary Theory
and Practice in Construction XVI

Banja Luka, June 13-14, 2024

INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTEMPORARY
THEORY AND PRACTICE IN CONSTRUCTION XVI

МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ XVI

PROCEEDINGS

ЗБОРНИК РАДОВА

Publisher

University of Banja Luka
Faculty of Architecture, Civil Engineering and
Geodesy

Издавач

Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

On behalf of the publisher

Saša Čvoro, PhD, associate professor

За издавача

др Саша Чворо, ванр. професор

Editors

Snježana Maksimović, PhD, associate professor
Miroslav Malinović, PhD, associate professor

Уредници

др Сњежана Максимовић, ванр. професор
др Мирослав Малиновић, ванр. професор

DIGITAL PUBLICATION – DISTRIBUTION THROUGH
CONFERENCE WEB SITE
stepgrad.aggf.unibl.org

ЕЛЕКТРОНСКО ИЗДАЊЕ – ДИСТРИБУЦИЈА ПУТЕМ
ИНТЕРНЕТ СТРАНИЦЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ:
stepgrad.aggf.unibl.org

ISSN

Banja Luka, 2024

2566-4484

Бања Лука, 2024.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTEMPORARY THEORY AND
PRACTICE IN CONSTRUCTION XVI
STEPGRAD XVI

МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ XVI
СТЕПГРАД XVI

PROCEEDINGS

ЗБОРНИК РАДОВА

Вања Лука, June 13-14, 2024
Бања Лука, 13-14.06.2024.

FOREWORD

It is our great pleasure to write this Foreword to the Proceedings of the International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction, XVI - STEPGRAD. The conference was held on June 13 and 14 at the Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University of Banja Luka. As in previous years, the conference STEPGRAD XVI continues a tradition of bringing together researchers, academics, and professionals from all over the world, experts in Civil Engineering, Architecture, Geodesy, and related fields, so this year it brought participants from fourteen different countries. The Conference enables the interaction of research students, young academics and engineers with the more experienced academic and professional community to present and to discuss current accomplishments. Their contributions make these Proceedings outstanding. The published papers provide the most recent scientific and professional knowledge in the fields of Computational mechanics, Structural engineering, Building materials, Road planning, Energy efficiency, Urban planning, Architecture, History of architecture, Surveying, Education of engineers, etc.

Almost ninety manuscripts were submitted, while 74 of them were accepted and categorized. Each contributed paper was refereed by the two reviewers. The papers were refereed based on their interest, relevance, innovation, and application to the broad field of Construction. Inviting lecturers this year were dr Ajla Akšamića, professor from the School of Architecture, University of Utah in USA, dr Vlatko Šešov from the Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, North Macedonia, dr Marija Nefovska-Danilović, associate professor, from the University of Belgrade and dr Todor Stojanovski from KTH Royal Institute of Technology Stockholm in Sweden.

These Proceedings will furnish the scientists and professionals with an excellent reference book. We trust that it will give an impetus for further studies in all subject areas. We thank all the authors and reviewers for their valuable contributions. Special thanks go to our sponsors and the members of the Organizational Committee and Working team.

Snježana Maksimović
Miroslav Malinović
Editors

ПРЕДГОВОР

Изузетно нам је задовољство написати овај Предговор за Зборник радова са међународне конференције Савремена теорија и пракса у градитељству XVI – СТЕПГРАД. Конференција је одржана 13. и 14. јуна на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету Универзитета у Бањој Луци. Као и претходних година, конференција СТЕПГРАД XVI наставља традицију повезивања истраживача, наставника и стручњака из цијелог свијета, експерата грађевинарства, архитектуре, геодезије и сродних области, па је ове године окупила учеснике из четрнаест различитих земаља. Конференција је омогућила интеракцију студената, младих инжењера и научника са искуснијим члановима академске и стручне заједнице у циљу дискусије о савременим тенденцијама у градитељству. Њихов допринос је учинио овај Зборник изузетним. Објављени радови пружају увид у актуелно научно и стручно знање из рачунске механике, инжењерских конструкција, грађевинских материјала, саобраћајница, енергетске ефикасности, урбанизма, архитектуре, историје архитектуре, геодезије, образовања инжењера, итд. Од скоро деведесет достављених рукописа, 74 је прихваћено и категорисано. Сваки рад је био прегледан од стране два рецензента. Критеријуми за одабир радова су били њихова актуелност, значај и допринос широкој области градитељства. Позивни предавачи ове године били су проф. др Ајла Акшамија са универзитета у Ути из Сједињених Америчких Држава, др Влатко Шешов са ИЗИИС института у Сјеверној Македонији, проф. др Марија Нефовска-Даниловић са Универзитета у Београду и др Тодор Стојановски са краљевског технолошког института КТН у Шведској. Овај Зборник радова ће послужити као корисна референца стручњацима и истраживачима те смо сигурни да ће пружити подстицај за даљња истраживања у предметним областима. Захваљујемо свим ауторима и рецензентима на њиховом изузетном доприносу. Посебну захвалност упућујемо нашим спонзорима те свим члановима Организационог одбора и Радног тима.

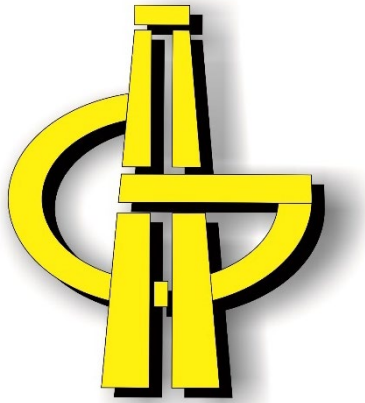
Сњежана Максимовић
Мирослав Малиновић
уредници

GENERALN SPONSOR ГЕНЕРАЛНИ СПОНЗОР



www.aragostainvest.com

SILVER SPONSOR СРЕБРНИ СПОНЗОР



Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka

SPONSORS СПОНЗОРИ

TECE
close to you


East Code
www.eastcode.net

GEOKOM

MB **MODUL**

LANACO

ORGANIZER

University of Banja Luka
Faculty of Architecture, Civil
Engineering and Geodesy

ОРГАНИЗАТОР

Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-
геодетски факултет



CO-ORGANISERS

Faculty of Civil Engineering, University
of Belgrade

СУОРГАНИЗАТОРИ

Грађевински факултет, Универзитет у
Београду



University North, Koprivnica

Свеучилиште Сјевер у Вараждину



Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril
and Methodius University in Skopje

Грађевински факултет, Универзитет
Св. Ђирило и Методије у Скопљу



Institute of Earthquake Engineering
and Engineering Seismology (IZIIS)

Институт за земљотресно
инжењерство и инжењерску
сеизмологију (ИЗИИС)



IRMA – Institute for Research in
Materials and Applications, Slovenia

ИРМА – Институт за истраживање
материјала и примјене, Словенија



University of West Attica (UNIWA)

Универзитет Западна Атика, Атина



UNIVERSITY OF
WEST ATTICA
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Faculty of Electrical Engineering
University of East Sarajevo

Електротехнички факултет
Универзитет у Источном Сарајеву



Faculty of Architecture, University of
Montenegro

Архитектонски факултет, Универзитет
Црне Горе



Chamber of Commerce and industry of
Republic of Srpska

Привредна комора Републике Српске



PRIVREDNA KOMORA
REPUBLIKE SRPSKE

Faculty of Architecture, University of
Belgrade

Архитектонски факултет, Универзитет
у Београду



Conference Chair

Associate Prof. Snježana Maksimović, PhD, University of Banja Luka

Conference Chair Deputy

Associate Prof. Miroslav Malinović, PhD, University of Banja Luka

Chair of the Organizing Board

Associate Prof. Sandra Kosić-Jeremić, University of Banja Luka

Chair of Scientific Committee

Associate Prof. Aleksandar Borković, University of Banja Luka

ORGANISING BOARD

Gordana Bročeta, University of Banja Luka
Malina Čvoro, University of Banja Luka
Sanja Tucikešić, University of Banja Luka

EDITORIAL BOARD

Maja Ilić, University of Banja Luka (Architecture)
Bojana Grujić, University of Banja Luka (Civil Engineering)
Gordana Jakovljević, University of Banja Luka (Geodesy)

TECHNICAL BOARD

Ognjen Mijatović, University of Banja Luka, web administrator
Žarko Grujić, University of Banja Luka, technical administrator
Dajana Papaz, University of Banja Luka, graphic editor
Tanja Đukanović, University of Banja Luka, technical editor
Jelena Pažin, University of Banja Luka, proofreading

ORGANIZING COMMITTEE FROM PARTNER UNIVERSITIES

Božidar Popović, University of East Sarajevo
Nikola Rosić, University of Belgrade
Jakob Sušterskić, IRMA institute, Ljubljana
Koce Todorov, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Vlatko Šešov, IZIIIS institute, Skoplje
Vassilis Pagounis, University of West Attica
Nikola Macut, University of Belgrade
Danko Markovinović, University North, Varaždin
Svetlana Perović, University of Montenegro
Pero Čorić, Chamber of Commerce and industry of Republic of Srpska

Директор Конференције

проф. др Сњежана Максимовић, Универзитет у Бањој Луци

Замјеник директора Конференције

проф. др Мирослав Малиновић, Универзитет у Бањој Луци

Председник Организационог одбора

проф. др Сандра Косић-Јеремић, Универзитет у Бања Луци

Предсједник Научног одбора

проф. др Александар Борковић, Универзитет у Бања Луци

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Гордана Броћета, Универзитет у Бањој Луци
Малина Чворо, Универзитет у Бањој Луци
Сања Туцикешић, Универзитет у Бањој Луци

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Маја Илић, Универзитет у Бањој Луци (Архитектура)
Бојана Грујић, Универзитет у Бањој Луци (Грађевинарство)
Гордана Јаковљевић, Универзитет у Бањој Луци (Геодезија)

ТЕХНИЧКИ ОДБОР

Огњен Мијатовић, Универзитет у Бањој Луци, веб администратор
Жарко Грујић, Универзитет у Бањој Луци, технички администратор
Дајана Папаз, Универзитет у Бањој Луци, графички уредник
Тања Ђукановић, Универзитет у Бањој Луци, технички уредник
Јелена Пажин, Универзитет у Бањој Луци, лектор за енглески језик

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР СА ПАРТНЕРСКИХ ИНСТИТУЦИЈА

Божидар Поповић, Универзитет у Источном Сарајеву
Никола Росић, Универзитет у Београду
Јакоб Шуштершич, ИРМА институт, Љубљана
Коце Тодоров, Универзитет Св. Ђирило и Методије у Скопљу
Влатко Шешов, ИЗИИС институт, Скопље
Василис Пагоунис, Универзитет Западна Атика
Никола Мацут, Универзитет у Београду
Данко Марковиновић, Универзитет Сјевер, Вараžдин
Светлана Перовић, Универзитет Црне Горе
Перо Ђорић, Привредна комора Републике Српске

SCIENTIFIC COMMITTEE

Aleksandar Borković, University of Banja Luka, chair
Dragan Milašinović, University of Novi Sad
Branko Božić, University of Belgrade
Željko Bačić, University of Zagreb
Biljana Šćepanović, University of Montenegro
Miro Govedarica, University of Novi Sad
Dušan Jovanović, University of Novi Sad
Igor Jokanović, University of Novi Sad
Aleksandra Đukić, University of Belgrade
Goran Ćirović, University of Novi Sad
Biljana Antunović, University of Banja Luka
Valentina Golubović-Bugariski, University of Banja Luka
Sandra Kosić-Jeremić, University of Banja Luka
Nevena Novaković, University of Banja Luka
Borislava Blagojević, University of Nis
Snježana Maksimović, University of Banja Luka
Dragan Nikolić, School of Applied Studies for Civil Engineering and Geodesy, Belgrade
Natalija Bede, University of Rijeka
Aleksandar V. Radević, University of Belgrade
Saša Kosanović, University of Pristina, Kosovska Mitrovica
Alenka Fikfak, University of Ljubljana
Lucija Ažman Momirski, University of Ljubljana
Mileva S. Samardžić-Petrović, University of Belgrade
Milena Dinić Branković, University of Niš
Ivan Mlinar, University of Zagreb
Lara Slivnik, University of Ljubljana
Jakob Šušteršič, IRMA – Institute for Research in Materials and Applications, Slovenia
Mila Pucar, Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia
Darija Gajić, University of Banja Luka
Shimaa M. Ahmed, Suez Canal University
Aleksandar Savić, University of Belgrade
Miroslav Malinović, University of Banja Luka
Meri Cvetkovska, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Budimir Sudimac, University of Belgrade
Vesna Poslončec-Petrić, University of Zagreb
Bojana Grujić, University of Banja Luka
Sanja Tucikešić, University of Banja Luka

НАУЧНИ ОДБОР

Александар Борковић, Универзитет у Бањој Луци, председник
Драган Милашиновић, Универзитет у Новом Саду
Бранко Божић, Универзитет у Београду
Желько Бачић, Универзитет у Загребу
Биљана Шћепановић, Универзитет Црне Горе
Миро Говедарица, Универзитет у Новом Саду
Душан Јовановић, Универзитет у Новом Саду
Игор Јокановић, Универзитет у Новом Саду
Александра Ђукић, Универзитет у Београду
Горан Ћировић, Универзитет у Новом Саду
Биљана Антуновић, Универзитет у Бањој Луци
Валентина Голубовић-Бугарски, Универзитет у Бањој Луци
Сандра Косић-Јеремић, Универзитет у Бањој Луци
Невена Новаковић, Универзитет у Бањој Луци
Борислава Благојевић, Универзитет у Нишу
Сњежана Максимовић, Универзитет у Бањој Луци
Драган Николић, Висока грађевинско-геодетска школа Београд
Наталија Беде, Универзитет у Ријеци
Александар В. Радевић, Универзитет у Београду
Саја Косановић, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица
Аленка Фикфак, Универзитет у Љубљани
Луција Ажман Момирски, Универзитет у Љубљани
Милева С. Самарџић-Петровић, Универзитет у Београду
Милена Динић Бранковић, Универзитет у Нишу
Иван Млинар, Универзитет у Загребу
Лара Сливник, Универзитет у Љубљани
Јакоб Шуштершич, ИРМА – Институт за истраживање материјала и примјене, Словенија
Мила Пуцар, Институт за архитектуру и урбанизам Србије
Дарија Гајић, Универзитет у Бањој Луци
Шима М. Ахмед, Универзитет Суецког Канала
Александар Савић, Универзитет у Београду
Мирослав Малиновић, Универзитет у Бањој Луци
Мери Цветковска, Универзитет Св. Ђирило и Методије у Скопљу
Будимир Судимац, Универзитет у Београду
Весна Послончец-Петрић, Универзитет у Загребу
Бојана Грујић, Универзитет у Бањој Луци
Сања Туцикешић, Универзитет у Бањој Луци

Gordana Jakovljević, University of Banja Luka
Radovan Đurović, University of Montenegro
Miodrag Regodić, University of Banja Luka
José Lázaro Amaro-Mellado, University of Seville
Oleg Odalović, University of Belgrade
Dragan Pamučar, University of Defence in Belgrade
Žana Topalović, University of Banja Luka
Nataša Popović Miletić, University of Banja Luka
Slavica Stamatović Vučković, University of Montenegro
Vladimir Bojković, University of Montenegro
Sanja Atanasova, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Vesna Stojaković, University of Novi Sad
Ljubiša Preradović, University of Banja Luka
Gordana Bročeta, University of Banja Luka
Branko Milovanović, University of Belgrade
Miroslav Marjanović, University of Belgrade
Anđelko Cumbo, University of Banja Luka
Maja Ilić, University of Banja Luka
Ana Nikezić, University of Belgrade
Nebojša Antašević, University of Belgrade
Diana Stupar, University of Banja Luka
Maja Milić Aleksić, University of Banja Luka
Elša Turkušić Jurić, University of Sarajevo
Filip Niketić, Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils Lausanne
Miloš Jočković, University of Belgrade
Daniel Velinov, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Arslan Hojat Ansari, Payame Noor University
Mehmed Batilović, University of Novi Sad
Željko Bugarinović, University of Novi Sad
Eranda Gunathilaka, Sabaragamuwa University of Sri Lanka
Slobodan Šupić, University of Novi Sad
Vlatko Šešov, IZIS Institute, Skopje
Mirjana Malešev, University of Novi Sad
Slavica Gajić, University of Banja Luka
Milena Grbić, University of Novi Sad
Damjan Ivetić, University of Belgrade
Luka Lazarević, University of Belgrade
Tijana Vujičić, University of Banja Luka
Saša Čvoro, University of Banja Luka
Malina Čvoro, University of Banja Luka

Гордана Јаковљевић, Универзитет у Бањој Луци
Радован Ђуровић, Универзитет Црне Горе
Миодраг Регодић, Универзитет у Бањој Луци
Хозе Лазаро Амаро Меладо, Универзитет у Севиљи
Олег Одаловић, Универзитет у Београду
Драган Памучар, Универзитет одбране, Београд
Жана Топаловић, Универзитет у Бањој Луци
Наташа Поповић Милетић, Универзитет у Бањој Луци
Славица Стаматовић Вучковић, Универзитет Црне Горе
Владимир Бојковић, Универзитет Црне Горе
Сања Атанасова, Универзитет Св. Ћирило и Методије у Скопљу
Весна Стојаковић, Универзитет у Новом Саду
Љубиша Прерадовић, Универзитет у Бањој Луци
Гордана Броћета, Универзитет у Бањој Луци
Бранко Миловановић, Универзитет у Београду
Мирослав Марјановић, Универзитет у Београду
Анђелко Цумбо, Универзитет у Бањој Луци
Маја Илић, Универзитет у Бањој Луци
Ана Никезић, Универзитет у Београду
Небојша Анташевић, Универзитет у Београду
Диана Ступар, Универзитет у Бањој Луци
Маја Милић Алексић, Универзитет у Бањој Луци
Елша Туркушић Јурић, Универзитет у Сарајеву
Филип Никетић, Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils Lausanne
Милош Јочковић, Универзитет у Београду
Даниел Велинов, Универзитет Св. Ћирило и Методије у Скопљу
Арслан Хојат Ансари, Пајаме Нор Универзитет
Мехмед Батиловић, Универзитет у Новом Саду
Жељко Бугариновић, Универзитет у Новом Саду
Еранда Гунатилака, Сабарагамува Универзитет у Шри Ланци
Слободан Шупић, Универзитет у Новом Саду
Влатко Шешов, ИЗИИС Институт, Скопље
Мирјана Малешев, Универзитет у Новом Саду
Славица Гајић, Универзитет у Бањој Луци
Милена Грбић, Универзитет у Новом Саду
Дамјан Иветић, Универзитет у Београду
Лука Лазаревић, Универзитет у Београду
Тијана Вујичић, Универзитет у Бањој Луци
Саша Чворо, Универзитет у Бањој Луци
Малина Чворо, Универзитет у Бањој Луци

Miro Hegodić, University of Zagreb
Tina Dašić, University of Belgrade
Rok Ercegovič, IRMA institute, Ljubljana
Jovan Br. Papić, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Kristina Milkova, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Filip Kasapovski, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Vassilis Andritsanos, University of West Attica
Michael Gianniou, University of West Attica
Athanasios Iliodromitis, University of West Attica
Bojana Zeković, University of Belgrade
Milica Milojević, University of Belgrade
Danko Markovinović, University North, Varaždin
Vlado Cetl, University North, Varaždin
Slobodan Lubura, University of East Sarajevo
Srđan Lale, University of East Sarajevo
Ljubo Marković, University of Pristina, Kosovska Mitrovica
Vladan Ilić, University of Belgrade

Миро Хегодић, Универзитет у Загребу
Тина Дашић, Универзитет у Београду
Рок Ерцеговић, ИРМА институт, Љубљана
Јован Бр. Папић, Универзитет Св. Ћирило и Методије у Скопљу
Кристина Милкова, Универзитет Св. Ћирило и Методије у Скопљу
Филип Касаповски, Универзитет Св. Ћирило и Методије у Скопљу
Василис Андрицанос, Универзитет Западна Атика
Михаел Гианиоу, Универзитет Западна Атика
Атанасиос Илиодромитис, Универзитет Западна Атика
Бојана Зековић, Универзитет у Београду
Милица Милојевић, Универзитет у Београду
Данко Марковиновић, Универзитет Сјевер, Вараждин
Владо Цетл, Универзитет Сјевер, Вараждин
Слободан Лубура, Универзитет у Источном Сарајеву
Срђан Лале, Универзитет у Источном Сарајеву
Љубо Марковић, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица
Владан Илић, Универзитет у Београду