



PROCEEDINGS OF

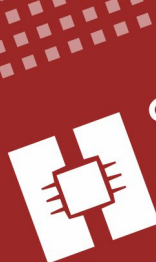
International conference on Contemporary
Theory and Practice in Construction XV

Banja Luka, June 16-17, 2022

ЗБОРНИК РАДОВА

Међународне конференције
Савремена теорија и пракса у градитељству XV

Бања Лука, 16-17.06.2022.



STEPGRAD
СТЕПГРАД

2022



INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTEMPORARY
THEORY AND PRACTICE IN CONSTRUCTION XV

МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ XV

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
Sandra Kosić-Jeremić, PhD, Associate Professor

Уредници

др Сњежана Максимовић, ванр. професор
др Сандра Косић-Јерemiћ, ванр. професор

DIGITAL PUBLICATION – DISTRIBUTION THROUGH
CONFERENCE WEB SITE

stepgrad.aggf.unibl.org and
doisrpska.nub.rs/index.php/STPG/index

ЕЛЕКТРОНСКО ИЗДАЊЕ – ДИСТРИБУЦИЈА ПУТЕМ
ИНТЕРНЕТ СТРАНИЦЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ:

stepgrad.aggf.unibl.org и
doisrpska.nub.rs/index.php/STPG/index

ISBN

ISSN

Banja Luka, June 2022

978-99976-978-4-4

2566-4484

Бања Лука, јуни 2022.

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

МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
САВРЕМЕНА ТЕОРИЈА И ПРАКСА У ГРАДИТЕЉСТВУ XV
СТЕПГРАД XV

PROCEEDINGS

ЗБОРНИК РАДОВА

Ванја Лука, June 16-17, 2022
Бања Лука, 16-17.06.2022.



FOREWORD

It is our great pleasure to write this Foreword to the Proceedings of the International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction, XV - STEPGRAD. The Conference was held on June 16 and 17 at the Lanaco Technology Center in Banja Luka. As in previous years, the Conference STEPGRAD XV 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 fifteen 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 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 eighty manuscripts were submitted, while 70 of them were accepted and categorized. Each contributed paper was refereed by the two reviewers, members of the Scientific Committee. The papers were refereed based on their interest, relevance, innovation, and application to the broad field of Construction. Invited lecturers this year were associate professor Gordana Kaplan, PhD, from the Technical University of Eskisehir in Turkey, associate professor Daniel Lordik, PhD, from the Technical University of Dresden, associate professor Ana Nikezić, PhD, from the University of Belgrade and Filip Niketić, PhD, from the project company Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA in Switzerland.

These Proceedings will furnish the scientists and professionals with an excellent reference book. We are certain 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
Sandra Kosić-Jeremić
Editors

ПРЕДГОВОР

Изузетно нам је задовољство написати овај Предговор за Зборник радова са међународне конференције Савремена теорија и пракса у градитељству XV – СТЕПГРАД. Конференција је одржана 16. и 17. јуна у Технолошком центру компаније Ланако у Бањој Луци. Као и претходних година, конференција СТЕПГРАД XV наставља традицију повезивања истраживача, наставника и стручњака из цијелог свијета, експерата грађевинарства, архитектуре, геодезије и сродних области, па је ове године окупила учеснике из петнаест 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 осамдесет достављених рукописа, 70 је прихваћено и категорисано. Сваки рад је био прегледан од стране два рецензента, члана Научног одбора. Критеријуми за одабир радова су били њихова актуелност, значај и допринос широкој области градитељства. Позивни предавачи ове године били су проф. др Гордана Каплан са Техничког универзитета Ескишехир у Турској, проф. др Даниел Лордик са Техничког универзитета у Дрездену, проф. др Ана Никезић са Универзитета у Београду и др Филип Никетић из пројектне компаније Nicolas Fehlmann Ingénieurs Conseils SA у Швајцарској.

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
Сандра Косић-Јерemiћ
уредници

GOLDEN SPONSOR ЗЛАТНИ СПОНЗОР



INTEGRAL
INŽENJERING a.d.

SILVER SPONSORS СРЕБРНИ СПОНЗОРИ



SPONSORS СПОНЗОРИ



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 Architecture, University of
Belgrade

СУОРГАНИЗАТОРИ

Архитектонски факултет, Универзитет
у Београду



IRMA – Institute for Research in
Materials and Applications, Slovenia

ИРМА – Институт за истраживање
материјала и примјене, Словенија



Faculty of Civil Engineering,
University of Belgrade

Грађевински факултет, Универзитет у
Београду



Faculty of Civil Engineering,
University of Montenegro

Грађевински факултет, Универзитет
Црне Горе



Ss. Cyril and Methodius University in
Skopje

Св. Ћирило и Методије, Универзитет у
Скопљу



University North, Koprivnica

Свеучилиште Сјевер у Вараждину



University of North

Faculty of Civil Engineering and
Architecture, University of Nis

Грађевинско архитектонски факултет,
Универзитет у Нишу



Faculty of Architecture, University of
Montenegro

Архитектонски факултет, Универзитет
Црне Горе



Lanaco – Technology center, Banja
Luka

Ланакo – технолошки центар, Бања
Лука



Hotel Talija, Banja Luka

Хотел Талија, Бања Лука



Conference director

Assoc. Prof. Snježana Maksimović, PhD

Deputy Conference director

Assoc. Prof. Sandra Kosić-Jeremić, PhD

Директор Конференције

проф. др Сњежана Максимовић

Замјеник директора Конференције

проф. др Сандра Косић-Јеремић

ORGANISING COMMITTEE

Maja Milić-Aleksić, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University of Banja Luka, president

Verica Krstić, Faculty of Architecture, University of Belgrade

Jakob Šušteršič, IRMA institute Ljubljana

Slavica Stamatović Vučković, Faculty of Architecture, University of Montenegro

Marina Rakočević, Faculty of Civil Engineering, University of Montenegro

Miroslav Marjanović, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade

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

Danko Markovinović, University North, Koprivnica

Branislava Stoiljković, Faculty of Civil Engineering, University of Nis

Anka Starčev-Ćurčin, Faculty of Civil Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

Vesna Bulatović, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Маја Милић-Алексић, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци, предсједник

Верица Крстић, Архитектонски факултет, Универзитет у Београду

Јакоб Шуштершич, ИРМА институт Љубљана
Славица Стаматовић Вучковић, Архитектонски факултет, Универзитет Црне Горе

Марина Ракочевић, Грађевински факултет, Универзитет Црне Горе

Мирослав Марјановић, Грађевински факултет, Универзитет у Београду

Златко Србиноски, Грађевински факултет, Универзитет Св Кирила и Методија у Скопљу

Данко Марковиновић, Свеучилиште Сјевер у Вараждину

Бранислава Стоилковић, Грађевински факултет, Универзитет у Нишу

Анка Старчев-Ћурчин, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Весна Булатовић, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dragan Milašinović, University of Novi Sad, Chair
Igor Emri, University of Ljubljana
Brankica Milojević, University of Banja Luka
Vladan Đokić, University of Belgrade
Branko Božić, University of Belgrade
Željko Bačić, University of Zagreb
Biljana Šćepanović, University of Montenegro
Aleksandra Krstić-Furundžić, University of Belgrade
Miro Govedarica, University of Novi Sad
Dušan Jovanović, University of Novi Sad
Nađa Kurtović-Folić, University of Novi Sad
Igor Jokanović, University of Novi Sad
Aleksandra Đukić, University of Belgrade
Goran Ćirović, University of Novi Sad
Dragan Lukić, University of Novi Sad
Biljana Antunović, University of Banja Luka
Aleksandar Borković, University of Banja Luka
Valentina Golubović-Bugariski, University of Banja Luka
Čedomir Zeljković, University of Banja Luka
Sandra Kosić-Jeremić, University of Banja Luka
Malina Čvoro, University of Banja Luka
Maja Ilić, University of Banja Luka
Nevena Novaković, University of Banja Luka
Borislava Blagojević, University of Nis
Snježana Maksimović, University of Banja Luka
Maja Roso Popovac, University Džemal Bijedić of Mostar
Dragan Nikolić, School of Applied Studies for Civil Engineering and Geodesy, Belgrade
Natalija Bede, University of Rijeka
Aleksandar V. Radević, University of Belgrade
Boško D. Stevanović, University of Belgrade
Saja 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 Nis
Ivan Mlinar, University of Zagreb

НАУЧНИ ОДБОР

Драган Милашиновић, Универзитет у Новом Саду,
предсједник
Игор Емри, Универзитет у Љубљани
Бранкица Милојевић, Универзитет у Бањој Луци
Владан Ђокић, Универзитет у Београду
Бранко Божић, Универзитет у Београду
Жељко Бачић, Свеучилиште у Загребу
Биљана Шћепановић, Универзитет Црне Горе
Александра Крстић-Фурунџић, Универзитет у Београду
Миро Говедарица, Универзитет у Новом Саду
Душан Јовановић, Универзитет у Новом Саду
Нађа Куртовић-Фолић, Универзитет у Новом Саду
Игор Јокановић, Универзитет у Новом Саду
Александра Ђукић, Универзитет у Београду
Горан Ћировић, Универзитет у Новом Саду
Драган Лукић, Универзитет у Новом Саду
Биљана Антуновић, Универзитет у Бањој Луци
Александар Борковић, Универзитет у Бањој Луци
Валентина Голубовић-Бугарски, Универзитет у Бањој Луци
Чедомир Зељковић, Универзитет у Бањој Луци
Сандра Косић-Јеремић, Универзитет у Бањој Луци
Малина Чворо, Универзитет у Бањој Луци
Маја Илић, Универзитет у Бањој Луци
Невена Новаковић, Универзитет у Бањој Луци
Борислава Благојевић, Универзитет у Нишу
Сњежана Максимовић, Универзитет у Бањој Луци
Маја Росо Поповац, Универзитет Џемал Биједић
Драган Николић, Висока грађевинско-геодетска школа
Београд
Наталија Беде, Свеучилиште у Риједи
Александар В. Радевић, Универзитет у Београду
Бошко Д. Стевановић, Универзитет у Београду
Саја Косановић, Универзитет у Приштини са привременим
сједиштем у Косовској Митровици
Аленка Фикфак, Универзитет у Љубљани
Луција Ажман Момирски, Универзитет у Љубљани
Милева С. Самарџић-Петровић, Универзитет у Београду
Милена Динић Бранковић, Универзитет у Нишу

Zrinka Barišić Marenčić, University of Zagreb
Lara Slivnik, University of Ljubljana
Juan Luis Rivas Navarro, University of Granada
Jakob Šušteršič, Institute for Research in Materials and Applications, Slovenia
Mila Pucar, Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia
Petar Gvero, University of Banja Luka
Darija Gajić, University of Banja Luka
Shimaa M. Ahmed, Suez Canal University
Marija T. Nefovska-Danilović, University of Belgrade
Ana Radivojević, University of Belgrade
Aleksandar Savić, University of Belgrade
Miroslav Malinović, University of Banja Luka
Mirjana Malešev, University of Novi Sad
Budimir Sudimac, University of Belgrade
Vlastimir Radonjanin, University of Novi Sad
Vesna Poslončec-Petrić, University of Zagreb
Gordana Kaplan, Eskisehir Technical University
Bojana Grujić, University of Banja Luka
Sanja Tucikešić, University of Banja Luka
Gordana Jakovljević, University of Banja Luka
Ljiljana Teofanov, University of Novi Sad
Dragan Blagojević, University of Belgrade
Radovan Đurović, University of Montenegro
Medžida Mulić, University of Sarajevo
Vlado Cetl, University North, Croatia
Hose Lazaro Amaro Melado, University of Sevilla
Alojz Kopačik, Slovak University of Technology in Bratislava
Oleg Odalović, University of Belgrade
Dragan Pamučar, University of Defence in Belgrade
Žana Topalović, University of Banja Luka
Siniša Vučenović, University of Banja Luka
Sanja Atanasova, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Diana Stoeva, Acoustics Research Institute, Austrian Academy of Sciences
Vesna Stojaković, University of Novi Sad
Ljubiša Preradović, University of Banja Luka

Иван Млинар, Свеучилиште у Загребу
Зринка Баришић Маренић, Свеучилиште у Загребу
Лара Сливник, Универзитет у Љубљани
Хуан Луис Ривас Наваро, Универзитет у Гранади
Јакоб Шуштершич, Институт за испитивање материјала и примјену, Словенија
Мила Пуцар, Институт за архитектуру и урбанизам, Србија
Петар Гверо, Универзитет у Бањој Луци
Дарија Гајић, Универзитет у Бањој Луци
Шима Махмуд, Универзитет Суецког Канала
Марија Т. Нефовска-Даниловић, Универзитет у Београду
Ана Радивојевић, Универзитет у Београду
Александар Савић, Универзитет у Београду
Мирослав Малиновић, Универзитет у Бањој Луци
Мирјана Малешев, Универзитет у Новом Саду
Будимир Судимац, Универзитет у Београду
Властимир Радоњанин, Универзитет у Новом Саду
Весна Послончец-Петрић, Свеучилиште у Загребу
Гордана Каплан, Технички Универзитет Екскисехир
Бојана Грујић, Универзитет у Бањој Луци
Сања Туцикешић, Универзитет у Бањој Луци
Гордана Јаковљевић, Универзитет у Бањој Луци
Љиљана Теофанов, Универзитет у Новом Саду
Драган Благојевић, Универзитет у Београду
Радован Ђуровић, Универзитет Црне Горе
Меџида Мулић, Универзитет у Сарајеву
Владо Цетл, Свеучилиште Сјевер у Вараждину
Хосе Лазаро Амаро Меладо, Универзитет у Севиљи
Алојз Копачик, Технолошки универзитет Братислава
Олег Одаловић, Универзитет у Београду
Драган Памучар, Војна академија Београд
Жана Топаловић, Универзитет у Бањој Луци
Синиша Вученовић, Универзитет у Бањој Луци
Сања Атанасова, Универзитет "Св. Ћирило и Методије"
Диана Стоева, Технички Универзитет у Бечу
Весна Стојаковић, Универзитет у Новом Саду
Љубиша Прерадовић, Универзитет у Бањој Луци

Gordana Broćeta, University of Banja Luka
Nevenka Antović, University of Montenegro
Branko Milovanović, University of Belgrade
David Polanec, Institute for Research in Materials and Applications, Slovenia
Zlatko Zafirovski, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Marijana Lazarevska, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Miroslav Marjanović, University of Belgrade
Tina Dašić, University of Belgrade
Srđa Aleksić, Faculty of Civil Engineering Montenegro
Mirjana Laban, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
Maja Dragišić, Faculty of Architecture, Belgrade
Marko Nikolić, Faculty of Architecture, Belgrade
Danko Markovinović, University of North Varaždin
Svetlana Perović, Faculty of Architecture Montenegro
Vladimir Bojković, Faculty of Architecture Montenegro
Marina Rakočević, Faculty of Civil Engineering Montenegro
Meri Cvetkovska, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Dragica Jevtić, University of Belgrade
Ljiljana Milić-Marković, University of Banja Luka
Miodrag Regodić, University of Banja Luka
Slaviša Trajković, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Niš
Aleksandar Keković, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Niš
Miomir Vasov, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Niš
Igor Peško, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Slobodan Kolaković, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Jelena Stojanov, University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin
Ana Nikezić, University of Belgrade, Faculty of Architecture
Zoran Ćurguz, University of East Sarajevo
Anđelko Cumbo, University of Banja Luka

Гордана Броћета, Универзитет у Бањој Луци
Невенка Антовић, Универзитет Црне Горе
Бранко Миловановић, Универзитет у Београду
Давид Поланец, Институт за испитивање материјала и примјену, Словенија
Златко Зафировски, Грађевински факултет Скопље
Маријана Лазаревска, Грађевински факултет Скопље
Мирослав Марјановић, Универзитет у Београду
Тина Дашић, Универзитет у Београду
Срђа Алексић, Грађевински факултет Подгорица
Мирјана Лабан, Факултет техничких наука, Нови Сад
Маја Драгишић, Архитектонски факултет Београд
Марко Николић, Архитектонски факултет Београд
Данко Марковиновић, Свеучилиште Сјевер Варајдин
Светлана Перовић, Архитектонски факултет Подгорица
Владимир Бојковић, Архитектонски факултет Подгорица
Марина Ракочевић, Грађевински факултет Подгорица
Мери Цветковска, Универзитет "Св. Ћирило и Методије", Скопље
Драгица Јевтић, Универзитет у Београду
Љиљана Милић-Марковић, Универзитет у Бањој Луци
Миодраг Регодић, Универзитет у Бањој Луци
Славиша Трајковић, Грађевинско-архитектонски факултет Ниш
Александар Кековић, Грађевинско-архитектонски факултет Ниш
Миомир Васов, Грађевинско-архитектонски факултет Ниш
Игор Пешко, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Слободан Колаковић, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Јелена Стојанов, Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин, Универзитет у Новом Саду
Ана Никезић, Архитектонски факултет, Универзитет у Београду
Зоран Ћургуз, Универзитет у Источном Сарајеву
Анђелко Цумбо, Универзитет у Бањој Луци

УРЕДНИЦИ

проф. др Сњежана Максимовић
проф.др Сандра Косић-Јеремић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

доц. др Маја Илић
доц. др Бојана Грујић
доц. др Сања Туцикешић

Огњен Мијатовић, веб администратор
Ђорђе Стојисављевић, веб администратор
Драгана Зељић, технички администратор
Дајана Папаз, технички уредник
Драгана Скоруп, графички уредник
Јелена Пажин, лектор

ИЗВРШНИ ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

доц. др Гордана Броћета
проф. др Малина Чворо
проф. др Дарија Гајић

EDITORS

Assoc. Prof. Snježana Maksimović, PhD
Assoc. Prof. Sandra Kosić-Jeremić, PhD

EDITORIAL COMMITTEE

Assist. Prof. Maja Ilić, PhD
Assist. Prof. Bojana Grujić, PhD
Assist. Prof. Sanja Tucikešić, PhD

Ognjen Mijatović, web administrator
Đorđe Stojisavljević, web administrator
Dragana Zeljić, technical administrator
Dajana Papaz, technical editor
Dajana Papaz, graphic editor
Jelena Pažin, proofreader

EXECUTIVE ORGANIZATIONAL COMMITTEE

Assist. Prof. Gordana Broćeta, PhD
Assoc. Prof. Malina Čvoro, PhD
Assoc. Prof. Darija Gajić, PhD

CONTENT САДРЖАЈ

- 001-010 ON THE SELECTION OF A SUITABLE CONCRETE
Filip Niketić
- 011-020 CONSTRUCTION OF SKEW RULED SURFACES BY MANIPULATING CONTROL LINES
Daniel Lordick
- 021-027 EVALUATING MACHINE LEARNING MODELS FOR SOIL SALINITY ESTIMATION USING SATELLITE IMAGERY
Uğur Avdan, Gordana Kaplan, Dilek Matci, Firat Erden, Zehra Yigit Avdan, Ece Mizik
- 028-044 RESISTANCE TO CRACK PROPAGATION OF HIGH-PERFORMANCE CONCRETE
Jakob Šušteršič, Rok Ercegovič, David Polanec
- 045-052 THE INFLUENCE OF CONCRETE VISCOUS DEFORMATIONS DURING BEHAVIOR CALCULATION OF CABLE-STAYED BRIDGES
Anđelko Cumbo, Gordana Bročeta, Marina Latinović Krndija, Mladen Sljepčević, Žarko Lazić
- 053-062 THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON MECHANICAL AND DEFORMATION PROPERTIES OF STEEL REINFORCEMENT
Marija Mirković, Aleksandar Radević, Dimitrije Zakić, Aleksandar Savić, Marina Askrabić, Dragica Jevtić
- 063-072 EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SCC WITH RECYCLED RUBBER AND RECYCLED CONCRETE AGGREGATE
Marko Popović, Aleksandar Savić, Gordana Bročeta, Branko Borozan, Mihailo Štavljanin
- 073-082 MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF COMPROMISE ROAD ALIGNMENT SOLUTION FOR ROUTE 2A - SECTION KRUPA TO BOČAC
Draženko Glavić, Marina Milenković, Dragan Topić
- 083-091 PRELIMINARY QUANTITY ESTIMATION IN CONSTRUCTION USING MACHINE LEARNING METHODS
Nevena Simić, Predrag Petronijević, Aleksandar Devedžić, Marija Ivanović
- 092-103 MODEL OF POROUS MATERIALS BY RHEOLOGICAL-DYNAMICAL ANALOGY USING THE PRINCIPLES OF MASS AND ENERGY CONSERVATION
Dragan Milašinović, Danica Goleš, Andrea Rožnjik, Nataša Mrđa Bošnjak
- 104-111 ISOGEOMETRIC ANALYSIS OF A SPATIALLY CURVED BERNOULLI-EULER BEAM SUBJECTED TO MOVING LOAD
Miloš Jočković, Marija Nefovska-Danilović, Aleksandar Borković
- 112-125 FREE VIBRATION ANALYSIS OF SINGLY CURVED CLAMPED SHELLS USING THE ISOGEOMETRIC FINITE STRIP METHOD
Aleksandar Borković, Dijana Majstorović, Snježana Milovanović, Duy Vo
- 126-141 SETTING THE REAL-TIME FLOOD FORECASTING MODELS IN UNGAUGED BASINS
Žana Topalović, Nikola Rosić, Job Udo
- 142-152 COMPARATIVE ANALYSIS OF AN UNGAUGED BASIN MODELLING RESULTS BY THREE CONCEPTUAL HYDROLOGICAL MODELS
Borislava Blagojević, Žana Topalović, Petar Praštalo

- 153-159 ANALYSIS AND EVALUATION OF THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF VENTILATED FACADE TYPOLOGIES
Georgios Chantzis, Maria Symeonidou, Panagiota Antoniadou, Effrosyni Giama, Sofia-Natalia Boemi, Stella Chadiarakou
- 160-169 ENERGY-EFFICIENT REFURBISHMENT OF MUNICIPAL PUBLIC BUILDINGS IN BELGRADE, SERBIA
Nikola Miletić, Dušan Ignjatović, Bojana Zevković, Nataša Ćuković Ignjatović
- 170-180 ENERGY AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE RENOVATION OF THE KINDERGARTEN IN BANJA LUKA ACCORDING TO THE CURRENT RULEBOOK AND NZEB
Darija Gajić, Saša Zečević, Milovan Kotur, Aleksandar Janković
- 181-190 IMPACT OF DESCRIPTIVE GEOMETRY ON THE IMPROVEMENT OF SPATIAL ABILITIES OF ARCHITECTURE STUDENTS
Dajana Papaz, Sandra Kosić-Jeremić, Maja Ilić
- 191-204 ANALYSIS AND PREDICTION OF SPATIOTEMPORAL CHANGES OF URBAN AREAS USING NEURAL NETWORKS
Milan Gavrilović, Igor Ruskovski, Dubravka Sladić, Aleksandra Radulović, Miro Govedarica, Dušan Jovanović
- 205-218 IMPROVEMENT OF THE URBAN GREEN MATRIX THROUGH URBAN REGULATION AND ARRANGEMENT OF UNDEVELOPED SPACES - CASE STUDY OF LAUSH SETTLEMENT IN BANJALUKA
Tanja Trkulja, Ljiljana Došenović, Nataša Rodić
- 219-233 LINEAR LANDSCAPE. THE IDEA OF ACTIVATION THE OLD ROAD BANJA LUKA - ČELINAC AS NARRATIVE ITINERARY
Malina Čvoro, Juan Luis Rivas Navarro, Igor Kuvač
- 234-245 SHRINKING RURAL AREAS OF REPUBLIC OF SRPSKA
Tijana Vujičić
- 246-255 COLLECTIVE HOUSING FORM IN CONTEXT OF DISPERSED CITY: BANJA LUKA CASE STUDY
Anita Milaković, Nevena Novaković
- 256-266 NEIDHARDT'S VERNACULAR-MODERNIST GLOSSARY OF BOSNIA AND HERZEGOVINA'S ARCHITECTURE AND URBANISM
Dijana Simonović
- 267-273 POSSIBILITY OF USING SENTINEL RADAR SATELLITE IMAGES
Miroslav Vujanović, Dragana Skorup
- 274-282 IPHONE 13 PRO VS PROFESSIONAL TLS FOR 3D INDOOR MAPPING
Gordana Jakovljević, Miro Govedarica, Flor Alvarez Taboada
- 283-293 COMPARISON OF IRI-2016 AND NEQUICK MODELS OF THE IONOSPHERE OVER THE BALKAN PENINSULA DURING THE YEAR 2019
Miljana Todorović Drakul, Sanja Grekulović, Oleg Odalović, Dušan Petković
- 294-304 MOBILE LASER SCANNING FOR DETAILED DIGITAL TOPOGRAPHIC MAPPING
Slavica Ilijević, Stefan Miljković, Željko Cvijetinović, Mileva Samardžić-Petrović
- 305-319 DESIGNING OF CONTINUOUS DAM MONITORING USING GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS
Slavko Vasiljević, Branko Milovanović

- 320-325 GEOIDS AS TWO-DIMENSIONAL HYPERSURFACES
Mirjana Miljević, Asahi Tsuchida
- 326-333 GENDER DIFFERENTIATION OR EQUALITY IN TRANSPORT PROJECTS: CASE STUDY ROAD SECTOR MODERNIZATION IN THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA
Igor Jokanović, Selma Ljubijankić
- 334-340 GENDER DIFFERENCES IN THE ACHIEVEMENTS OF CIVIL ENGINEERING STUDENTS
Ljubiša Preradović, Sandra Kosić-Jeremić, Snježana Maksimović, Miroslav Malinović, Đorđe Stojisavljević
- 341-351 EDUCATION OF ARCHITECTURAL ENGINEERS IN SERBIA FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT MODEL
Marija Mihajlović, Ljiljana Stošić Mihajlović
- 352-360 COMPATIBILITY OF EU AND SERBIAN ENERGY POLICIES WITH SPECIAL REFERENCE TO BUILDINGS
Ljiljana Stošić Mihajlović, Marija Mihajlović
- 361-370 ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENTS OF THE BUILDING STOCK: REPUBLIC OF SERBIA LEGISLATION COMPLIANCE TO THE EUROPEAN UNION
Jelena Pavlović, Ana Šabanović, Nataša Ćuković Ignjatović
- 371-379 RADON SOURCES AND ACTION LEVELS
Jelena Rašović, Biljana Antunović
- 380-392 ENERGY RENOVATION OF RESIDENTIAL BUILDING ENVELOPE USING ORGANIC MATERIALS FOR THE LEVEL OF COST-OPTIMAL IMPROVEMENT/ UPGRADE IN BOSNIA-HERZEGOVINA AND SERBIA
Budimir Sudimac, Darija Gajjić, Slobodan Peulić
- 393-399 AN EXAMINATION OF THE IMPACT OF THE SPATIAL LAYOUT OF MARKET STALLS ON THE QUALITY OF THEIR VISIBILITY USING ISOVIST FIELD: A COMPARATIVE ANALYSIS
Tanja Mitrović, Vesna Stojaković, Milica Vračarić
- 400-408 SPATIAL-FUNCTIONAL DEVELOPMENT OF SALON APARTMENT IN SERBIA
Vladana Petrović, Nataša Petković Grozdanović, Hristina Krstić, Branislava Stoiljković, Milica Živković
- 409-418 SPATIAL ARRANGMENT OF MULTIFAMILY SOCIAL HOUSING – KEY CRITERIA RELEVANT FOR THE QUALITY OF HOUSING
Nataša Petković Grozdanović, Branislava Stoiljković, Slaviša Kondić, Katarina Medar
- 419-434 SMALL URBAN STREAMS IN ENHANCING CITY RESILIENCE – THEORETICAL PERSPECTIVE AND THE POSSIBILITIES OF USE IN THE CITY OF NIŠ, SERBIA
Milena Dinić Branković, Jelena Đekić, Milica Igić, Milica Marković
- 435-447 APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF INTEGRATED PLANNING IN URBAN PLAN OF BANJALUKA 2020-2040 WITH FOCUS ON SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES
Brankica Milojević
- 448-456 ARCHITECTURE AND TECHNOLOGIES AT THE TURN OF THE CENTURY: Understanding and translation of historical material
Saša Čvoro, Malina Čvoro, Una Okilj

- 457-465 MAN AND SPACE OF EXCHANGE - STRATEGIES AND TACTICS FOR DESIGNING A MARKETPLACE AS A PLACE FOR EVERYDAY ACTIVITIES
Diana Stupar, Jelena Stanković, Ivan Živanović
- 466-475 CCULTURE OF MEMORY AND HERITAGE AS A STRONG CONNECTION – A CASE OF MONASTERY OF THE HOLY ARCHANGELS IN PRIZREN
Jasna Guzijan, Siniša Cvijić
- 476-486 USER NEEDS ASSESSMENT FOR THE ESTABLISHMENT OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF CELESTIAL BODIES
Zvonimir Nevistić, Željko Bačić
- 487-497 INFLUENCE OF MATERIAL SURFACE ROUGHNESS ON BACKSCATTERING IN LASER SCANNING
Anastasija Martinenko, Ljiljana Brajović, Miodrag Malović
- 498-510 MONITORING OF SECURITY OF AGRICULTURAL CROPS WITH MINERAL MATERIALS BY REMOTE DETECTION METHOD
Mladen Amović, Ivana Janković
- 511-520 3D LASER SCANNING FOR RECONSTRUCTION AND RENOVATION OF BUILDINGS
Danko Markovinović, Dorotea Lovrenčić, Sanja Šamanović, Vlado Cetl
- 521-529 ASSESSMENT OF THE POSITIONAL ACCURACY OF THE TOPOGRAPHIC MAP 1:50.000 MADE BY MGI
Stevan Radojčić
- 530-539 USING OF LOW COST MOISTURE SENSORS IN HYDROTECHNICS TEACHING
Petar Praštalo, Ljiljana Brajović, Dušan Prodanović
- 540-551 DYNAMIC AMPLIFICATION FACTOR OF ROAD BRIDGES – ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL FINDINGS
Marina Latinović Krndija, Dejana Dujaković, Marko Popović, Gordana Broćeta, Anđelko Cumbo
- 552-558 DETERMINATION OF VENTILATION HEAT LOSSES THROUGH BUILDING ENVELOPE – A CASE STUDY
Snežana Ilić, Mirjana Malešev, Milica Mirković Marjanović, Aleksandar Kijanović
- 559-567 THE HEAT BALANCE FOR EXTERNAL COMPOSITE WALLS
Siniša Vučenović, Nataša Šetrajčić, Nikola Vojnović, Jovan Šetrajčić, Snježana Dupljanin
- 568-579 THE INFLUENCE OF A REGULATED CITY COAST ON THE QUALITY OF LIFE IN THE CITY OF BRČKO
Slobodan Bulatović
- 580-591 HOUSING NATURE, REPRESENTING »NATURE«: ARCHITECTURE OF CONSERVATORIES, GREENHOUSES AND THEIR TRANS-PROGRAMMATIC SCIONS
Ognjen Šukalo, Maja Milić Aleksić, Slobodan Peulić
- 592-599 ANALYSIS OF DYNAMIC LOAD OF SIMPLE BEAMS USING GEODETIC AND GEOTECHNICAL SENSORS IN LABORATORY CONDITIONS
Milka Šarkanović Bugarinović, Aleksandar Ristić, Željko Bugarinović, Milan Vrtunski, Dušan Jovanović

- 600-607 CONTROL OF SUBSTRUCTURE CONSTRUCTION OF RAILWAYS IN THE REPUBLIC OF SERBIA
Dragan Lukić, Dragoslav Rakić, Irena Bašarić Ikodinović
- 608-612 COMPARATIVE ANALYSIS OF EXCAVATION AND TUNNEL SOLUTIONS FOR THE ROAD DRENOVO - RAEC
Vasko Gacevski, Riste Ristov, Ivona Nedevska, Zlatko Zafirovski, Slobodan Ognjenović
- 613-624 CRANE GIRDER DESIGN ACCORDING TO EUROCODE – NUMERICAL EXAMPLE OF A CRANE GIRDER IN A HYDROPOWER PLANT
Radovan Vukomanović, Slobodan Popadić, Srježana Milovanović
- 625-634 USING AND MODELING GROUND PENETRATING RADAR ON DENSELY REINFORCED SLABS
Dragan Nikolić, Dragan Bajović, Goran Ćirović
- 635-642 ANALYSIS AND EXPERIMENTAL TESTING OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FLOORING EPOXY
Milan Prokopić, Aleksandar Savić, Stefan Marjanović, Predrag Petronijević
- 643-652 THE AMBIVALENCE OF SPACE IN HOUSING ARCHITECTURE AS A RESULT OF LAYERED ARCHITECTONIC STRUCTURE
Hristina Krstić, Vladana Petrović, Milica Živković, Slaviša Kondić, Katarina Medar
- 653-658 AESTHETIC CONTRASTS OF CONTEMPORARY URBAN ARCHITECTURE: RARE HIGH ACHIEVEMENTS AND PREVAILING WANDERING
Aleksandar Videnović, Miloš Arandjelović
- 659-667 ANALYSIS OF REVITALIZATION AND CONVERSION OF CULTURAL AND HISTORICAL SITES ON THE EXAMPLE OF RENZO PIANO BUILDING WORKSHOP-PATHE FOUNDATION
Jovana Vukanić
- 668-679 GEOMATIC DATA FOR HISTORIC BUILDINGS. THE CASE STUDY OF THE CATHOLIC CHURCH OF ST. LUKE IN ATHENS, GREECE
Charikleia Pagouni, Nenad Nikolić, Thanos Iliodromitis, Vassilis Pagounis, Saja Kosanović, Maria Tsakiri
- 680-686 3D MODELS BASED ON UAV IMAGES AND GPS TECHNOLOGY IN THE FIELDS OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING, SPATIAL PLANNING AND ENERGETICS
Stefan Jovanović, Sanja Tucikešić
- 687-697 PROCEDURE FOR PREPARATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION FOR REGISTRATION OF CONDOMINIUM OWNERSHIP
Vinko Šutalo, Dragan Macanović, Dragana Skorup
- 698-708 ГЕОДЕТСКИ РАДОВИ НА ИЗГРАДЊИ ТУНЕЛА МРКЕ У КОНТЕКСТУ ТЕХНОЛОГИЈЕ ИЗВОЂЕЊА РАДОВА И ГЕОМОРФОЛОШКИХ УСЛОВА
Radovan Đurović, Ivan Mrdak, Gojko Nikolić, Zoran Sušić, Marko Marković
- 709-715 ГЕОДЕТСКА КОНТРОЛА ГЕОМЕТРИЈЕ ИНЖЕЊЕРСКОГ ОБЈЕКТА У ТОКУ ИЗГРАДЊЕ – СТУДИЈА СЛУЧАЈА СТАМБЕНО-ПОСЛОВНИ ОБЈЕКАТ У СРПЦУ
Vladan Janković, Slavko Vasiljević, Branko Božić



Vasko Gacevski, University in Skopje, gacevski@gf.ukim.edu.mk
Riste Ristov, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, ristov@gf.ukim.edu.mk
Ivona Nedevska, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, nedevska@gf.ukim.edu.mk
Zlatko Zafirovski, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, zafirovski@gf.ukim.edu.mk
Slobodan Ognjenović, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, ognjenovic@gf.ukim.edu.mk

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXCAVATION AND TUNNEL SOLUTIONS FOR THE ROAD DRENOVO - RAEC

Abstract

When withdrawing the route of the expressway Drenovo - Raec, the axis of the road is forced to stretch near or through the mountain massifs. This created a general dilemma, whether to make classical excavations or tunnel constructions in certain locations. Considerations were also made for the decision on high embankments or viaducts. The characteristic location presented in this paper is located between the existing national road and the river Raec. For this location, a comparative analysis of the variant solutions for excavation and tunnel was made and the main parameters that affect the final solution were indicated.

Keywords: road, route, excavation, slopes, tunnel, analysis.

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ИСКОПА И ТУНЕЛСКЕ РЕШЕЊА ЗА ПУТ ДРЕНОВО - РАЕЦ

Сажетак

Приликом повлачења трасе аутопута Дреново - Раец, осовина је принуђена да се протеже у близини или кроз планинске масиве. То је створило општу дилему да ли на одређеним локацијама радити класичне ископе или тунелске конструкције. Разматрано је и о одлуци о високим насипима или вијадуктима. Карактеристична локација приказана у овом раду налази се између постојећег магистралан пут и реке Раец. За ову локацију урађена је упоредна анализа варијантних решења за ископ и тунел и назначени су главни параметри који утичу на коначно решење.

Кључне ријечи: пут, траса, ископ, косине, тунел, анализа.

accordance with the analysis and calculations and their protection. Due to the fact that the excavation is unusually high, the first and last berm (seen from below) are widened by 2 m, for safety reasons, but also to reduce the negative visual effect when driving, ie to get the impression that it is an excavation with lower height. The excavation is 170 m long with a slope of 5:1, and the berms are 9 m high and 3 m wide. The protection of the slope from surface landslides is planned to be performed with a steel mesh, anchored at the top of the slopes and additionally tightened with finishing weights in the lower part. On the higher side of the terrain, a concrete trapezoidal ditch with dimensions 0.5x0.5x0.5m is provided with sufficient capacity to receive surface water from the surrounding terrain [1]. When making this solution, there is no need to expand the separation lane and on this part the profile will remain with a fixed width as the cross-section profile shown above (Figure 2).

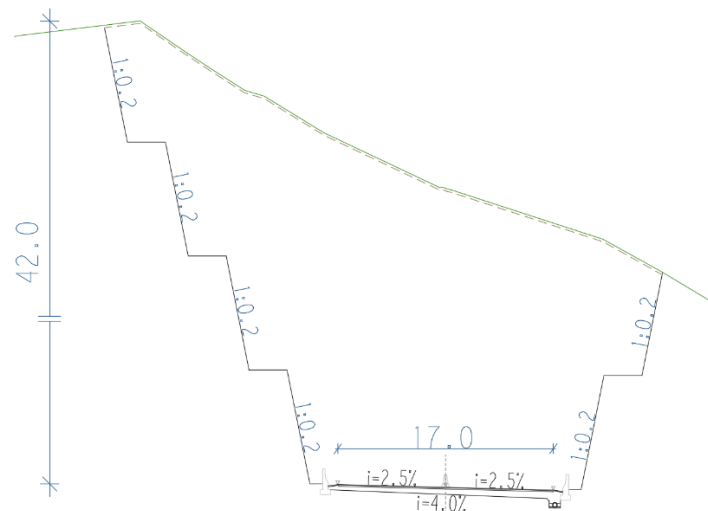


Figure 3. Cross section excavation profile

2.2. DESIGN SOLUTION 2 - TUNNELS

The second project solution consists of two tunnel pipes with an average length of 145 m. The tunnels have a longitudinal slope of 0.3% and a maximum transverse slope of 2.5%. The width of the lane is 2x3.5 m and the edge lanes on both sides are 2x1.00 m. According to the Bieniawski Tunnel Classification (RMR - System), rock masses in these sections are classified into categories III and IV. Several types of substructure are envisaged including: anchors, sprayed concrete, steel arches and final concrete cladding. The New Austrian Tunneling Method (NATM) has been chosen as the general method for tunnel construction. The entrance-exit portals are made with Cut & Cover up to the first 20 m, with a slope of the portal slopes of 3: 1. The project tunnel solution also includes two classic retaining walls located on the outside of the tunnel pipes to the terrain [2].

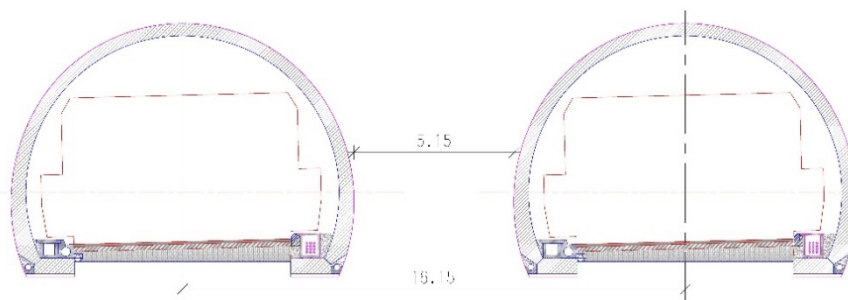


Figure 4. Cross section of tunnel solutions

3. COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIETY SOLUTIONS

The following factors are taken into account in the comparative analysis: performance, maintenance, safety and environmental impact. The comparison is made for the same climatic-hydrological conditions, the same traffic load and the possibility of performance by parties. The analysis is made by assessing the advantages and disadvantages of both variant solutions.

3.1. EXCAVATION

3.1.1. Advantages

- Easy, fast and relatively safe performance;
- No need for specialized mechanization and staff;
- The projected part of the route in the situational solution remains the same;
- It is not necessary to redesign the facilities that are adjacent to that part of the route;
- Satisfactory safety in the exploitation phase.

3.1.2. Disadvantages

- Increased excavation;
- Need for new landfills;
- Unfavorable visual effect; Possible additional means for protection of the slopes from erosion;
- Increased means for maintenance, in terms of local landslides in conditions of high waters and winter maintenance;
- Additional expropriation;
- Adverse environmental impacts.

3.2. TUNNELS

3.2.1. Advantages

- Minimal excavation;
- No need for additional landfills;
- High reliability in the exploitation phase;
- Minimal maintenance;
- No further expropriation;
- Beneficial impacts on the environment.

3.2.2. Disadvantages

- Increased risk in the construction phase;
- Specialized mechanization and staff;
- Short distance between tunnel pipes (which affects increased costs);
- Difficulties in construction of the entry-exit portals;
- Increased construction time;
- Necessary relocation of adjacent structures (bridges, viaducts);
- The designed road axis changes;
- Higher cost for construction;
- Additional operating costs for electricity supply and substation.

3.3. ADOPTED SOLUTION

Both solutions have certain advantages and disadvantages, and in terms of the financial part, the tunnels are about 10% more expensive than the excavation. But although the difference in cost is greater and the time period for construction is longer, here the biggest factor for the final decision will be the one for the environment. Thus, the final solution that would pass the route through the hilly massif is a tunnel.

4. CONCLUSION

From the presented comparative analysis between a classic excavation and a two-pipe tunnel solution, it can be seen that from a financial and time point of view the excavation is a more acceptable solution, but since the most important factor in the final decision is the environmental impact, the more expensive solution is adopted. The final decision for the adopted solution should be made in coordination with the Consultant / Auditor and the Investor. According to the specific example, the following general conclusions can be drawn:

- The choice between two or more solutions, whether it is a comparison between an excavation-tunnel or an embankment-bridge, one should always make an appropriate analysis and consider all relevant factors that would influence the solution;

- In the analysis, the most important factors required in the given situation should be defined first, whether it is a financial, time, safety or environmental aspect;
- It is best to make such analyzes at an early stage of the design, to avoid any unforeseen effects on the project;
- The determination of the final geometry of the road should follow after the adoption of the solution from the comparative analysis.

LITERATURE

- [1] Conceptual design for expressway A1 Prilep-Gradsko, Section Raec-Drenovo, 2011.
- [2] Conceptual design for tunnel at the expressway A1 Priler-Gradsko, Section Raec-Drenovo, 2013.
- [3] A. Sev, "A comparative analysis of building environmental assessment tools and suggestions for regional adaptations", *Civil Engineering and Environmental Systems*, Vol. 28, No. 3, pp. 231-245, September 2011.
- [4] B. Rihoux, C. C. Ragin, *Configurational comparative methods: Qualitative Comparative analysis (QCA) and related techniques*, Applied Social Research Methods Series: Volume 51, SAGE Publications, 2009.
- [5] European commission project: Assessment of unit costs (standard prices) of rail projects (CAPital EXpenditure), Annex 13 – Case study on tunnels, 2018.
- [6] R. Tatiya, *Civil Excavations and Tunnelling – A practical guide*, second edition, ICE Publishing, 2017.