

**„ОТПОРНИ КОНСТРУКЦИИ“ “RESILIENT STRUCTURES”**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ PROCEEDINGS**

**ДГКМ**

**ДРУШТВО НА  
ГРАДЕЖНИ  
КОНСТРУКТОРИ НА  
МАКЕДОНИЈА**

**MASE**

**MACEDONIAN  
ASSOCIATION OF  
STRUCTURAL  
ENGINEERS**

**20** МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ  
INTERNATIONAL SYMPOSIUM

**СКОПЈЕ, С. МАКЕДОНИЈА  
SKOPJE, N. MACEDONIA  
28 - 29 септември 2023  
September , 28<sup>th</sup> - 29<sup>th</sup> , 2023**

**MASE ДГКМ**  
**Macedonian Association of Structural Engineers**  
**Друштво на градежните конструктори на Македонија**

**Proceedings**  
**Зборник на трудови**

**20<sup>th</sup>** International  
Symposium  
**20<sup>ти</sup>** Меѓународен  
симпозиум

**Skopje, North Macedonia, 28 – 29 September 2023**  
**Скопје, Северна Македонија, 28 – 29 септември 2023**

**PROCEEDINGS  
OF THE 20<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ  
20<sup>ТИ</sup> МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ**

Publisher:

**MASE - Macedonian Association of Structural Engineers  
Faculty of Civil Engineering, Blvd. Partizanski odredi No. 24 P.Box. 560,  
1000 Skopje, Republic of North Macedonia  
e-mail: mase@gf.ukim.edu.mk; website: www.mase.gf.ukim.edu.mk**

Издавач:

**ДГКМ - Друштво на Градежни Конструктори на Македонија  
Градежен Факултет, бул. Партизански одреди бр. 24 П.Ф. 560,  
1000 Скопје, Република Северна Македонија  
e-mail: mase@gf.ukim.edu.mk; website: www.mase.gf.ukim.edu.mk**

Editor: **Darko Nakov, President of MASE**

За издавачот: **Дарко Наков, Претседател на ДГКМ**

Executive Committee of MASE and  
Organizing Committee of the 20<sup>th</sup> International Symposium of MASE:

**Darko Nakov, Marta Stojmanovska, Ana Trombeva Gavriloska, Simona Bogoevska,  
Andrea Serafimovski, Daniel Cekov, Gjorgji Goshev, Goce Lazareski, Koce Todorov,  
Denis Popovski, Vladimir Vitanov, Riste Volchev, Nikola Postolov, Dejan Janev,  
Kristina Milkova, Milica Jovanoska Mitrevska, Evgenija Stojkoska**

Претседателство на ДГКМ и

Организационен одбор на 19<sup>тиот</sup> Меѓународен симпозиум на ДГКМ:

**Дарко Наков, Марта Стојмановска, Ана Тромбева Гаврилоска, Симона Богоевска,  
Андреа Серафимовски, Даниел Цеков, Ѓорѓи Гошев, Гоце Лазарески, Коце  
Тодоров, Денис Поповски, Владимир Витанов, Ристе Волчев, Никола Постолов,  
Дејан Јанев, Кристина Милкова, Милица Јованоска Митревска, Евгенија  
Стојкоска**

Technical staff of the Symposium:

**Ditar Memedi, Nikola Nisev, Mihail Petrov, Marko Gjorgjioski, Petar Janev, Antonio  
Tomeski, Irina Postolova, Natalija Bogdanovska, Borjana Koneska, Jovana Kuzevska,  
Andrej Stefanoski, Hristijan Baloski, Emilija Stojanova, Andrijana Arsovska**

Техничка служба на Симпозиумот:

**Дитар Мемеди, Михаил Петров, Марко Ѓорѓиоски, Петар Јанев, Антонио Томески,  
Ирина Постолова, Наталија Богдановска, Борјана Конеска, Јована Кузевска, Андреј  
Стефаноски, Христијан Балоски, Емилија Стојанова, Андријана Арсовска**

Grafical design of cover page and Symposium poster:

**Mitko Hadzi Pulja, Darko Draganovski  
Faculty of Architecture, UKIM, Skopje**

Графички дизајн на корицата и плакатот на Симпозиумот:

**Митко Хаџи Пуља, Дарко Драгановски  
Архитектонски факултет, УКИМ, Скопје**

e-book:

електронско издание: **ISBN 978-608-66946-3-0**

## ***RESILIENT STRUCTURES*** ***ОТПОРНИ КОНСТРУКЦИИ***

Resilience refers to the ability of a system or structure to withstand and recover from adversity. In the face of natural disasters, climate change and other unforeseen challenges, resilient structures play a vital role in ensuring the safety and well-being of communities. It is crucial that we prioritize resilience in our design and construction practices to create a more sustainable and secure future.

One of the primary reasons why resilient structures are essential is their ability to withstand natural disasters. Earthquakes, hurricanes, floods, and wildfires pose significant threats to our built environment. Resilient structures are designed to resist the forces generated by these disasters, reducing the risk of collapse and minimizing damage. By integrating advanced engineering techniques, we can design and construct structures that can better withstand the forces of nature.

The collapse of buildings and infrastructure is a leading cause of casualties during earthquakes and extreme weather conditions. By investing in resilient structures, we can significantly reduce the loss of life and injuries. Through proper urban planning, evacuation routes, and the incorporation of safety features like reinforced concrete shelters, we can ensure that our buildings are not only strong but also provide a safe haven during times of crisis.

Resilient structures are not limited to saving human lives. They also protect the economy and the environment. When a disaster strikes, the impact extends beyond the immediate loss of life and property damage. Critical infrastructure failures can disrupt supply chains, interrupt essential services, and hamper economic recovery. Failure of one bridge caused by earthquake, fire or flood can leave hundreds of thousands of people trapped and with no connection to the rest of the country. By investing in resilient structures, we can minimize the economic losses associated with disasters and speed up the recovery process.

If we go back in time, 60 years ago, on 26<sup>th</sup> of July 1963, Skopje was struck by a devastating earthquake with a magnitude of 6.1. More than 1070 were killed, more than 3000 injured and countless displaced. Most of the city was ruined. Obviously, the structures were not so resilient. However, the people of Skopje were much more resilient. The whole world and the international community responded with compassion and solidarity, offering assistance and support in the monumental task of reconstruction coordinated by the United Nations. The reconstruction of Skopje was a colossal undertaking, but it was also an opportunity for transformation. The city was redesigned and rebuilt, embracing modern architectural styles. Skopje's rise from the ashes today serves as a symbol of hope and resilience.

Skopje 1963 earthquake is a chronological landmark, evolutionary turning point of the Macedonian, as well as European structural and earthquake engineering. In 1964 at a conference in Skopje, the European association for earthquake engineering was founded. The first structure in the world with modern base isolation with rubber bearings was the Pestalozzi primary public school in Skopje, designed and constructed in the period 1965-1969. At which stage of implementing base isolation are we now? How many hospitals, fire stations, schools, bridges and other crucial structures are designed and constructed with base isolation, with appropriate fire resistance and appropriate measures for flood protection?

Investing in resilient structures requires national strategy and collaboration among various stakeholders. Architects, engineers, policymakers and community members must work together to ensure that resilience is prioritized in our building codes, regulations and infrastructure planning. Resilient structures are the backbone of a resilient society. By fostering a culture of resilience, we can create a more prepared and adaptive society. We can create more resilient world, which we can proudly leave to the next generations.

*Assoc. Prof. Darko Nakov,*



*President of MASE*

**20<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE  
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023**

**20<sup>mu</sup> MEĀYHAPPODEH CИMΠOЗИУM HА ДГKM  
CKOΠJE, 28 – 29 CEΠTEMBPИ 2023**

**20<sup>th</sup> International Symposium of MASE was organized by:**

**20<sup>mu</sup>om Cимпозиум е организиран од:**

**MACEDONIAN ASSOCIATION OF STRUCTURAL ENGINEERS  
ДРУШТВО HА ГPАДЕЖHИ KОНСТPУKТОPИ HА МАКЕДОНИЈА**

**under the auspices of:**

**под покровителство на:**

**MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS OF REPUBLIC  
OF NORTH MACEDONIA  
МИHИСТEPCTBO ЗА ТPАНСПОPТ И ВPCKИ HА РЕПУБЛИКА  
СЕВЕРHА МАКЕДОНИЈА**

**20<sup>th</sup> International Symposium of MASE was co-organized and supported by (in alphabetic  
order):**

**20<sup>mu</sup>om Cимпозиум е коорганизиран и поддржан од (по азбучен редослед):**

**CHAMBER OF CERTIFIED ARCHITECTS AND CERTIFIED ENGINEERS  
OF R.N.M. - Skopje  
КОМОРА HА ОВЛАСТЕНИ АPХИТЕKТИ И ОВЛАСТЕНИ ИHЖЕНЕРИ  
HА P.C.M. - Скопје**

**ENGINEERING INSTITUTION OF MACEDONIA  
ИHЖЕНЕРСКА ИHCTИТУЦИЈА HА МАКЕДОНИЈА**

**FACULTY OF ARCHITECTURE, UKIM - Skopje  
АPХИТЕKTOHCKИ ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UKIM - Skopje  
ГPАДЕЖЕН ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје**

**INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING  
SEISMOLOGY, UKIM - Skopje  
ИHCTИТУТ ЗА ЗЕМЈOTPECHO ИHЖЕНЕРCTBO И ИHЖЕНЕРСКА  
CEИЗМОЛОГИЈА, УКИМ - Скопје**

**INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL  
ENGINEERING - Macedonian national group  
MEĀYHAPPOДHА АCOЦИЈАЦИЈА ЗА МОCTОВИ И KОНСТPУKTEPCKO  
ИHЖЕНЕРCTBO - Македонска национална група**

**MACEDONIAN ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING  
МАКЕДОНСКА АCOЦИЈАЦИЈА ЗА ЗЕМЈOTPECHO ИHЖЕНЕРCTBO**

**PUBLIC ENTERPRISE FOR STATE ROADS  
ЈАВHО ПPЕТПPИЈАТИЕ ЗА ДPЖАВHИ ПАТИШТА**

**PUBLIC ENTERPRISE FOR THE MAINTENANCE AND PROTECTION OF HIGHWAY  
AND REGIONAL ROADS  
ЈАВHО ПPЕТПPИЈАТИЕ ЗА ОДPЖУВАЊЕ И ЗАШТИТА HА МАГИСТPАЛHИ**

*И РЕГИОНАЛНИ ПАТИШТА*

*STANDARDIZATION INSTITUTE OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA  
ИНСТИТУТ ЗА СТАНДАРДИЗАЦИЈА НА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА*

*UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME  
ПРОГРАМА ЗА РАЗВОЈ НА ОБЕДИНЕТИТЕ НАЦИИ*

*UNIVERSITY "SS. CYRIL AND METHODIUS" - Skopje  
УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ - Скопје*

**20<sup>th</sup> International Symposium of MASE was sponsored by (each category in alphabetic order):**  
**20<sup>th</sup> Симпозиум е спонзориран од (по азбучен редослед):**

**Platinum sponsors:**

**Платинести партнери:**

*ADING - Skopje, North Macedonia*

*АДИНГ - Скопје, Северна Македонија*

*BECHEL & ENKA JV - USA & Turkiye*

*КОНЗОРЦИУМ БЕХТЕЛ & ЕНКА - САД & Турција*

*GOLDEN ART - Skopje, North Macedonia*

*ГОЛДЕН АРТ - Скопје, Северна Македонија*

*GRANIT - Skopje, North Macedonia*

*ГРАНИТ - Скопје, Северна Македонија*

*PENETRON & IZOTEHNA - Greece & North Macedonia*

*ПЕНЕТРОН & ИЗОТЕХНА - Грција и Северна Македонија*

**Gold sponsor:**

**Златни спонзори:**

*DOJРАН STEEL - North Macedonia*

*ДОЈРАН СТИЛ - Северна Македонија*

*FREYSSINET - France, subsidiary North Macedonia*

*ФРЕСИНЕ - Франција, подружница Северна Македонија*

**Silver sponsors:**

**Сребрени спонзори:**

*CIVIL ENGINEERING INSTITUTE MACEDONIA - Skopje, North Macedonia*

*ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА - Скопје, Северна Македонија*

*IRD Engineering - Italy, subsidiary North Macedonia*

*ИРД Инженеринг - Италија, подружница Северна Македонија*

*KNAUF - Skopje, North Macedonia*

*КНАУФ - Скопје, Северна Македонија*

*MASON Engineering - Skopje, North Macedonia*

*МАСОН Инженеринг - Скопје, Северна Македонија*

*SINOHYDRO Corporation Limited Peking - China, subsidiary North Macedonia*

*СИНОХИДРО Корпорейшн Лимитед Пекинг – Кина, подружница Северна Македонија*

*STOKUSA - Skopje, North Macedonia*

*СТОКУЌА - Скопје, Северна Македонија*

*STRABAG - Germany, subsidiary North Macedonia*

*СТРАБАГ - Германија, подружница Северна Македонија*

*TITAN Cementarnica Usje - Skopje, North Macedonia*

*ТИТАН Цементарница Усје - Скопје, Северна Македонија*

*WIENERBERGER - Austria*

*ВИНЕРБЕРГЕР - Австрија*

*WB&E FACADE ENGINEERING DOO - Belgium, subsidiary North Macedonia*

*WB&E ФАЦАДЕ ЕНГИНЕЕРИНГ ДОО - Белгија, подружница Северна Македонија*

*ZIKOL - Strumica, North Macedonia*

*ЖИКОЛ - Струмица, Северна Македонија*

***Bronze sponsors:***

***Бронзени спонзори:***

*AK INVEST- Tetovo, North Macedonia*

*АК ИНВЕСТ - Тетово, Северна Македонија*

*AKTIVA - Shtip, North Macedonia*

*АКТИВА - Штип, Северна Македонија*

*ARCELORMITTAL - Luxembourg*

*АРЦЕЛОРМИТАЛ - Луксембург*

*BIM - Sveti Nikole, North Macedonia*

*БИМ - Свети Николе, Северна Македонија*

*BV Engineering - Bitola, North Macedonia*

*БВ Инженеринг - Битола, Северна Македонија*

*EPTISA - Spain, Regional office for SEE*

*ЕПТИСА - Шпанија, Регионална канцеларија за Југоисточна Европа*

*ESKAVATORI MK - Skopje, North Macedonia*

*ЕСКАВАТОРИ МК - Скопје, Северна Македонија*

*EURO CONSULTING - Skopje, North Macedonia*

*ЕВРО КОНСАЛТИНГ - Скопје, Северна Македонија*

*INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND CLIMATE CHANGES &*

*ZIM - Skopje, North Macedonia*

*ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО И КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ &*

*ЗИМ - Скопје, Северна Македонија*

*ILINDEN - Struga, North Macedonia*

*ИЛИНДЕН - Струга, Северна Македонија*

*KARPOSH A.D. - Skopje, North Macedonia*

*КАРПОШ А.Д. - Скопје, Северна Македонија*

*KEDING - Skopje, North Macedonia*

*КЕДИНГ - Скопје, Северна Македонија*

*MONTING Engineering - Bitola, North Macedonia*  
*МОНТИНГ Инженеринг - Битола, Северна Македонија*

*PEIKKO - Finland, subsidiary Slovakia*  
*ПЕИКО - Финска, подружница Словачка*

*PELAGONIJA - Gostivar, North Macedonia*  
*ПЕЛАГОНИЈА - Гостивар, Северна Македонија*

*PERI Oplate - Simanovci, Serbia*  
*ПЕРИ Оплати - Шимановци, Србија*

*PROSTOR - Kumanovo, North Macedonia*  
*ПРОСТОР - Куманово, Северна Македонија*

*RAPID BILD DOO - Kumanovo, North Macedonia*  
*РАПИД БИЛД ДОО - Куманово, Северна Македонија*

*SASA Mine - Makedonska Kamenica, North Macedonia*  
*Рудник САСА - Македонска Каменица, Северна Македонија*

*SINTEK Inzenering - Skopje, North Macedonia*  
*СИНТЕК Инженеринг - Скопје, Северна Македонија*

*STENTON Construction - Bitola, North Macedonia*  
*СТЕНТОН Градба - Битола, Северна Македонија*

*USJEPOR - Skopje, North Macedonia*  
*УСЈЕПОР - Скопје, Северна Македонија*

*ZSF KOM - Skopje, North Macedonia*  
*ЗСФ КОМ - Скопје, Северна Македонија*

***Media support***

***Медиумски покровител***

*PRESING*  
*ПРЕСИНГ*

*PORTA 3*  
*ПОРТА 3*

*SCIENTIFIC JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING - SJCE*  
*НАУЧНО СПИСАНИЕ ЗА ГРАДЕЖНИШТВО*

**20<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE  
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023**

**20<sup>mu</sup> MEĐUNARODEN SIMPOZIUM NA DГKM  
СКОПЈЕ, 28 – 29 СЕПТЕМВРИ 2023**

**SCIENTIFIC COMMITTEE  
НАУЧЕН ОДБОР**

*(in alphabetic order)*

*(по азбучен редослед)*

1. **Grozde ALEKSOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Грозде АЛЕКСОВСКИ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
2. **Sande ATANASOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Санде АТАНАСОВСКИ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
3. **Ana BARICEVIC**, Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb, Croatia  
**Ана Баричевиќ**, Градежен факултет,  
Универзитет во Загреб, Хрватска
4. **Golubka N. CVETANOVSKA**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering  
Seismology-IZIIS, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Голубка Н. ЦВЕТАНОВСКА**, Институт за земјотресно инженерство и инженерска  
сеизмологија-ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
5. **Petar CVETANOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Петар ЦВЕТАНОВСКИ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
6. **Liljana DENKOVSKA**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Лилјана ДЕНКОВСКА**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија
7. **Igor DJOLEV**, Faculty of Technical Sciences,  
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia  
**Игор Џолев**, Факултет за технички науки,  
Универзитет во Нови Сад, Србија
8. **Michael FABER**, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark  
**Мајкл ФАБЕР**, Оддел за градежништво, Универзитет во Аалборг, Данска
9. **Vladimir GOCEVSKI**, Hydro-Quebec Equipment, Montreal, PQ, Canada  
**Владимир ГОЦЕВСКИ**, Хидро-Квебек, Монтреал, Канада

10. **Rade HAJDIN**, Infrastructure Management Consultants GmbH, Zurich, Switzerland,  
Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Serbia  
**Раде ХАЈДИН**, Инфраструктура Менаџмент Консалтинг GmbH, Цирих, Швајцарија,  
Градежен факултет, Универзитет во Белград, Србија
11. **Rüdiger HÖFFER**, Ruhr-University, Bochum, Germany  
**Рудигер ХОФЕР**, Рур Универзитет во Бохум, Германија
12. **Elena DUMOVA JOVANOSKA**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Елена ДУМОВА ЈОВАНОСКА**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
13. **Mirjana LABAN**, Faculty of Technical Sciences,  
University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia  
**Мирјана ЛАБАН**, Факултет за технички науки,  
Универзитет во Нови Сад, Србија
14. **Djordje LADJINOVIC**, Faculty of Technical Sciences,  
University Novi Sad, Novi Sad, Serbia  
**Ђорђе ЛАЃИНОВИЌ**, Факултет за технички науки,  
Универзитет во Нови Сад, Србија
15. **Ljupco LAZAROV**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Љупчо ЛАЗАРОВ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
16. **Dusko LUCIC**, Faculty of Civil Engineering,  
University of Montenegro, Podgorica, Montenegro  
**Душко ЛУЧИЌ**, Градежен факултет,  
Универзитет во Црна Гора, Подгорица, Црна Гора
17. **Mirjana MALESEV**, Faculty of Technical Sciences, University Novi Sad, Novi Sad, Serbia  
**Мирјана МАЛЕШЕВ**, Факултет за технички науки, University of Novi Sad, Serbia
18. **Peter MARK**, Ruhr-University, Bochum, Germany  
**Питер МАРК**, Рур Универзитет во Бохум, Германија
19. **Viktor MARKELJ**, PONTING d.o.o., Maribor, Slovenia  
**Виктор МАРКЕЉ**, ПОНТИНГ д.о.о., Марибор, Словенија
20. **Zlatko MARKOVIC**, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Serbia  
**Златко МАРКОВИЌ**, Градежен факултет, Универзитет во Белград, Србија
21. **Goran MARKOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Горан МАРКОВСКИ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
22. **Miroslav NASTEV**, Natural Resources Canada – Geological Survey of Canada,  
Quebec City, Canada  
**Мирослав НАСТЕВ**, Национални ресурси на Канада - Центар за геолошки  
истражувања на Канада, Квебек, Канада

23. **Tihomir NIKOLOVSKI**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Тихомир НИКОЛОВСКИ**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
24. **Svetlana PETKOVSKA ONCEVSKA**, Faculty of Civil Engineering,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Светлана ПЕТКОВСКА ОНЧЕВСКА**, Градежен факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
25. **Doncho PARTOV**, University of Structural Engineering and Architecture,  
VSU “L. Karavelov”, Sofia, Bulgaria  
**Дончо ПАРТОВ**, Универзитет за градежништво и архитектура,  
ВСУ “Љубен Каравелов”, Софија, Бугарија
26. **Ivana BANJAD PEČUR**, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Croatia  
**Ивана БАЊАД ПЕЧУР**, Градежен факултет, Универзитет во Загреб, Хрватска
27. **Predrag POPOVIC**, Vice President & Senior Principal,  
Wiss Janney, Elstner Associates, Chicago, USA  
**Предраг ПОПОВИЌ**, Потпретседател и Директор,  
Елстнер соработници, Чикаго, САД
28. **Vlastimir RADONJANIN**, Faculty of Technical Sciences,  
Универзитет во Нови Сад, Србија  
**Властомир РАДОЊАНИН**, Факултет за технички науки,  
Универзитет во Нови Сад, Србија
29. **Bosko STEVANOVIC**, Faculty of Civil Engineering,  
University of Belgrade, Serbia  
**Бошко СТЕВАНОВИЌ**, Градежен факултет,  
Универзитет во Белград, Србија
30. **Veronika SHENDOVA**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-  
IZIIS, University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Вероника ШЕНДОВА**, Институт за земјотресно инженерство и инженерска  
сеизмологија-ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
31. **Vlatko SHESHOV**, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-IZIIS,  
University "Ss. Cyril and Methodius", Skopje, North Macedonia  
**Влатко ШЕШОВ**, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија-  
ИЗИИС, Универзитет „Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Северна Македонија
32. **Prof. Mladen ULICEVIC**, Faculty of Civil Engineering,  
University of Montenegro, Podgorica, Montenegro  
**Проф. Младен УЛИЧЕВИЌ**, Градежен факултет,  
Универзитет во Црна Гора, Подгорица, Црна Гора
33. **Ales ZNIDARIC**, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute,  
Ljubljana, Slovenia  
**Алеш ЗНИДАРИЌ**, Институт за градежништво на Словенија,  
Љубљана, Словенија

**PROCEEDINGS**  
**20<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE**  
**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**  
**20<sup>th</sup> МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ**

**C O N T E N T**  
**СОДРЖИНА**

**МА MASE AWARDS**

- МА-1** Ivana DIMITROVA, Kristina MILADINOSKI **1**  
**CONSTRUCTION OF BRIDGE AT RIVER VARDAR, BOULEVARD  
ASNOM, BRIDGE MIHAJLO APOSTOLSKI**  
*(MASE AWARD IN THE FIELD OF CONSTRUCTION FOR 2022)*  
Ивана ДИМИТРОВА, Кристина МИЛАДИНОСКИ  
**ИЗВЕДБА НА МОСТ НА РЕКА ВАРДАР НА БУЛЕВАР АСНОМ,  
МОСТ МИХАЈЛО АПОСТОЛСКИ**  
*(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА ИЗВЕДБА НА ОБЈЕКТ ЗА 2022)*
- МА-2** Cvetanka CHIFLIGANEC **8**  
**EXPERIMENTAL RESEARCH AND NUMERICAL ANALYSIS OF  
TIMBER-CONCRETE COMPOSITE SLABS AT AMBIENT  
TEMPERATURE AND IN FIRE**  
*(MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)*  
Цветанка ЧИФЛИГАНЕЦ  
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ И НУМЕРИЧКА  
АНАЛИЗА НА СПРЕГНАТИ ПЛОЧИ ОД ДРВО И БЕТОН НА  
АМБИЕНТАЛНА ТЕМПЕРАТУРА И ВО ПОЖАР**  
*(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)*
- МА-3** Kristina MILKOVA **22**  
**METHODOLOGY FOR DEVELOPMENT OF SEISMIC FRAGILITY  
CURVES FOR EXISTING UNREINFORCED MASONRY BUILDINGS**  
*(MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)*  
Кристина МИЛКОВА  
**МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА КРИВИ НА  
СЕИЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА ПОСТОЕЧКИ  
СИДАНИ КОНСТРУКЦИИ**  
*(ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)*

<b><u>MA-4</u></b>	<p>Nikola NAUMOVSKI</p> <p><b>INTEGRATED METHODOLOGICAL APPROACH TO ANALYSIS OF RAILWAY TRAFFIC VIBRATION IMPACT ON PEOPLE AND FACILITIES</b> (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2021)</p> <p>Никола НАУМОВСКИ</p> <p><b>ИНТЕГРИРАН МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТАП ЗА АНАЛИЗА НА ВЛИЈАНИЕТО НА ВИБРАЦИИ ОД ЖЕЛЕЗНИЧКИ СООБРАЌАЈ ВРЗ ЛУЃЕТО И ОБЈЕКТИТЕ</b> (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2021)</p>	34
<b><u>MA-5</u></b>	<p>Sergey CHURILOV, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Maja GOSHEVA, Veronika SHENDOVA, Lidija KRSTEVSKA, Bojan DAMCHEVSKI, Dime JANCHEV</p> <p><b>EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF REPOINTING ON THE SEISMIC PERFORMANCE OF UNREINFORCED MASONRY STRUCTURES</b> (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2022)</p> <p>Сергеј ЧУРИЛОВ, Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА, Маја ГОШЕВА, Вероника ШЕНДОВА, Лидија КРСТЕВСКА, Бојан ДАМЧЕВСКИ, Диме ЈАНЧЕВ</p> <p><b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ НА СЕИЗМИЧКИОТ КАПАЦИТЕТ НА КОНСТРУКЦИИ ОД НЕАРМИРАНА СИДАРИЈА СО ПРЕФУГИРАЊЕ</b> (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2022)</p>	50
<b><u>MA-6</u></b>	<p>Milos STOKUCA</p> <p><b>IMPROVEMENT OF STRENGTH AND DEFORMABILITY OF STEEL STRUCTURES WITH ROOF AND SANDWICH PANELS</b> (MASE AWARD IN THE FIELD OF SCIENTIFIC RESEARCH FOR 2022)</p> <p>Милош СТОКУЌА</p> <p><b>СЕНДВИЧ-ПАНЕЛИ ВО ФУНКЦИЈА НА ПОДОБРУВАЊЕ НА ЈАКОСТА И ДЕФОРМАБИЛНОСТА КАЈ ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ</b> (ПРИЗНАНИЕ НА ДГКМ ЗА НАУЧНО ИСТРАЖУВАЊЕ ЗА 2022)</p>	64
<b><u>IP*</u></b>	<b><i>INVITED PAPERS</i></b>	
<b><u>IP-1</u></b>	<p>Josip ATALIĆ, Mario UROŠ, Marta ŠAVOR NOVAK, Marija DEMŠIĆ, Maja BANIČEK, Alen KADIĆ, Nika RAKAS, Ivan KOSALEC, Maja MRKONJIĆ</p> <p><b>2020 EARTHQUAKES IN CROATIA: FROM DAMAGE ASSESSMENT PROCESS TO THE NATIONAL STRATEGIES</b></p>	78
<b><u>IP-2</u></b>	<p>Svetlana BRZEV</p> <p><b>SEISMIC RESILIENCE OF CONFINED MASONRY BUILDINGS</b></p>	79

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

<b><u>IP-3</u></b>	Eleni CHATZI <b>AUGMENTED TWINS: PHYSICS AND DATA IN SUPPORT OF VIRTUALIZING STRUCTURAL SYSTEMS</b>	<b>93</b>
<b><u>IP-4</u></b>	Rüdiger HÖFFER <b>FUTURE EUROPEAN STANDARDS FOR THE DETERMINATION OF GENERAL ACTIONS FOR THE DESIGN OF STRUCTURES</b>	<b>94</b>
<b><u>IP-5</u></b>	Alper ILKI, Caglar GOKSU, Bilal SARI, Hasan Huseyin AYDOGDU, Cem DEMIR <b>2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES AND LESSONS LEARNT TOWARDS BUILDING RESILIENT CITIES WITH A FOCUS ON ISTANBUL</b>	<b>106</b>
<b><u>IP-6</u></b>	Peter MARK, Patrick FORMAN, Jannik HOPPE <b>SUSTAINABLE CONCRETE ENGINEERING – STRATEGIES FOR EXISTING AND NEW STRUCTURES</b>	<b>121</b>
<b><u>IP-7</u></b>	Marco NOVARIN <b>RESILIENT BRIDGES IN SEISMIC AREAS</b>	<b>122</b>
<b><u>IP-8</u></b>	Gerard J. O'REILLY <b>EUROPEAN RESEARCH SYNERGIES TOWARDS LOSS AND RISK-DRIVEN MITIGATION APPROACHES</b>	<b>132</b>
<b><u>IP-9</u></b>	Vlatko SHESHOV, and IZIIS team <b>60 YEARS OF SKOPJE EARTHQUAKE – IZIIS FOR SKOPJE</b> Влатко ШЕШОВ, целиот колектив на ИЗИИС <b>60 ГОДИНИ ОД СКОПСКИОТ ЗЕМЈОТРЕС - ИЗИИС ЗА СКОПЈЕ</b>	<b>141</b>
<b><u>IP-10</u></b>	Tina VEJRUM <b>RECORD LONG-SPAN BRIDGES – FROM GREAT BELT FIXED LINK TO STONECUTTERS AND 1915 ÇANAKKALE</b>	<b>142</b>

## **RSC**\* *RESILIENT STRUCTURES AND CITIES*

<b><u>RSC-1</u></b>	Maја ANACHKOVA, Simona DOMAZETOVSKA, Viktor GAVRILOSKI, Zlatko PETRESKI <b>ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF SOUND BARRIERS FOR TRAFFIC NOISE CONTROL IN THE CITY OF SKOPJE</b> Маја АНАЧКОВА, Симона ДОМАЗЕТОВСКА, Виктор ГАВРИЛОСКИ, Златко ПЕТРЕСКИ <b>АНАЛИЗА НА ЕФИКАСНОСТА НА ЗВУЧНИТЕ БАРИЕРИ ЗА КОНТРОЛА НА СООБРАЌАЈНАТА БУЧАВА ВО ГРАД СКОПЈЕ</b>	<b>156</b>
---------------------	---	------------

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

<b><u>RSC-2</u></b>	Roberta APOSTOLSKA, Veronika SHENDOVA, Goran JEKIC, Golubka NECEVSKA-CVETANOVSKA, Zivko BOZINOVSKI <b>IZIIS FOR SEISMIC RESILIENT SKOPJE</b> Роберта АПОСТОЛСКА, Вероника ШЕНДОВА, Горан JEKИЌ, Голубка НЕЧЕВСКА- ЦВЕТАНОВСКА, Живко БОЖИНОВСКИ <b>ИЗИИС ЗА СКОПЈЕ ОТПОРНО НА ЗЕМЈОТРЕСИ</b>	<b>164</b>
<b><u>RSC-3</u></b>	Sanja AVRAMOSKA <b>DESIGNING RESILIENT URBAN RIVER CORRIDORS: TRENDS IN RIVER REDEVELOPMENT PROJECTS IN THE LAST TWO DECADES</b>	<b>172</b>
<b><u>RSC-4</u></b>	Željka BELJKAŠ, Nikola KNEŽEVIĆ, Jasmina ČETKOVIĆ, Bojan ADŽIĆ <b>FACILITY FOR THE STRAY DOGS POPULATION IN VARDAR PLANNING REGION</b>	<b>182</b>
<b><u>RSC-5</u></b>	Suzana DRAGANIĆ, Mirjana LABAN, Igor DŽOLEV, Meri CVETKOVSKA <b>FIRE RESILIENCE AND BUILDINGS’ SUSTAINABILITY IN RENOVATION WAVE</b>	<b>192</b>
<b><u>RSC-6</u></b>	Kefajet EDIP, Roberta APOSTOLSKA <b>SUSTAINABLE URBAN PLANNING THROUGH SEISMIC RISK ASSESSMENT - CASE STUDY KARPOSH</b> Кефажет ЕДИП, Роберта АПОСТОЛСКА <b>ОДРЖЛИВО УРБАНИСТИЧКО ПЛАНИРАЊЕ ПРЕКУ ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК - ПИЛОТ СТУДИЈА КАРПОШ</b>	<b>200</b>
<b><u>RSC-7</u></b>	Dejan JANEV, Darko NAKOV, Toni ARANGJELOVSKI <b>CONCRETE FOR RESILIENT INFRASTRUCTURE: REVIEW OF BENEFITS, CHALLENGES AND SOLUTIONS</b>	<b>208</b>
<b><u>RSC-8</u></b>	Milorad JOVANOVSКИ, Igor PESHEVSKI, Jovan Br. PAPIĆ, Andrijana ANDREEVA, Lidija TRPENOVSKA, Julijana STAVREVSKI <b>GEOTECHNICAL ZONNING MAPS – PREREQUISITE FOR DESIGN OF RESILIENT STRUCTURES</b>	<b>220</b>
<b><u>RSC-9</u></b>	Goran MICKOVSKI, Ana IVANOVSKA DESKOVA, Jovan IVANOVSKI <b>OLD BUILDINGS NEW POSIBILITIES, CASE STUDY OF INDUSTRIAL BUILDINGS IN SKOPJE</b>	<b>230</b>
<b><u>RSC-10</u></b>	Goran MICKOVSKI, Slobodan VELEVSKI, Aleksandar RADEVSKI, Dimitar KRSTESKI <b>PERSPECTIVES FOR INDUSTRY DEVELOPMENT IN SKOPJE</b>	<b>238</b>
<b><u>RSC-11</u></b>	Zoran MILUTINOVIC, Radmila SALIC MAKRESKA <b>UN ASSISTANCE AND CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE ENGINEERING – EUROPEAN AND WORLDWIDE</b>	<b>248</b>
<b><u>RSC-12</u></b>	Sandra NEDELJKOVIĆ, Zeljko ZUGIĆ, Mirjana LABAN, Zdravko MAKSIMOVIC <b>RISK REGISTER AS A BASIS FOR SUSTAINABLE PUBLIC INVESTMENTS STRATEGY IN REPUBLIC OF SERBIA</b>	<b>262</b>

<b><u>RSC-13</u></b>	Zabedin NEZIRI, Radmila SALIC MAKRESKA <b>COMPARATIVE ANALYSIS OF AVAILABLE EARTHQUAKE CATALOGS FOR THE TERRITORY OF NORTH MACEDONIA AND THE BORDER REGION</b> Забедин НЕЗИРИ, Радмила ШАЛИЌ МАКРЕСКА <b>КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ДОСТАПНИ КАТАЛОЗИ НА ЗЕМЈОТРЕСИ ЗА ТЕРИТОРИЈАТА НА С. МАКЕДОНИЈА И ПОГРАНИЧНИОТ РЕГИОН</b>	268
<b><u>RSC-14</u></b>	Vasil PENCHEV, Doncho PARTOV <b>BRIEF CRITICAL ANALYSIS OF THE NORMATIVE SEISMIC INSURANCE OF BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF BULGARIA</b>	278
<b><u>RSC-15</u></b>	Borjan PETRESKI, Igor GJORGJIEV, Aleksandar ZHUROVSKI <b>THE INFLUENCE OF THE RATIO OF SECTION SIDES OF A RECTANGULAR COLUMN ON SEISMIC RESPONSE OF A RC BUILDING</b> Борјан ПЕТРЕСКИ, Игор ЃОРЃИЈЕВ, Александар ЖУРОВСКИ <b>ВЛИЈАНИЕ НА ДИМЕНЗИИТЕ НА СТРАНИТЕ НА ПРАВОАГОЛНИ СТОЛБОВИ ВРЗ СЕИЗМИЧКИОТ ОДГОВОР НА АБ ЗГРАДА</b>	287
<b><u>RSC-16</u></b>	Irina POSTOLOVA, Zlatko ZAFIROVSKI, Meri CVETKOVSKA, Milos KNEZEVIKJ <b>FIRE PROTECTION MEASURES IN TUNNELS</b> Ирина ПОСТОЛОВА, Златко ЗАФИРОВСКИ, Мери ЦВЕТКОВСКА, Милош КНЕЖЕВИЌ <b>МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ОД ПОЖАР ВО ТУНЕЛИ</b>	295
<b><u>RSC-17</u></b>	Arthur ROSHI, Golubka NECHEVSKA-CVETANOVSKA, Jordan BOJADJIEV <b>ENHANCING SEISMIC RESILIENCE OF RC BUILDING COLUMNS USING CFRP</b>	305
<b><u>RSC-18</u></b>	Zlatko SRBINOSKI, Zlatko BOGDANOVSKI, Filip KASAPOVSKI, Tome GEGOVSKI, Filip PETROVSKI <b>DEFINING REGIONAL GEODYNAMIC PHENOMENA BASED ON MEASUREMENTS IN ACTIVE REFERENCE NETWORKS</b> Златко СРБИНОСКИ, Златко БОГДАНОВСКИ, Филип КАСАПОВСКИ, Томе ГЕГОВСКИ, Филип ПЕТРОВСКИ <b>ДЕФИНИРАЊЕ НА РЕГИОНАЛНИ ГЕОДИНАМИЧКИ ФЕНОМЕНИ ВРЗ ОСНОВА НА МЕРЕЊА ВО АКТИВНИТЕ РЕФЕРЕНТНИ МРЕЖИ</b>	314
<b><u>RSC-19</u></b>	Goce TASESKI, Nikola KRSTOVSKI <b>INCREASING CITIES RESILIENCE THROUGH IMPROVED STORM WATER MANAGEMENT</b> Гоце ТАСЕСКИ, Никола КРСТОВСКИ <b>ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА ОТПОРНОСТА НА ГРАДОВИТЕ ПРИ ПОДОБРО УПРАВУВАЊЕ СО АТМОСФЕРСКИТЕ ВОДИ</b>	324

# **NES** \* *NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STRUCTURES*

- NES-1** Aleksandra CHUBRINOVSKA, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV **332**  
**ANALYSIS OF FRAMING SYSTEMS FOR BOX SECTIONS WITH DISTORTION EFFECTS**  
Александра ЧУБРИНОВСКА, Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ  
**АНАЛИЗА НА СИСТЕМИ НА ВРКУТУВАЊА НА САНДАЧЕСТИ ПРЕСЕЦИ СО ЕФЕКТИ НА ДИСТОРЗИЈА**
- NES-2** Anita GJUKAJ, Petar CVETANOVSKI, Ana TROMBEVA GAVRILOSKA **346**  
**NUMERICAL ANALYSIS OF EXTENDED END-PLATE BOLTED CONNECTION**
- NES-3** Vladimir GOCEVSKI **358**  
**EVALUATION OF HYDROELECTRIC POWERHOUSES FOUNDED ON ALKALI-AGGREGATE REACTION (AAR) AFFECTED CONCRETE**
- NES-4** Isidora JAKOVLJEVIĆ, Milan SPREMIĆ, Zlatko MARKOVIĆ **372**  
**CONCRETE MODELING IN FINITE ELEMENT PUSH-OUT TEST SIMULATIONS**
- NES-5** Dejan JANEV, Toni ARANGJELOVSKI, Darko NAKOV, Goran MARKOVSKI, Peter MARK **382**  
**DYNAMIC BEHAVIOUR OF RC BRIDGES UNDER MOVING LOADS: A SIMPLIFIED NUMERICAL AND ANALYTICAL APPROACH**  
Дејан ЈАНЕВ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Дарко НАКОВ, Горан МАРКОВСКИ, Питер МАРК  
**ДИНАМИЧКО ОДНЕСУВАЊЕ НА АБ МОСТОВИ ПОД ДЕЈСТВО НА ПОДВИЖНИ НАТОВАРУВАЊА: ПОЕДНОСТАВЕН НУМЕРИЧКИ И АНАЛИТИЧКИ ПРИСТАП**
- NES-6** Lisa JUSUFI, Leart TARAVARI, Borjan PETRESKI **395**  
**INVESTIGATING THE PROBABILISTIC SEISMIC RISK ASSESSMENT PRINCIPLES THROUGH A TYPICAL CASE STUDY**
- NES-7** Konstantin KAZAKOV, Lena MIHOVA, Doncho PARTOV **405**  
**INTERPRETATION OF BURIED ARCH BRIDGE RESPONSE TO SEISMIC IMPACT**
- NES-8** Toni KITANOVSKI, Vlatko SHESOV, Julijana BOJADJIEVA, Kemal EDIP, Dejan IVANOVSKI **413**  
**EFFECTS OF PRE-EXISTING CYCLIC LOADING ON TRIAXIAL MONOTONIC BEHAVIOR**
- NES-9** Ivan LUKAČEVIĆ, Ivan ĆURKOVIĆ, Andrea RAJIĆ, Vlaho ŽUVELEK **421**  
**BENDING RESISTANCE OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE FLOOR SYSTEM MADE OF BUILT-UP COLD-FORMED STEEL ELEMENTS**

<b><u>NES-10</u></b>	Filip MANOJLOVSKI, Zoran RAKICEVIC, Aleksandra BOGDANOVIC, Antonio SHOKLAROVSKI, Angela POPOSKA <b>REPAIR OF REINFORCED CONCRETE COLUMN HINGES BY          POLYURETHANE JACKETING</b> Филип МАНОЈЛОВСКИ, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Александра БОГДАНОВИЌ, Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Ангела ПОПОСКА <b>САНАЦИЈА НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ ЈАЗЛИ КАЈ СТОЛБОВИ          ПРЕКУ ОПШИВКА СО ПОЛИУРЕТАНСКА СМЕСА</b>	431
<b><u>NES-11</u></b>	Marko MARINKOVIĆ, Christoph BUTENWEG, Aleksa MILIJAŠ, Matija GAMS <b>ISOLATION OF INFILL WALLS AS A SOLUTION FOR BOTH          MASONRY INFILLS AND RC STRUCTURES: EXPERIMENTAL          INVESTIGATION</b>	438
<b><u>NES-12</u></b>	Goran MARKOVSKI, Meri CVETKOVSKA, Vukan NJAGULJ, Leonardo MANTA, Marija DOCEVSKA JOVANOVA <b>ANALYSIS OF THE FIRE EXPOSED BRIDGE “BELASICA” IN          SKOPJE</b>	448
<b><u>NES-13</u></b>	Primož MOŽE <b>LOAD-DEFORMATION BEHAVIOR OF BOLTED          BEARING-TYPE CONNECTIONS</b>	449
<b><u>NES-14</u></b>	Mladen MUHADINOVIĆ, Duško LUČIĆ <b>PREVIOUS AND FURTHER RESEARCH OF BEAM COLUMN JOINT          IN ALUMINIUM STRUCTURES – COLUMN WEB RESISTANCE IN          TRANSVERSE COMPRESSION</b>	460
<b><u>NES-15</u></b>	Luka NAUMOVSKI, Boris AZINOVIĆ, Tomaž PAZLAR, Matija GAMS <b>PUSHOVER-BASED FRAGILITY ANALYSIS OF MULTI-STOREY          CROSS-LAMINATED TIMBER PLATFORM-TYPE BUILDINGS</b>	468
<b><u>NES-16</u></b>	Nikola PETROV, Nurzhan SATUOV, Radmila SALIC MAKRESKA <b>UTILIZING AMBIENT NOISE TO EVALUATE POTENTIAL          RESONANT CONDITIONS IN SEISMIC EVENTS: A CASE STUDY OF          NOVO LISICHE, SKOPJE</b>	476
<b><u>NES-17</u></b>	Angela POPOSKA, Zoran RAKICEVIC, Aleksandra BOGDANOVIC, Antonio SHOKLAROVSKI, Filip MANOJLOVSKI <b>NUMERICAL MODELLING OF SELF-CENTERING          CONCENTRICALLY BRACED STEEL FRAMES</b> Ангела ПОПОСКА, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Александра БОГДАНОВИЌ, Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Филип МАНОЈЛОВСКИ <b>НУМЕРИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ НА САМОЦЕНТРИРАЧКА          ЧЕЛИЧНА РАМКА СО КЛАСИЧНИ ДИЈАГОНАЛИ</b>	486
<b><u>NES-18</u></b>	Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV, Ditar MEMEDI <b>EVALUATION OF THE BEHAVIOUR FACTOR FOR COMPOSITE          STEEL-CONCRETE MOMENT FRAMES USING NONLINEAR          STATIC ANALYSIS</b> Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ, Дитар МЕМЕДИ <b>ЕВАЛУАЦИЈА НА ФАКТОРОТ НА ОДНЕСУВАЊЕ ЗА          СПРЕГНАТИ МОМЕНТНИ РАМКИ СО НЕЛИНЕАРНА          СТАТИЧКА АНАЛИЗА</b>	494

<b><u>NES-19</u></b>	Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV, Ditar MEMEDI <b>ANALYSIS OF STEEL MOMENT FRAME USING NONLINEAR          STATIC ANALYSIS</b> Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ, Дитар МЕМЕДИ <b>АНАЛИЗА НА ЧЕЛИЧНА МОМЕНТНА РАМКА СО НЕЛИНЕАРНА          СТАТИЧКА АНАЛИЗА</b>	504
<b><u>NES-20</u></b>	Nikola POSTOLOV, Riste VOLCHEV, Kristina MILKOVA, Koce TODOROV, Elena DUMOVA-JOVANOSKA <b>SEISMIC VULNERABILITY OF OPEN GROUND FLOOR          RC FRAMES WITH MASONRY INFILL</b> Никола ПОСТОЛОВ, Ристе ВОЛЧЕВ, Кристина МИЛКОВА, Коце ТОДОРОВ, Елена ДУМОВА-ЈОВАНСКА <b>СЕИЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ          РАМКИ СО ОТВОРЕН ПРВ КАТ И ИСПОЛНА ОД СИДАРИЈА</b>	514
<b><u>NES-21</u></b>	Pavle RISTESKI, Denis POPOVSKI, Nikola NISEV, Antonio TOMESKI <b>EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL RESEARCH OF THE          BEHAVIOUR OF CHEMICAL ANCHORS AS SHEAR CONNECTORS</b> Павле РИСТЕСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Никола НИСЕВ, Антонио ТОМЕСКИ <b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО И АНАЛИТИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА          ОДНЕСУВАЊЕ НА ХЕМИСКИ АНКЕРИ КАКО МОЖДАНИЦИ</b>	524
<b><u>NES-22</u></b>	Jelena RISTIC, Zijadin GURI, Danilo RISTIC <b>TESTING AND MODELING OF GFRP AND STEEL          REINFORCED COLUMNS UNDER CYCLIC BENDING          AND VARYING AXIAL LOADS</b>	534
<b><u>NES-23</u></b>	Antonio SHOKLAROVSKI, Aleksandra BOGDANOVIC, Zoran RAKICEVIC, Angela POPOSKA, Filip MANOJLOVSKI <b>EXPERIMENTAL TESTS OF BRIDGE STRUCTURES</b> Антонио ШОКЛАРОВСКИ, Александра БОГДАНОВИЌ, Зоран РАКИЌЕВИЌ, Ангела ПОПОСКА, Филип МАНОЈЛОВСКИ <b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИСПИТУВАЊА НА МОСТОВСКИ          КОНСТРУКЦИИ</b>	544
<b><u>NES-24</u></b>	Nikola SIMOV, Denis POPOVSKI, Nikola NISEV, Antonio TOMESKI <b>EXPERIMENTAL AND ANALITICAL RESEARCH          OF THE BEHAVIOR OF MECHANICAL ANCHORS AS          SHEAR CONNECTORS</b>	555
<b><u>NES-25</u></b>	Angelko STOJANOVSKI, Dragan DUGANOV, Cvetan ZAFIROV, Filip NANEVSKI, Nikola MITOVSKI, Maja BUNDEVSKA, Iva LAZAREVSKA, Tamara GEORGIEVSKA <b>DYNAMIC LOADING OF REINFORCED CONCRETE PILES          ON VIADUCT OF JABUCHKI DOL AND BRIDGE ON          THE RIVER BLIDESH</b> Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Драган ДУГАНОВ, Цветан ЗАФИРОВ, Филип НАНЕВСКИ, Никола МИТОВСКИ, Маја БУНДЕВСКА, Ива ЛАЗАРЕВСКА, Тамара ГЕОРГИЕВСКА <b>ДИНАМИЧКО ТОВАРЕЊЕ НА АРМИРАНОБЕТОНСКИ КОЛОВИ          НА ВИЈАДУКТ НА ЈАБУЧКИ ДОЛ И МОСТ НА РЕКА БЛИДЕШ</b>	566

<b><u>NES-26</u></b>	Petar SUBOTIĆ, Duško LUČIĆ <b>THE PATH TO AN ANALYTICAL SOLUTION FOR ELASTIC          CRITICAL LATERAL TORSIONAL BUCKLING MOMENT FOR          I BEAMS WITH BATTEN PLATES</b>	575
<b><u>NES-27</u></b>	Leart TARAВARI, Lisa JUSUFI, Borjan PETRESKI, Koce TODOROV <b>PERFORMANCE-BASED ANALYSIS OF A MULTI-STORY AND          MULTI-BAY REINFORCED CONCRETE FRAME</b> Леарт ТАРАВАРИ, Лиса ЈУСУФИ, Борјан ПЕТРЕСКИ, Коце ТОДОРОВ <b>АНАЛИЗА БАЗИРАНА НА ПЕРФОРМАНСИ НА ПОВЕЌЕКАТНА И          ПОВЕЌЕБРОДНА АРМИРАНОБЕТОНСКА РАМКА</b>	582
<b><u>NES-28</u></b>	Leart TARAВARI, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV <b>COMPARATIVE ANALYSES OF THE DESIGN SEISMIC BEHAVIOR          OF CHARACTERISTIC STEEL FRAMES</b> Леарт ТАРАВАРИ, Денис ПОПОВСКИ, Миле ПАРТИКОВ <b>СПОРЕДБЕНИ АНАЛИЗИ НА ПРОЕКТНОТО СЕИЗМИЧКО          ОДНЕСУВАЊЕ НА КАРАКТЕРИСТИЧНИ ЧЕЛИЧНИ РАМКИ</b>	592
<b><u>NES-29</u></b>	Leart TARAВARI, Koce TODOROV <b>COMPARATIVE ANALYSES OF VARIOUS NONLINEAR          MODELLING APPROACHES OF REINFORCED          CONCRETE FRAMES</b> Леарт ТАРАВАРИ, Коце ТОДОРОВ <b>СПОРЕДБЕНИ АНАЛИЗИ НА РАЗЛИЧНИ ПРИСТАПИ          ЗА НЕЛИНЕАРНО МОДЕЛИРАЊЕ НА          АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАМКИ</b>	602
<b><u>NES-30</u></b>	Marija TODOROVIĆ, Nađa SIMOVIĆ, Ivan GLIŠOVIĆ <b>BENDING BEHAVIOUR OF CROSS LAMINATED TIMBER PANELS          MADE FROM LOCALLY SOURCED SPRUCE WOOD</b>	612
<b><u>NES-31</u></b>	Antonio TOMESKI, Marko GJORGJIOSKI, Petar JANEV, Sead ABAZI <b>STATIC AND DYNAMIC ANALYSIS OF A SPREAD FOUNDATION          ACCORDING TO EUROCODE</b> Антонио ТОМЕСКИ, Марко ЃОРЃИОСКИ, Петар ЈАНЕВ, Сеад АБАЗИ <b>СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА НА ТЕМЕЛ САМЕЦ          СПОРЕД ЕВРОКОД</b>	622
<b><u>NES-32</u></b>	Zlatko ZAFIROVSKI, Vasko GACEVSKI, Ivona NEDEVSKA, Riste RISTOV, Slobodan OGNJENOVIC, Bojan SUSINOV, Sead ABAZI <b>NUMERICAL ANALYSIS OF A HYDROTECHNICAL TUNNEL IN          THE TORANICA MINE ASSEMBLY</b> Златко ЗАФИРОВСКИ, Васко ГАЦЕВСКИ, Ивона НЕДЕВСКА, Ристе РИСТОВ, Слободан ОГЊЕНОВИЌ, Бојан СУСИНОВ, Сеад АБАЗИ <b>НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛ ВО          СКЛОП НА РУДНИКОТ ТОРАНИЦА</b>	631

# CM\*

## **CONTEMPORARY METHODS FOR STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION**

- CM-1** Petar JANEV, Marko GJORGJIOSKI, Darko NAKOV, 639  
Toni ARANGJELOVSKI  
**COMPARISON OF DESIGN OF RECTANGULAR CROSS SECTIONS  
REINFORCED ONLY IN THE TENSION ZONE ACCORDING TO  
PBAВ/87 AND EUROCODE 2**  
Петар ЈАНЕВ, Марко ЃОРЃИОСКИ, Дарко НАКОВ,  
Тони АРАНЃЕЛОВСКИ  
**СПОРЕДБА НА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ПРАВОАГОЛНИ  
ПРЕСЕЦИ АРМИРАНИ САМО ВО ЗАТЕГНАТА ЗОНА СПОРЕД  
ПБАВ/87 И ЕВРОКОД 2**
- CM-2** Emil KOCHOVSKI 649  
**SKI HUT “TRIFKOVA KOLIBA” MAVROVO – DESIGN OF STEEL  
FOR THE THIN MOUNTAIN AIR**
- CM-3** Marijana LAZAREVSKA, Vasko GACEVSKI 655  
**DETERMINATION OF CRITICAL PATH IN FUZZY  
NETWORK DIAGRAMS**
- CM-4** Teodora MIHAJLOVSKA, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, 661  
Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA  
**FORM-FINDING OF AN ENVELOPE OF A DOUBLE-LAYER SHELL  
SUBJECTED TO SEISMIC LOADING**  
Теодора МИХАЈЛОВСКА, Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА,  
Ана ТРОМБЕВА-ГАВРИЛОСКА  
**ПРОНАОЃАЊЕ НА ФОРМА НА ЛУШПИ СО ГОЛЕМИ РАСПОНИ  
ПОД ДЕЈСТВО НА СЕИЗМИЧКА СИЛА**
- CM-5** Ivan MILIĆEVIĆ, Milica VIDOVIĆ, Jelena DRAGAŠ, 671  
Branko MILOSAVLJEVIĆ  
**BEHAVIOUR AND DESIGN OF BOLTED CONNECTORS WITH  
MECHANICAL COUPLER: AN OVERVIEW**
- CM-6** Goran MILUTINOVIĆ, Duško BOBERA 681  
**COMPARATIVE ANALYSES OF BRIDGE PIER CAP USING  
STRUT-AND-TIE AND BEAM MODEL**
- CM-7** Jelena MIRJANIĆ, Vladimir ŽIVALJEVIĆ, Igor DŽOLEV, Andrija RAŠETA 691  
**INFLUENCE OF NON-LINEAR MATERIAL MODELS ON SEISMIC  
RESPONSE OF RC BUILDING**
- CM-8** Nikola NISEV, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, Denis POPOVSKI 697  
**LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR CONSTRUCTION OF AN  
ENCLOSED SWIMMING POOL**  
Никола НИСЕВ, Ана ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА, Денис ПОПОВСКИ  
**ПРОЦЕНКА НА ЖИВОТЕН ЦИКЛУС ЗА КОНСТРУКЦИЈА НА  
ЗАТВОРЕН БАЗЕН**

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

<b><u>CM-9</u></b>	Nenad PEČIĆ, Saša STOŠIĆ, Snežana MAŠOVIĆ, Dragan MAŠOVIĆ <b>SHEAR DESIGN OF CIRCULAR CONCRETE SECTIONS ACCORDING TO THE EC2 TRUSS MODEL</b>	<b>707</b>
<b><u>CM-10</u></b>	Marija PETKOVSKA, Zlatko ZAFIROVSKI <b>PERFORMANCE EXPERIENCES FOR DIVERSION TUNNELS AT DAMS WITH ACCUMULATION</b> Марија ПЕТКОВСКА, Златко ЗАФИРОВСКИ <b>ИСКУСТВА ПРИ ИЗВЕДБА НА ОПТОЧНИ ТУНЕЛИ КАЈ БРАНИ СО АКУМУЛАЦИЈА</b>	<b>717</b>
<b><u>CM-11</u></b>	Emilija RISTOVA, Darko NAKOV <b>INFLUENCE OF SEISMIC HAZARD AND IMPORTANCE CLASS ON THE BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURAL ELEMENTS</b>	<b>726</b>
<b><u>CM-12</u></b>	Angelko STOJANOVSKI, Toni ARANGJELOVSKI, Denis POPOVSKI, Darko NAKOV <b>COMPARISON OF COMPLETELY AND PARTIALLY CONCRETED COMPOSITE COLUMNS ACCORDING TO EUROCODE 4</b> Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Дарко НАКОВ <b>СПОРЕДБА НА ЦЕЛОСНО И ДЕЛУМНО БЕТОНИРАНИ СПРЕГНАТИ СТОЛБОВИ ПО ЕВРОКОД 4</b>	<b>736</b>
<b><u>CM-13</u></b>	Angelko STOJANOVSKI, Toni ARANGJELOVSKI, Denis POPOVSKI, Darko NAKOV <b>COMPARISON OF CODE FOR DESIGN AND ANALYSIS OF COMPOSITE COLUMNS</b> Ангелко СТОЈАНОВСКИ, Тони АРАНЃЕЛОВСКИ, Денис ПОПОВСКИ, Дарко НАКОВ <b>COMPARISON OF CODE FOR DESIGN AND ANALYSIS OF COMPOSITE COLUMNS</b>	<b>745</b>
<b><u>CM-14</u></b>	Nenad STOJCHEVSKI, Jovana VELICHKOVA <b>PROJECT FOR NEW BRIDGES OVER THE ELBE RIVER IN MAGDEBURG</b> Ненад СТОЈЧЕВСКИ, Јована ВЕЛИЧКОВА <b>ПРОЕКТ ЗА НОВИ МОСТОВИ НАД РЕКАТА ЕЛБА ВО МАГДЕБУРГ</b>	<b>755</b>
<b><u>CM-15</u></b>	Elena STOKUCA, Marija STOKUCA TERZIEVSKA <b>INSTALLATION OF STEEL TRANSVERSE BEAMS UNDER THE PYLON OF THE RHINE BRIDGE IN LEVERKUSEN</b> Елена СТОКУЌА, Марија СТОКУЌА ТЕРЗИЕВСКА <b>МОНТАЖА НА ЧЕЛИЧНИ ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ ПОД ПИЛОН НА МОСТОТ РАЈНА ВО ЛЕВЕРКУЗЕН</b>	<b>761</b>

<b><u>CM-16</u></b>	Bojan SUSINOV, Josif JOSIFOVSKI, Sead ABAZI <b>PILE BEARING CAPACITY CALCULATION USING RESULTS FROM STATIC AND DYNAMIC LOAD TESTS ACCORDING TO EUROCODE 7</b> Бојан СУСИНОВ, Јосиф ЈОСИФОВСКИ, Сеад АБАЗИ <b>НОСИВОСТ НА КОЛОВИ ПРЕСМЕТАНА ОД РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СТАТИЧКО И ДИНАМИЧКО ПРОБНО ИСПИТУВАЊЕ СПОРЕД ЕВРОКОД 7</b>	769
<b><u>CM-17</u></b>	Mladen ULIĆEVIĆ, Jovan FURTULA, Ana PETRANOVIĆ <b>EXTRADOSED BRIDGE OVER MORAČA RIVER IN PODGORICA - DESIGN AND CONSTRUCTION</b>	777
<b><u>CM-18</u></b>	Todor VACEV, Danijela ĐURIĆ MIJOVIĆ, Miloš MILIĆ, Andrija ZORIĆ <b>ANALYSIS OF WIND ACTION ON CONTAINER STACKS ACCORDING TO EC STANDARDS</b>	785
<b><u>MRS</u></b> *	<b><i>MAINTENANCE, REPAIR AND STRENGTHENING OF STRUCTURES</i></b>	
<b><u>MRS-1</u></b>	Festim ADEMI, Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Sergey CHURILOV, Enis JAKUPI <b>SEISMIC RETROFIT OF MASONRY WALLS USING REPOINTING</b>	795
<b><u>MRS-2</u></b>	Ana BARIČEVIĆ, Antonija OCELIĆ, Zvezdana MATUZIĆ, Miljenko VUČIĆ <b>SULPHATE RESISTANCE OF WOOD-BIOMASS-ASH INJECTION GROUT</b>	802
<b><u>MRS-3</u></b>	Shpresim IBRAIMI, Boris TANESKI, Miroslav NASTEV, Stanislav MILOVANOVIC <b>1963 SKOPJE EARTHQUAKE: OBSERVED DAMAGE TO BUILDINGS</b> Шпресим ИБРАИМИ, Борис ТАНЕСКИ, Мирослав НАСТЕВ, Станислав МИЛОВАНОВИЌ <b>ЗЕМЈОТРЕСОТ ВО СКОПЈЕ ОД 1963: АНАЛИЗА НА ОШТЕТУВАЊА НА ОБЈЕКТИТЕ</b>	812
<b><u>MRS-4</u></b>	Emil KOCHOVSKI <b>ALL ALONG THE WATCHTOWER</b>	822
<b><u>MRS-5</u></b>	Nenad KRSTIVOJEVIĆ <b>DESIGN AND SUPERVISION ON THE CONSERVATION WORKS ON THE REHABILITATION OF THE RESIDENCE GEORGIJEVIC</b>	828
<b><u>MRS-6</u></b>	Vladan PANTIĆ, Vlastimir RADONJANIN, Mirjana MALEŠEV, Slobodan ŠUPIĆ, Ivan LUKIĆ, Zoran BRUJIĆ <b>THE ASSESSMENT OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF STADIUM “RFC NOVI SAD”</b>	838

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

<b><u>MRS-7</u></b>	Predrag POPOVIC <b>ASSESSMENT AND REHABILITATION OF COLLAPSED FIRE DAMAGED CONCRETE STRUCTURES</b>	<b>846</b>
<b><u>MRS-8</u></b>	Boško STEVANOVIĆ, Ivan GLIŠOVIĆ, Dragoljub TODOROVIĆ <b>PALACE OF GOLUBAC FORTRESS</b>	<b>855</b>
<b><u>MRS-9</u></b>	Borče VELJANOVSKI, Jovan Br. PAPIĆ, Andrea TANEVSKI <b>REGENERATING THE SKOPJE AQUEDUCT</b> Борче ВЕЉАНОВСКИ, Јован Бр. ПАПИЌ, Андреа ТАНЕВСКИ <b>РЕГЕНЕРАЦИЈА НА АКВАДУКТОТ ВО СКОПЈЕ</b>	<b>863</b>
<b><u>RDS</u></b> *	<b><i>RELIABILITY AND DURABILITY OF STRUCTURES</i></b>	
<b><u>RDS-1</u></b>	Kenneth C. CRAWFORD <b>RC BRIDGE FAILURES IN EARTHQUAKES</b>	<b>873</b>
<b><u>RDS-2</u></b>	Sofija DUSHANOVSKA, Aleksandar BOGOEVSKI, Dragan DIMITRIEVSKI, Katerina VELESKA <b>INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE CONCRETE COVER</b> Софија ДУШАНОВСКА, Александар БОГОЕВСКИ, Драган ДИМИТРИЕВСКИ, Катерина ВЕЛЕСКА <b>ВЛИЈАНИЕ НА СРЕДИНАТА ВРЗ ЗАШТИТНИОТ СЛОЈ</b>	<b>883</b>
<b><u>RDS-3</u></b>	Elena DUMOVA-JOVANOSKA, Grozde ALEKSOVSKI, Liljana DENKOVSKA, Sergey CHURILOV, Kristina MILKOVA, Simona BOGOEVSKA <b>SEISMIC VULNERABILITY OF PRE-CODE MASONRY BUILDINGS, PROJECT SEISMOWALL</b> Елена ДУМОВА-ЈОВАНОСКА, Грозде АЛЕКСОВСКИ, Лилјана ДЕНКОВСКА, Сергеј ЧУРИЛОВ, Кристина МИЛКОВА, Симона БОГОЕВСКА <b>СЕЙЗМИЧКА ПОВРЕДЛИВОСТ НА СИДАНИ КОНСТРУКЦИИ ПРЕД ПОСТОЕЊЕ ПРОПИСИ ЗА СЕЙЗМИЧКО ПРОЕКТИРАЊЕ, ПРОЕКТ СЕЙЗМОСИД</b>	<b>890</b>
<b><u>RDS-4</u></b>	Radimir FOLIĆ, Zoran BRUJIĆ <b>NEW TENDENCIES IN DESIGNING DURABILITY OF CONCRETE STRUCTURES</b>	<b>896</b>
<b><u>RDS-5</u></b>	Visar KRELANI, Muhamet AHMETI, Driton KRYEZIU, Liberato FERRARA, Theodor MENTZIKOFAKIS <b>INCREASED DURABILITY FOR CONCRETE STRUCTURES UNDER SEVERE CONDITIONS BY USING CRYSTALLINE ADMIXTURES</b>	<b>906</b>
<b><u>RDS-6</u></b>	Goran MILUTINOVIC, Rade HAJDIN, Ivana ANDRIJANIC, Milos MILOSAVLJEVIC, Marko BAJIC <b>OVERVIEW OF BRIDGE TRAFFIC LOADS IN SERBIA USING B-WIM</b>	<b>917</b>

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

**RDS-7** Kaltrina SPAHIU 927  
CLAY IN BUILDING FACADES

**SHM**\* *STRUCTURAL HEALTH MONITORING,  
PERFORMANCE AND DAMAGE  
ASSESSMENT*

**SHM-1** Hassan AWADAT SALEM 932  
A COMPARATIVE STUDY ON THE METHODS OF MIXING  
THE MODIFIED ASPHALT

**SHM-2** Shpresim IBRAIMI, Stanislav MILOVANOVIC, Grozde ALEKSOVSKI, 941  
Boris TANESKI, Zoran ALTIPARMAKOV  
RECONSTRUCTION OF THE XI CENTURY CATHEDRAL CHURCH  
AT KALE FORTRESS BITOLA  
Шпресим ИБРАИМИ, Станислав МИЛОВАНОВИЌ, Грозде  
АЛЕКСОВСКИ, Борис ТАНЕСКИ, Зоран АЛТИПАРМАКОВ  
РЕКОНСТРУКЦИЈА НА КАТЕДРАЛНА ЦРКВА ОД XI ВЕК НА  
ЛОКАЛИТЕТ КАЛЕ БИТОЛА

**SHM-3** Novak JOKSIMOVIĆ, Ljiljana BRAJOVIĆ 951  
CHALLENGES AND POTENTIAL OF FIBER OPTIC SENSORS FOR  
STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF BRIDGES: A REVIEW

**SHM-4** Mirjana LABAN, Sandra NEDELJKOVIĆ, Željko ŽUGIĆ, Miloš KNEŽEVIĆ 962  
POST DISASTER NEEDS ASSESSEMENT METHODOLOGY

**SHM-5** Riste VOLCHEV, Nikola POSTOLOV, Koce TODOROV, Ljupcho LAZAROV 973  
OVERVIEW OF THE DAMAGES TO THE AQUEDUCT IN SKOPJE

**MMT**\* *MODERN MATERIALS AND  
TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT*

**MMT-1** Hassan AWADAT SALEM 982  
DEVELOPMENT OF PAVEMENT TEMPERATURE REGRESSION  
MODELS AT BRAK, LIBYA

**MMT-2** Olivera BUKVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Marijana SERDAR, 990  
Suzana DRAGANIĆ, Vlastimir RADONJANIN  
FEASIBILITY OF USING SUNFLOWER HUSK ASH AS AN  
ALTERNATIVE ACTIVATOR FOR ALKALI-ACTIVATED SLAG

**MMT-3** Vesna BULATOVIĆ, Tiana MILOVIĆ, Anka STARČEV-ĆURČIN 998  
EVALUATION OF SULFATE RESISTANCE OF CONCRETE WITH  
RCA THROUGH LENGTH CHANGE AND THERMAL ANALYSIS

---

\* in alphabetic order of the first author's surname

<b><u>MMT-4</u></b>	Radovan CVETKOVIĆ, Stefan CONIĆ, Dragoslav STOJIĆ, Nemanja MARKOVIĆ <b>COMPOSITE STRUCTURES TYPE OF CROSS LAMINATED TIMBER AND CONCRETE</b>	<b>1006</b>
<b><u>MMT-5</u></b>	Ksenija JANKOVIĆ, Dragan BOJOVIĆ, Marko STOJANOVIĆ, Anja TERZIĆ, Srboljub STANKOVIĆ <b>THE PROPERTIES OF HEAVYWEIGHT SELF-COMPACTING CONCRETE ON WATER PENETRATION UNDER PRESSURE</b>	<b>1014</b>
<b><u>MMT-6</u></b>	Milica JOVANOSKA-MITREVSKA, Todorka SAMARDZIOSKA, Aleksandar MILENKOVIC, Danica BOLJEVIC <b>METAMATERIAL-BASED LIGHTWEIGHT DOUBLE WALL FOR LOW FREQUENCY NOISE REDUCTION</b> Милица ЈОВАНОСКА-МИТРЕВСКА, Тодорка САМАРЏИОСКА, Александар МИЛЕНКОВИЌ, Даница БОЉЕВИЌ <b>ЛЕСЕН ДВОСЛОЕН СИД СО ЗГОЛЕМЕНА ЗВУЧНА ИЗОЛАЦИЈА ВО НИСКОТО ФРЕКВЕНТНО ПОДРАЧЈЕ ПРОЕКТИРАН ВРЗ ОСНОВА НА КОНЦЕПТОТ НА МЕТАМАТЕРИЈАЛИ</b>	<b>1021</b>
<b><u>MMT-7</u></b>	Marija MIHAJLOVIĆ, Ljiljana STOŠIĆ MIHAJLOVIĆ <b>GREEN CONSTRUCTION AND GREEN CIRCULAR ECONOMY</b>	<b>1031</b>
<b><u>MMT-8</u></b>	Tiana MILOVIĆ, Mirjana MALEŠEV, Ivan LUKIĆ, Vesna BULATOVIĆ, Vlastimir RADONJANIN <b>MECHANICAL, PHYSICAL AND DEFORMATION PROPERTIES OF REPAIR CEMENT-BASED MORTARS CONTAINING ZEOLITE</b>	<b>1042</b>
<b><u>MMT-9</u></b>	Stefan Ž. MITROVIĆ, Ivan IGNJATOVIĆ <b>HARDENED PROPERTIES OF 3D PRINTED CONCRETE – EXPERIMENTAL INVESTIGATION</b>	<b>1052</b>
<b><u>MMT-10</u></b>	Mihail NAUMOVSKI, Marijana LAZAREVSKA <b>ENVIRONMENT AS AN ASPECT OF LIFE CYCLE ASSESSMENT ANALYSIS TOWARDS SUSTAINABLE BUILDINGS</b>	<b>1065</b>
<b><u>MMT-11</u></b>	Marija PETROVA <b>REVIVING VERTICAL LIVING: DEVELOPMENT OF RESIDENTIAL TOWERS IN MACEDONIAN CITIES</b> Марија ПЕТРОВА <b>ЗАЖИВУВАЊЕ НА ДОМУВАЊЕТО ВО ВЕРТИКАЛА: РАЗВОЈОТ НА СТАНБЕНИТЕ КУЛИ ВО МАКЕДОНСКИТЕ ГРАДОВИ</b>	<b>1075</b>
<b><u>MMT-12</u></b>	Goce PRANGOVSKI, Suzana ARANGJELOVSKA, Nikola TRPESKI, Marija MENCHEVSKA, Gjorgji GOSHEV <b>INFLUENCE OF WASTE ASH FROM COMBUSTED WOOD BIOMASS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE</b> Гоце ПРАНГОВСКИ, Сузана АРАНЃЕЛОВСКА, Никола ТРПЕСКИ, Марија МЕНЧЕВСКА, Ѓорѓи ГОШЕВ <b>ВЛИЈАНИЕ НА ПЕПЕЛ ОД СОГОРЕНА ДРВЕНА БИОМАСА ВРЗ ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОН</b>	<b>1087</b>

- MMT-13** Adriana SALLES, Rand ASKAR, Camila CERVANTES, Luis BRAGANÇA, Meri CVETKOVSKA  
**CREATING A ROADMAP TOWARDS CIRCULARITY IN THE BUILT ENVIRONMENT** 1096
- MMT-14** Todorka SAMARDZIOSKA, Andrea VELKOVA, Ivan NAUMOVSKI  
**THERMAL PROPERTIES OF SUSTAINABLE CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH STRAW** 1109  
Тодорка САМАРЦИОСКА, Андреа ВЕЛКОВА, Иван НАУМОВСКИ  
**ТОПЛИНСКИ СВОЈСТВА НА ОДРЖЛИВИ ЦЕМЕНТНИ КОМПОЗИТИ СО СЛАМА**
- MMT-15** Dragana STANOJEVIĆ, Vladimir MUČENSKI, Milena SENJAK PEJIĆ, Mirjana TERZIĆ, Panta KRSTIĆ  
**ANALYSIS OF CARBON FOOTPRINT IN CERTAIN PHASES OF THE CONSTRUCTION PROJECT** 1119
- MMT-16** Irina STEFANOVSKA  
**STIMULATED AUTOGENOUS SELF-HEALING OF CEMENT MATERIALS USING FLY ASH AND CRYSTAL FORMING ADDITIVES** 1127  
Ирина СТЕФАНОВСКА  
**СТИМУЛИРАНО АВТОГЕНО САМО-ЗАЛЕКУВАЊЕ НА ЦЕМЕНТНИ МАТЕРИЈАЛИ СО ПРИМЕНА НА ЛЕТЕЧКА ПЕПЕЛ И КРИСТАЛО-ОБРАЗУВАЧКИ АДТИВИ**
- MMT-17** Stojanche STOJANOV, Ljubomir TRAJCHEV  
**WATERPROOFING OF CONCRETE BRIDGES WITH POLYMER-MODIFIED BITUMINOUS MEMBRANES** 1137  
Стојанче СТОЈАНОВ, Љубомир ТРАЈЧЕВ  
**ХИДРОИЗОЛАЦИЈА НА БЕТОНСКИ МОСТОВИ СО ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРАНИ БИТУМЕНСКИ ЛЕНТИ**
- MMT-18** Marko STOJANOVIĆ, Lana ANTIĆ ARANĐELOVIĆ, Dragan BOJOVIĆ, Ksenija JANKOVIĆ  
**THE INFLUENCE OF STEEL FIBERS OBTAINED BY RECYCLING WASTE TIRES ON THE PROPERTIES OF CONCRETE** 1145
- MMT-19** Milica STOJKOVIĆ, Marina AŠKRABIĆ, Aleksandar RADEVIĆ, Aleksandar SAVIĆ, Dimitrije ZAKIĆ  
**SOLIDIFIED WASTE WATER TREATED SLUDGE AS PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT IN CONCRETE COMPOSITES** 1151
- MMT-20** Slobodan ŠUPIĆ, Gordana BROČETA, Mirjana MALEŠEV, Anđelko CUMBO, Vladan PANTIĆ, Ivan LUKIĆ, Marina LATINOVIĆ  
**DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CORN COB ASH BLENDED CEMENT MORTAR** 1161
- MMT-21** Arta SYLEJMANI, Ivana BANJAD PEČUR, Bojan MILOVANOVIĆ  
**PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF EXPANDED POLYSTYRENE INSULATION AND ITS USE IN BUILDINGS** 1170

**MMT-22** Anja TERZIĆ, Ksenija JANKOVIĆ 1183  
**THE DESIGN OF CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH  
ADVANCED THERMAL PROPERTIES**

**BIM**\* ***BIM TECHNOLOGIES IN STRUCTURAL  
ENGINEERING***

**BIM-1** Roberta APOSTOLSKA, Lars ABRAHAMCZYK, Ruediger HÖFFER, 1189  
Davorin PENAVA, Nuno LOPES, Uwe KAHLER, Mahsa MIRBOLAND,  
Peshawa. L. HASAN, Filip MANOJLOVSKI  
**EDUCATIONAL NETWORK FOR VIRTUAL LABORATORY  
EXPERIMENTS IN STRUCTURAL ENGINEERING**

**BIM-2** Sonja CHEREPNALKOVSKA, Dijana LIKAR 1197  
**DIGITALIZATION IN CONSTRUCTION -BIM TECHNOLOGY**  
Соња ЧЕРЕПНАЛКОВСКА, Дијана ЛИКАР  
**ДИГИТАЛИЗАЦИЈА ВО ГРАДЕЖНИШТВОТО-  
БИМ ТЕХНОЛОГИЈА**

**BIM-3** Liljana DIMEVSKA SOFRONIEVSKA, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, 1205  
Meri CVETKOVSKA, Bojan KARANAKOV, Dobre NIKOLOVSKI  
**THE IMPORTANCE OF COMPUTER SOFTWARE IN BUILDINGS'  
ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS**  
Лилјана ДИМЕВСКА СОФРОНИЕВСКА, Ана ТРОМБЕВА  
ГАВРИЛОСКА, Мери ЦВЕТКОВСКА, Бојан КАРАНАКОВ, Добре  
НИКОЛОВСКИ  
**ЗНАЧЕЊЕТО НА КОМПЈУТЕРСКИТЕ СОФТВЕРИ ВО  
АНАЛИЗАТА НА ЕНЕРГЕТСКИ ПЕРФОРМАНСИ НА ЗГРАДИ**

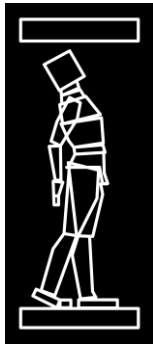
**BIM-4** Angel MAČEVSKI, Dušan ROŽIČ, Milan KUHTA 1215  
**PARAMETRIC BIM WORKFLOW FOR BRIDGE DESIGN**  
Ангел МАЧЕВСКИ, Душан РОЖИЧ, Милан КУХТА  
**ПАРАМЕТРИЧЕН БИМ РАБОТЕН ТОК ЗА  
ПРОЕКТИРАЊЕ МОСТОВИ**

**BIM-5** Teodora PANAJOTOVIKJ, Silviya PETRESKA, Boban BOJCHEVSKI, 1225  
Boris TASEVSKI  
**IMPLEMENTATION OF 3D MODELING (BIM) FROM  
DESIGN TO EXECUTION**  
Теодора ПАНАЈОТОВИЌ, Силвија ПЕТРЕСКА, Бобан БОЈЧЕВСКИ,  
Борис ТАСЕВСКИ  
**ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА 3D МОДЕЛИРАЊЕ (BIM) ОД ФАЗА НА  
ПРОЕКТИРАЊЕ ДО ИЗВЕДБА**

**BIM-6** Aleksandar PETROVSKI, Aleksandar ANDJELKOVIC, 1231  
Roman RABENSEFIER, Norbert HARMATHY  
**COMPARISON OF TOOLS FOR SUSTAINABLE BUILDINGS'  
DESIGN OPTIMIZATION**

---

\* in alphabetic order of the first author's surname



**ДГКМ**  
ДРУШТВО НА  
ГРАДЕЖНИТЕ  
КОНСТРУКТОРИ НА  
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,  
П. Фах 560, 1000 Скопје  
Северна Македонија

**MASE**  
MACEDONIAN  
ASSOCIATION OF  
STRUCTURAL  
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,  
P. Box 560, 1000 Skopje  
North Macedonia

**NES-32**



mase@gf.ukim.edu.mk  
<http://mase.gf.ukim.edu.mk>

## НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛ ВО СКЛОП НА РУДНИКОТ ТОРАНИЦА

Златко ЗАФИРОВСКИ<sup>1</sup>, Васко ГАЦЕВСКИ<sup>1</sup>, Ивона НЕДЕВСКА<sup>1</sup>, Ристе РИСТОВ<sup>1</sup>,  
Слободан ОГЃЕНОВИЌ<sup>1</sup>, Бојан СУСИНОВ<sup>1</sup>, Сеад АБАЗИ<sup>1</sup>

### АПСТРАКТ

Хидротехничките тунели служат за да ја насочат водата. Подобро е да се градат во правец, бидејќи така би добиле најкратко решение за да се поврземе со акумулацијата, но секако има исклучоци, и ако условите не го дозволуваат тој правец, би имале тунел со кривини. Големината на овие тунели, како и нивниот попречен пресек зависат од некои фактори, како што е количината на проток на вода низ тунелот, метод на градење, внатрешниот притисок, геолошките услови и сл. Најчесто попречниот пресек е кружен и потковичест кај овој тип на тунели. За тунели со внатрешен притисок идеален пресек е кружниот, додека пак за гравитациони тунели најдобро е да се употреби пресек во форма на потковица.

Во овој труд е претставена конструктивна анализа и пресметка на подградбите на тунелот, изведена е нумеричка анализа со која е определена напонско-деформациската состојба на карпестите маси од каде ќе се добијат статички големини потребни за димензионирање на пресеците. Проблемот на напонско-деформациската состојба е моделиран со примена на софтвер базиран на МКЕ, преку дводимензионална анализа на рамнинската состојба на деформации каде површинските слоеви како континуирана средина се апроксимирани со Mohr-Coulomb-ов материјален модел, додека за карпестата средина во која се избива тунелот е користен моделот на Hoek-Brown. За армирано-бетонските пресеци е применет линеарно еластичен модел.

**Клучни зборови:** хидротехнички тунел; конструктивна анализа; напонско-деформациона состојба; МКЕ;

---

<sup>1</sup> Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Северна Македонија

Автор за контакт: Златко ЗАФИРОВСКИ, e-mail: [zafirovski@gf.ukim.edu.mk](mailto:zafirovski@gf.ukim.edu.mk)

## 1. ВОВЕД

Пренасочувањето на водите од Крива Река се врши преку постоечки одводен девијационен тунел, кој се наоѓа во левиот бок од нејзината долина, трасиран со три кривини (две се наоѓаат после влезот на тунелот, а третата пред излезот на тунелот).

Влезниот дел од тунелот е направен така што ќе се овозможи полесно канализирање на надојдената вода од реката, односно смирување и насочување на водата кон тунелската цевка. Излезниот дел е со трапезен облик и со преливен праг со што се намалува ерозивното дејство на водата.

Хидројаловиштето Тораница, со јаловишната брана и таложното езеро се наоѓаат во непосредна близина на Крива Паланка, на апроксимативна оддалеченост од 15 km, и се формирани за потребите на работата на рудникот Тораница.



Сл. 1. Локација на хидројаловиште – опточен девијационен тунел

За потребите на новото хидројаловиште бр 2. (Тораница 2) предвиден е нов обиколен тунел (преливен за Крива река) кој се наоѓа во левиот бок. Новиот тунел претставува продолжение на постоечкиот, односно истиот започнува на km. 0+800,00 (спој со постоечкиот тунел) и завршува во индустрискиот зафат на km. 1+475,05. Вкупната должина на тунелот изнесува 675 m, од кои 592 m подземен дел и 83 m излезна градба (брзотек, слапиште и ризберма). Дијаметарот на светлиот отвор изнесува 2,6 m, а надолжниот наклон изнесува 4,60 %.

## 2. ИНЖЕНЕРСКО ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ

Преградното место на основа на претхоните картирања и истражни дупчења изградено е од старопалеозојски творевини, албитизирани кварц-хлоритски шкрилци со пробои на кварц-латити. Овие карпести маси во долината на Крива Река се препокриени со дебел алувијално-пролувијален нанос.

### 2.1. Геоморфолошки карактеристики

Трасата на обиколниот тунел за јаловиште бр.2 е лоцирана на левата долинска страна, и всушност претставува продолжен дел на досегашниот обиколен тунел за јаловиште бр.1. Ситуационо, оддалеченоста од падината е најмала во излезниот дел (до самата река), а најголема на почетокот на обиколниот тунел за јаловиште бр.2 (околу 160 m). Од површината на теренот, чија линија е

со различни наклони (најстрм наклон со  $40^\circ$  во зона на иницијална брана околу km. 0+330), дебелината на надслојот е исто така променлива, од околу 16,5 m (почетен дел), до околу 61 m (во зона на иницијалната брана), што е битно при третирањето на т.н. „геолошки товар“ во пресметките.

## 2.2. Тектонски карактеристики

Карактерот на самата речна долина на Крива Река, бочните длабоки долови, состојбата и меѓусебните односи на карпестите маси очигледно укажуваат на интензивна тектонска активност на подрачјето како и на самата истражувана локација. Од погоре изнесеното се воочува дека предметната локација се наоѓа во зона на тектонски јазол помеѓу Каменичко-Криворечката, односно Каменичко-Тораничката и напречните дислокации, односно раседни структури, накое во непосредна близина и пошироко се надоврзуваат и магматските изливи од поново геолошко време (палеоген) претставени со кварцлатити. Сепак, треба да се напомене дека набележаните индикации на терен пред сè во констатираните раседни зони укажуваат на неактивни руптурни структури во денешно време.

## 2.3. Литолошки состав на теренот

Основата на теренот во зоната на трасата на обиколниот тунел е препокриена со делувиялни наслаги со проценета дебелина 0,5-2,0 m. Изданоци на основната карпеста маса ретко се забележани по површината, освен кај засекогаш за локален пат од десна страна на речната долина (зона во близина на геофизички профил 4), со што во голема мера се усложнети условите за проценка на состојбата на основната карпа. Од овој засек и истражниот раскоп на крајот од обиколниот тунел ИР-3, на длабина 1,3 m е дојдено до основна карпа албит – кварц - мусковитски шкрилец. Од почетокот на обиколниот тунел паралелно на иницијалната брана под овој делувиялен надслој со слична моќност се очекуваат карпи од типот на гнајсеви. Делувиумот е изграден од дробина, незначително прашинеста и заглинета, средно збиена, по боја кафејава. Под истиот се очекува зона на физичко-хемиски изменети гнајсеви или шкрилци кои се доста испукани, на места до здробени, со издвоеност во „m“ блокови.

## 2.4. Хидрогеолошки карактеристики

Нивелетата на тунелот во целост е проектирана над евентуалното максимално ниво на подземните води, така да навлегување во издански зони при ископот нема можност да се случи. Единствено е можна појава на влажење и капење долж евентуални раседи и позначајната испуканост во поедини зони при влажни периоди. Ова укажува на поволни Х.Г. услови на третирањето на терен, што важи и за излезниот дел на тунелот, каде со регулација на речното корито можат да се создадат поволни услови за одведување на водите.

## 3. ГЕОТЕХНИЧКИ ПАРАМЕТРИ

Тунелот во најголем дел е планирано да се избие во карпести маси на албит- епидот-хлоритските шкрилци. Карпите во зоната на тунелот се проценети како полукаменити, кон површината тектонски испукани. За понатамошните пресметки, како вредности за физичко-механичките и јакостно-деформабилните параметри на застапените материјали се усвоени и дадени во табела број 1:

Тунелот ќе биде обложен со константна дебелина на облогата од армиран бетон од 30 cm.

Карактеристиките на бетонот се следните:

Волуменска тежина  $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Марка на бетон (класа) МБ30 (С25/30)

Модул на еластичност  $E = 3,15 \cdot 10^7 \text{ kPa}$

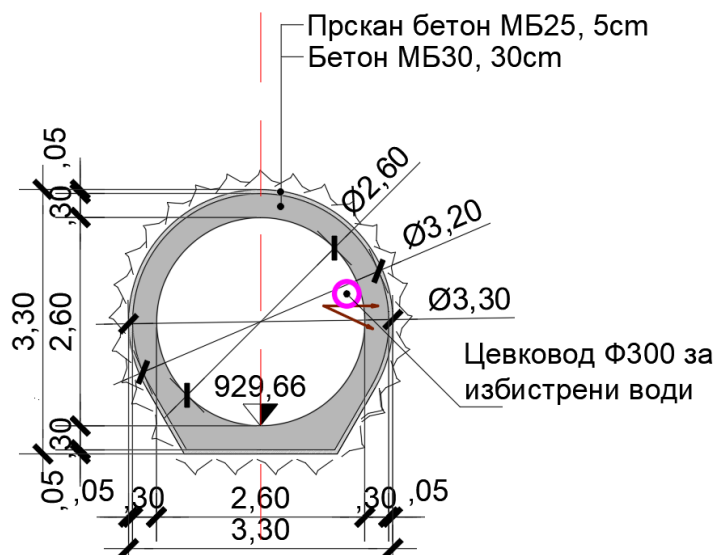
Поасонов коефициент  $\nu=0,2$ .

Табела 1. Усвоени параметри на материјалите

Параметар	PPRDRd/GM	Sep'	Sep
Материјален модел	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Hoek-Brown
Услови	Дренирани	Дренирани	Дренирани
Волуменска тежина [kN/m <sup>3</sup> ]	24	25	26
Кохезија [kPa]	50	180	
Агол на внатрешно триење [o]	30	30	
Модул на еластичност E' [kPa]	100000	400000	
Поасонов коефициент [I]	0,25	0,25	0,25
$\sigma_c$ [MPa]			30
GSI [I]			30
$m_i$ [I]			8
D [I]			0,7
E <sub>i</sub> [kPa]			12320000
E <sub>rm</sub> [kPa]			1048525

#### 4. НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА И РЕЗУЛТАТИ

За да се изврши конструктивна анализа и пресметка на подградбите на тунелот, изведена е нумеричка анализа со која е определена напонско-деформациската состојба на карпестите маси, од каде ќе се добијат статички големини потребни за димензионирање на пресеците. проблемот на напонско-деформациската состојба е моделиран со примена на софтвер, базиран на МКЕ, преку дводимензионална анализа на рамнинската состојба на деформации каде површинските слоеви како континуирана средина се апроксимирани со Mohr-Coulomb-ов материјален модел, додека за карпестата средина во која се избива тунелот е користен моделот на Hoek-Brown. За армирано-бетонските пресеци е применет линеарно еластичен модел.



Сл. 2. Локација на хидројаловиште – опточен девијационен тунел

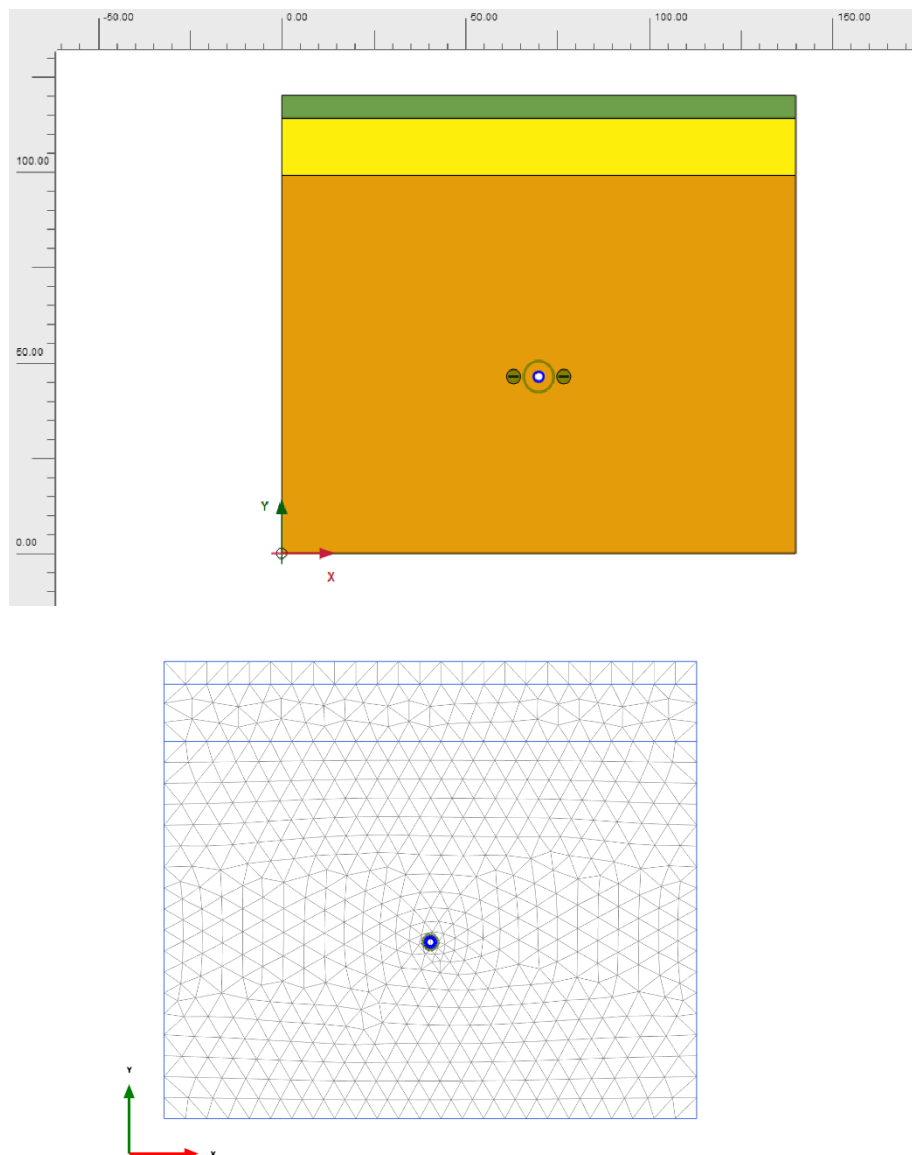
За потреби на анализата, најпрво се дефинира геометријата на моделот во попречен пресек. Анализата е спроведена за еден карактеристичен попречен пресек за највисоко вертикално оптоварување од надслој и тоа во услови на статички и сеизмички влијанија:

- Товарна комбинација 1: Сопствена тежина на подградбата + вертикален притисок од карпестата маса + хоризонтален притисок од карпестата маса и

- Товарна комбинација 2: Сопствена тежина на подградбата + вертикален притисок од карпестата маса + хоризонтален притисок од карпестата маса + влијание од земјотрес како псеудостатичка пресметка.

Со помош на нумеричкиот модел се определени напрегања на околната средина кои делуваат врз подградбата, а од нив понатаму се контролираат статичките големини во пресеците: нападни моменти, аксијална и трансверзална сила. Исто така, пресметани се и вкупните поместувања, односно деформациите, со што се добива целосна слика за состојбата на ископот и тунелската облога.

Кај овој карактеристичен профил надслојот има висина од 83,3 m, составен од површински слој од песокливо - прашинеста дробина (PPRDRd/GM) со моќност од 6,0 m, тектонски испукани, наместа меки и трошни, албит-епидот-хлоритските шкрилци (Sep') со моќност од 15,0 m и албит-епидот-хлоритските шкрилци (Sep) со моќност од 52,3 m. На следните слики е прикажана геометријата на нумеричкиот модел, како и дискретизацијата со конечни елементи.



Сл. 3. Пресметковен модел на карактеристичен профил со конечни елементи

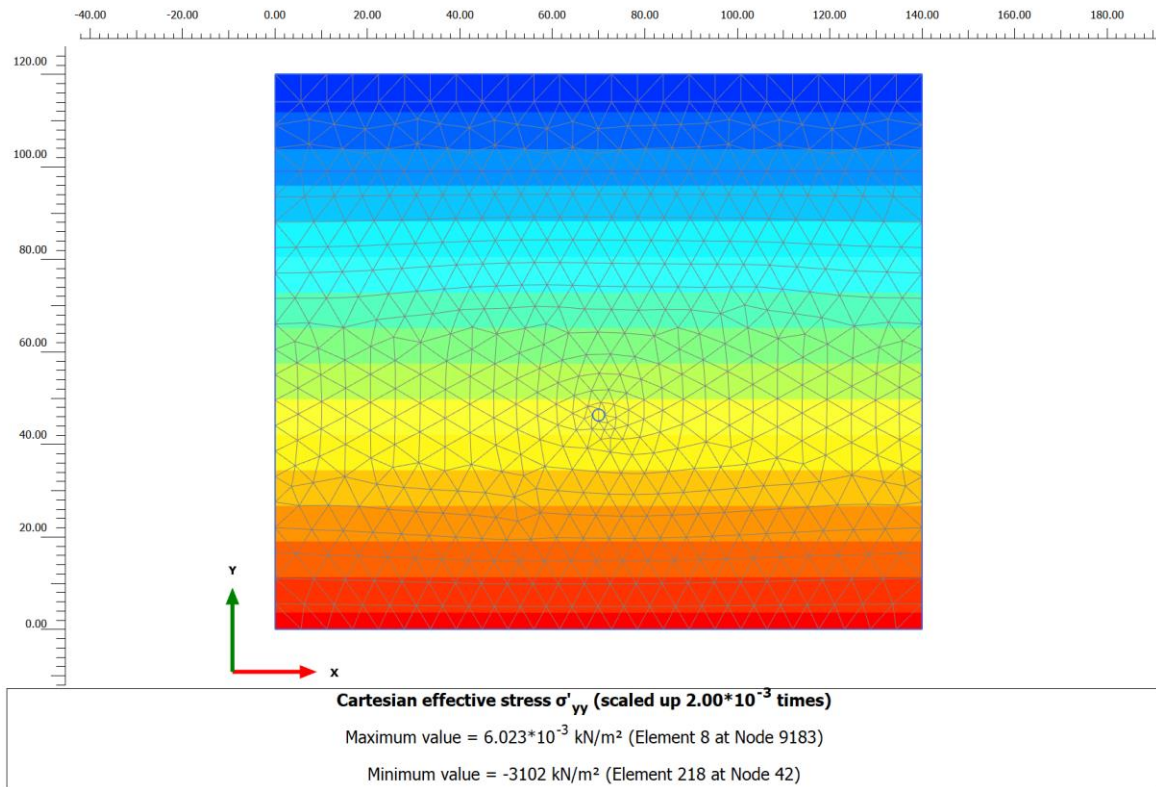
Нумеричката анализа е направена за неколку фази:

- Фаза 1: иницијална состојба на напрегања во масивот пред градба;
- Фаза 2: ископ на тунелот и изведба на бетонска облога и

- Фаза 3: псеудо-статичка анализа на состојбата од фаза 2.

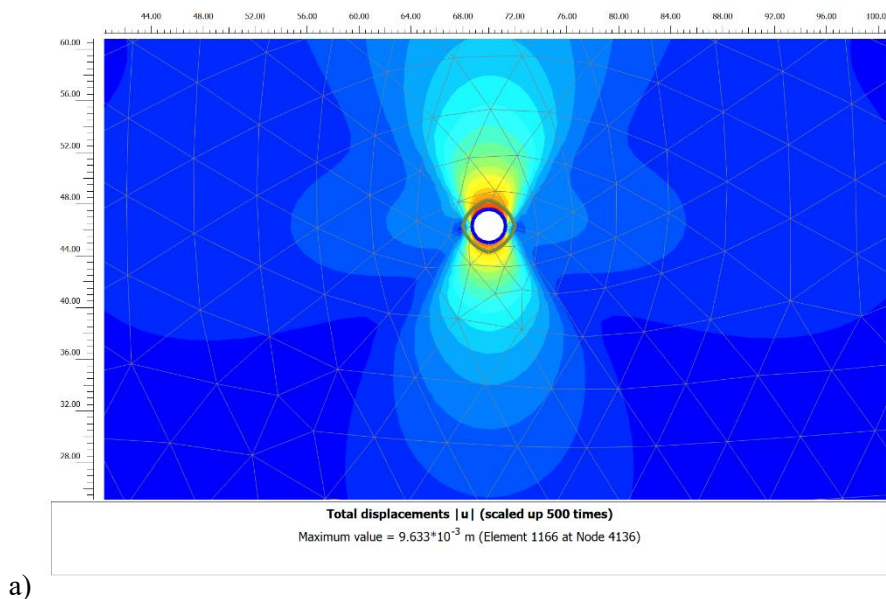
Сеизмичката сила во анализата е земена преку коефициенти на сеизмичко забрзување во хоризонтален правец  $a_x=0,15(g)$  и во вертикален правец  $a_y=0,075(g)$ .

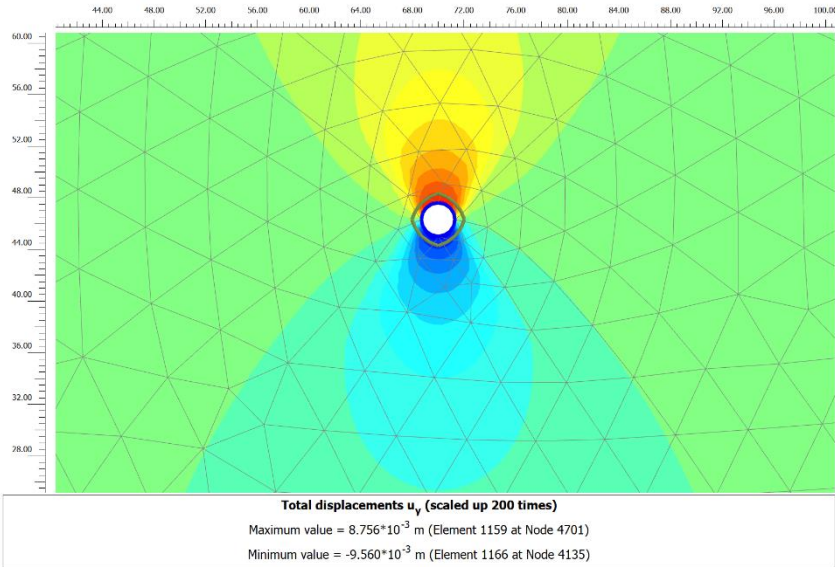
Иницијалната состојба на напрегања е симулирана во првата фаза во која се добиени ефективни нормални напрегања од 3102 kPa, а во зоната на тунелот истите се движат околу 2000 kPa.



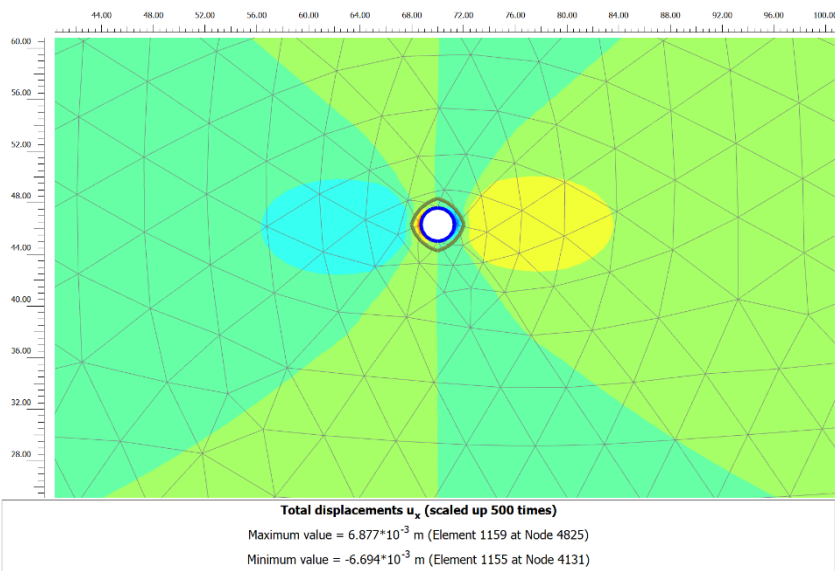
Сл. 4. Иницијална состојба на напрегања во околната средина

Во продолжение се дадени резултатите од анализата во статички и сеизмички услови, а се однесуваат на деформациите на околната карпеста маса, деформациите на подградбата, вертикалните и хоризонталните напрегања, како и напрегањата на смолкнување.



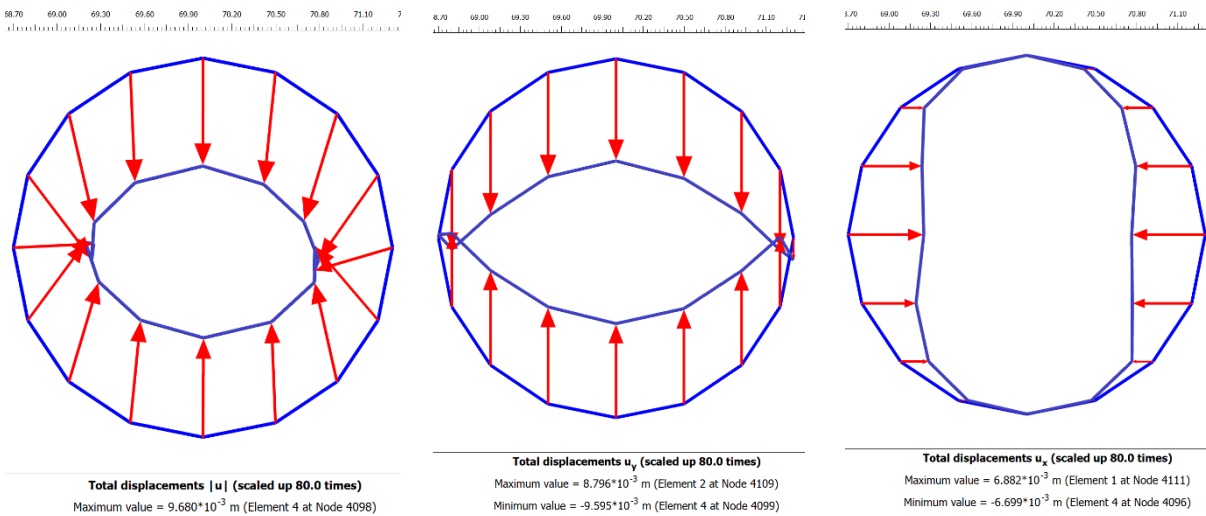


б)



в)

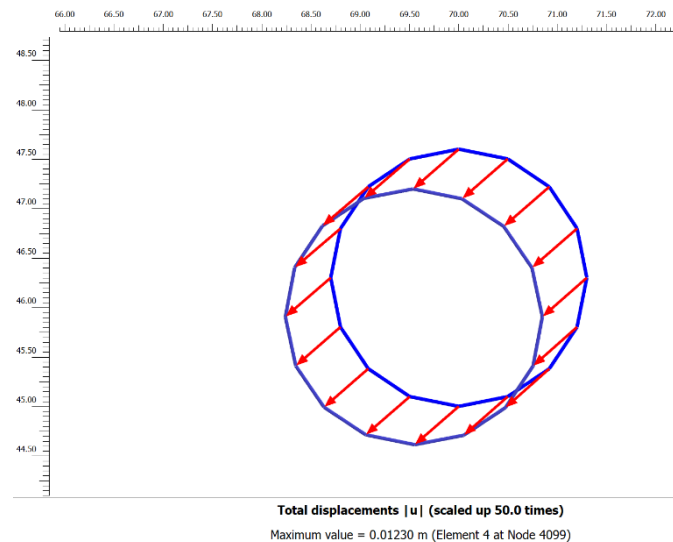
Сл. 5. а) Вкупни, б) вертикални и в) хоризонтални деформации во околната средина во статички услови



Сл. 6. а) Вкупни, б) вертикални и в) хоризонтални деформации во облогата средина во статички услови

Максималните деформации во околната средина се јавуваат непосредно околу ископот на тунелот.

Вкупните деформации во околната средина изнесуваат 9,63 mm, вертикалните 9,56 mm, додека хоризонталните 6,69 mm. Овие деформации се очекува да се реализираат при самото пробивање на тунелскиот отвор.



Сл. 7. Вкупни деформации на тунелската облога (сеизмички услови)

## 5. ЗАКЛУЧОК

Нумеричките модели претставуваат важна „алатка“ за проектирање на тунелските конструкции, и денес Методот на Конечни Елементи широко се применува при пресметка на деформациите на тунелските облоги, состојбата на напрегања во карпата околу тунелскиот отвор, како и на статичките големини потребни за димензионирање на финалната тунелска облога. Сепак овие пресметки можат да дадат реални резултати само доколку избраниот конструктивен модел реално го одсликува однесувањето на материјалот. Програмскиот пакет (*Plaxis3D*) ги користи предностите во нелинеарните техники на конечни елементи и пластичното моделирање на почвени материјали и карпи за решавање на проблемите од стабилноста, капацитет на носивоста, ископ на подземни конструкции во фази и други геотехнички проблеми.

Во трудот јасно е покажана потребата од примена на нумеричките модели бидејќи многу лесно може да се процени и докаже стабилноста на тунелот и секако контролата на фазите на изградба која е од огромно значење.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jones B. (2022). *Soft Grounds Tunnel Design*, CRC Press.
- [2] Kovacelic J. (2014). *Savremeno Gradenje u podzemlju*, Beograd.
- [3] Maidl B., Thewes M., Maidl U. (2013). *Handbook of Tunnel Engineering – Volume I: Structures and Methods*, Wilhelm Ernst & Sohn.
- [4] Singh B and Goel R. (2006). *Tunneling in weak Rock*, Elsevier.
- [5] Whittaker BN. and Frith RC. (1990). *Tunnelling – Design, Stability and Construction*. Institution of Mining and Metallurgy, London, UK, pp. 43, 191–197, 229–250.
- [6] Љубодраг М. Савић (2009). *Увод у хидротехничке граѓевине*, друго издање, Београд.
- [7] Техничка документација за градба на хидројаловиште бр. 2 на рудникот Тораница – К. Паланка, Елаборат од геотехнички истражувања и испитувања, 2022 година.