

„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 , 28th - 29th , 2023

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

Proceedings
Зборник на трудови

20th **International**
ti **Symposium**
Меѓународен
симпозиум

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

**PROCEEDINGS
OF THE 20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
20TH 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 20th 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^{тиот} 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 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 26th 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

**20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023
20^{mu} МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ
СКОПЈЕ, 28 – 29 СЕПТЕМВРИ 2023**

20th International Symposium of MASE was organized by:

20^{mu}от Симпозиум е организиран од:

MACEDONIAN ASSOCIATION OF STRUCTURAL ENGINEERS
ДРУШТВО НА ГРАДЕЖНИ КОНСТРУКТОРИ НА МАКЕДОНИЈА

under the auspices of:

под покровителство на:

MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS OF REPUBLIC
OF NORTH MACEDONIA
МИНИСТЕРСТВО ЗА ТРАНСПОРТ И ВРСКИ НА РЕПУБЛИКА
СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

20th International Symposium of MASE was co-organized and supported by (in alphabetic order):

20^{mu}от Симпозиум е коорганизиран и поддржан од (по азбучен редослед):

CHAMBER OF CERTIFIED ARCHITECTS AND CERTIFIED ENGINEERS
OF R.N.M. - Skopje
КОМОРА НА ОВЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И ОВЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ
НА Р.С.М. - Скопје

ENGINEERING INSTITUTION OF MACEDONIA
ИНЖЕНЕРСКА ИНСТИТУЦИЈА НА МАКЕДОНИЈА

FACULTY OF ARCHITECTURE, UKIM - Skopje
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UKIM - Skopje
ГРАДЕЖЕН ФАКУЛТЕТ, УКИМ - Скопје

INSTITUTE FOR EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING
SEISMOLOGY, UKIM - Skopje
ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО И ИНЖЕНЕРСКА
СЕЙЗМОЛОГИЈА, УКИМ - Скопје

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL
ENGINEERING - Macedonian national group
МЕЃУНАРОДНА АСОЦИЈАЦИЈА ЗА МОСТОВИ И КОНСТРУКТЕРСКО
ИНЖЕНЕРСТВО - Македонска национална група

MACEDONIAN ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING
МАКЕДОНСКА АСОЦИЈАЦИЈА ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО

PUBLIC ENTERPRISE FOR STATE ROADS
ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ ЗА ДРЖАВНИ ПАТИШТА

PUBLIC ENTERPRISE FOR THE MAINTENANCE AND PROTECTION OF HIGHWAY
AND REGIONAL ROADS
ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ ЗА ОДРЖУВАЊЕ И ЗАШТИТА НА МАГИСТРАЛНИ

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*

20th International Symposium of MASE was sponsored by (each category in alphabetic order):
20^{тиот} 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:

DOJARAN 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

STOKUCA - Skopje, North Macedonia

СТОКУКА - 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

**20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
SKOPJE, 28 – 29 SEPTEMBER 2023
20^{ma} MEЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ
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
Ѓорѓе 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
20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MASE
ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
20th МЕЃУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ НА ДГКМ

CONTENTS
СОДРЖИНА

MA MASE AWARDS

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

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

* in alphabetic order of the first author's surname

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

RSC * *RESILIENT STRUCTURES AND CITIES*

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

* in alphabetic order of the first author's surname

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

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

NES * *NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF STRUCTURES*

<u>NES-1</u>	Aleksandra CHUBRINOVSKA, Denis POPOVSKI, Mile PARTIKOV 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	332
<u>NES-2</u>	Anita GJUKAJ, Petar CVETANOVSKI, Ana TROMBEVA GAVRILOSKA NUMERICAL ANALYSIS OF EXTENDED END-PLATE BOLTED CONNECTION	346
<u>NES-3</u>	Vladimir GOCEVSKI EVALUATION OF HYDROELECTRIC POWERHOUSES FOUNDED ON ALKALI-AGGREGATE REACTION (AAR) AFFECTED CONCRETE	358
<u>NES-4</u>	Isidora JAKOVLJEVIĆ, Milan SPREMIĆ, Zlatko MARKOVIĆ CONCRETE MODELING IN FINITE ELEMENT PUSH-OUT TEST SIMULATIONS	372
<u>NES-5</u>	Dejan JANEV, Toni ARANGJELOVSKI, Darko NAKOV, Goran MARKOVSKI, Peter MARK 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	382
<u>NES-6</u>	Lisa JUSUFI, Lert TARAVARI, Borjan PETRESKI INVESTIGATING THE PROBABILISTIC SEISMIC RISK ASSESSMENT PRINCIPLES THROUGH A TYPICAL CASE STUDY	395
<u>NES-7</u>	Konstantin KAZAKOV, Lena MIHOVA, Doncho PARTOV INTERPRETATION OF BURIED ARCH BRIDGE RESPONSE TO SEISMIC IMPACT	405
<u>NES-8</u>	Toni KITANOVSKI, Vlatko SHESOV, Julijana BOJADJIEVA, Kemal EDIP, Dejan IVANOVSKI EFFECTS OF PRE-EXISTING CYCLIC LOADING ON TRIAXIAL MONOTONIC BEHAVIOR	413
<u>NES-9</u>	Ivan LUKAČEVIĆ, Ivan ĆURKOVIĆ, Andrea RAJIĆ, Vlaho ŽUVELEK BENDING RESISTANCE OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE FLOOR SYSTEM MADE OF BUILT-UP COLD-FORMED STEEL ELEMENTS	421

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

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

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

CM*

CONTEMPORARY METHODS FOR STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION

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

* in alphabetic order of the first author's surname

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

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

* in alphabetic order of the first author's surname

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

* in alphabetic order of the first author's surname

<u>RDS-7</u>	Kaltrina SPAHIU CLAY IN BUILDING FACADES	927
---------------------	---	-----

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

<u>SHM-1</u>	Hassan AWADAT SALEM A COMPARATIVE STUDY ON THE METHODS OF MIXING THE MODIFIED ASPHALT	932
---------------------	---	-----

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

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

<u>SHM-4</u>	Mirjana LABAN, Sandra NEDELJKOVIĆ, Željko ŽUGIĆ, Miloš KNEŽEVIĆ POST DISASTER NEEDS ASSESSEMENT METHODOLOGY	962
---------------------	--	-----

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

MMT* *MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*

<u>MMT-1</u>	Hassan AWADAT SALEM DEVELOPMENT OF PAVEMENT TEMPERATURE REGRESSION MODELS AT BRAK, LIBYA	982
---------------------	--	-----

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

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

* in alphabetic order of the first author's surname

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

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

<u>MMT-22</u>	Anja TERZIĆ, Ksenija JANKOVIĆ THE DESIGN OF CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH ADVANCED THERMAL PROPERTIES	1183
----------------------	--	-------------

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

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

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

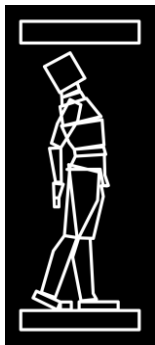
<u>BIM-3</u>	Liljana DIMEVSKA SOFRONIEVSKA, Ana TROMBEVA-GAVRILOSKA, Meri CVETKOVSKA, Bojan KARANAKOV, Dobre NIKOLOVSKI THE IMPORTANCE OF COMPUTER SOFTWARE IN BUILDINGS' ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS Лилјана ДИМЕВСКА СОФРОНИЕВСКА, Ана ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА, Мери ЦВЕТКОВСКА, Бојан КАРАНАКОВ, Добре НИКОЛОВСКИ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

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

<u>BIM-5</u>	Teodora PANAJOTOVIKJ, Silvija PETRESKA, Boban BOJCHEVSKI, 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	1225
---------------------	---	-------------

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

* 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-18



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

ЕВАЛУАЦИЈА НА ФАКТОРОТ НА ОДНЕСУВАЊЕ ЗА СПРЕГНАТИ МОМЕНТНИ РАМКИ СО НЕЛИНЕАРНА СТАТИЧКА АНАЛИЗА

Денис ПОПОВСКИ¹, Миле ПАРТИКОВ¹, Дитар МЕМЕДИ¹

АПСТРАКТ

Еден од основните параметри параметри за динамичка анализа на конструкциите според современите прописи за проектирање, е факторот на однесување, односно q -факторот. За различни типови на конфигурации на конструктивни системи и класа на дуктилност, во Еврокод 8 се предложени горни граници за овој параметар. Кога станува збор за спрегнатите моментни рамки, резултатите во оваа област се релативно ограничени.

Во овој труд, со методите на статичка нелинеарна анализа, извршена е евалуација на q -факторот за различни типови на конфигурации на спрегнати моментни рамки како и за челични моменти рамки. Определени се поединечните компоненти кои го сочинуваат факторот на однесување и нивните вариации се толкувани во зависност од конфигурацијата на рамката. Влијанието на специфични параметри, како што се: распонот и бројот на нивоа на рамката, бројот на бродови како и локалните карактеристики на елементите се анализирани. Геометриската и материјалната нелинеарност на спрегнатите греди е земена во предвид со концептот на дистрибуирана пластичност. Добиените резултати за спрегнатите рамки се споредени со добиените резултати од челичните моментни рамки.

Клучни зборови: Фактор на однесување; Спрегнати моментни рамки; нелинеарна статичка анализа;

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

Автор за контакт: Денис ПОПОВСКИ, e-mail: popovski@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

При анализа на конструкциите од влијание на сеизмичките динамички товари, една од главните тешкотии е да се опише однесувањето на системот надвор од еластичната област. Сеизмичките правилници, како што се: Еврокод 8[7], ASCE [11], итн., препорачуваат употреба на упростени методи, базирани на еластичната линеарна анализа. Философијата на третирање на конструкциите од влијание на сеизмичките инерцијални сили е заснована на следнава формулација: Сеизмичките сили добиени од еластичниот спектар на одговор се редуцираат на сметка на дисипативниот капацитет на конструкцијата. Со други зборови, дел од сеизмичките сили конструкцијата ги прима со еластично однесување, додека со преостанатиот дел од сеизмичката сила, конструкцијата се однесува нелинеарно. Во која мера конструкцијата може да се однесува линеарно (и нелинеарно, соодветно), во принцип зависи од многу параметри. Имено, сите параметри се акумулираат и (до одредена мера на прецизност) се опишуваат со q –факторот. За да се димензионира конструкцијата за гранични состојби, со земање предвид на нелинеарните карактеристики, се користат препорачаните вредности на овој фактор кои се приложени во Еврокод 8[14], Табела 6.2. Табеларните вредности за q –факторот се дадени за челичните рамки, а за ефектите што произлегуваат од спрегнатите греди нема дополнителни одредби. Исто така, табеларните вредности за q –факторот не го изразуваат секогаш глобалниот и локалниот дисипативен капацитет на конструкцијата. Како можна причина се наведува занемарувањето на димензиите на конструктивните елементи (висината, должината), распонот на рамките, типот на врската греда-столб, периодата на сопствените осцилации, прекумерната јакост, чувствителноста на системот на странични поместувања, капацитетот на ротација на критичните пластични зглобови. Во овој труд, при анализата и квантификацијата на q –факторот предвид се земени следниве параметри: бројот на нивоата и распонот на рамката; соодносот на капацитетот на „столбовите/гредите“ (критериумот за „јаки столбови/слаби греди“); пластичниот капацитет на ротација на столбовите; соодносот на постојаните со променливите товари. Ваквиот принцип се употребува при анализа како на спрегнатите, така и на чисточеличните моментни рамки. Добиените вредности се споредени со препорачаните од страна на Еврокод 8, така што и можните последици од ваквиот избор на q –факторот се предмет на дискусија.

2. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ФАКТОРОТ НА ОДНЕСУВАЊЕ

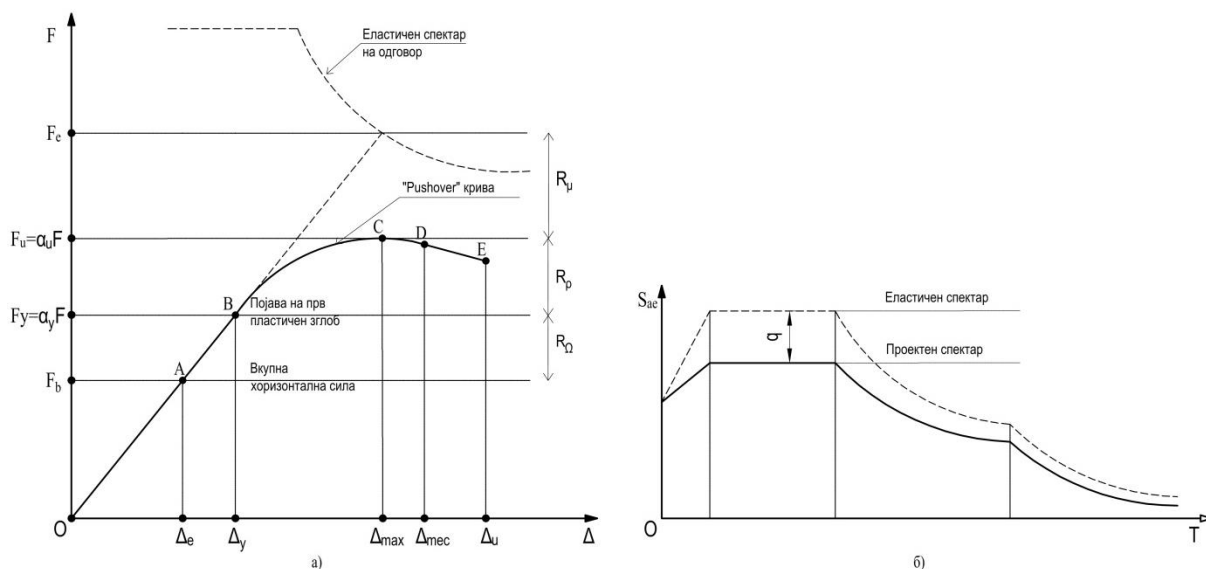
Како што беше нагласено, за да се определи q –факторот - како за чисточеличните, така и за спрегнатите рамки - спроведена е Pushover-анализа, со монотонно инкрементално зголемување на еквивалентната сеизмичка хоризонтална сила, со тоа што гравитационите товари (во сеизмичката комбинација) се константно присутни во текот на целата постапка. Во овој труд, хоризонталниот товар е нанесен со триаголен облик, додека анализата е спроведена со софтверскиот пакет SeismoStruct 2018. Сегментот ограничен со точките О-В го опишува линеарно-еластичното однесување, сè до граница на појава на првиот пластичен зглоб (точка В). Соодветното поместување при појава на првиот пластичен зглоб е означен со Δ_y , го означува почетокот на втората фаза на монотонно растечката крива $F - \Delta$. Овој дел од кривата се генерира како резултат на пластичниот капацитет за редистрибуција на влијанијата, сè до достигнување ултимативна состојба (точка С), при соодветно поместување Δ_{max} . Делот разграничен со кривата С-Е се нарекува платно на омекнување и истиот се дели на два дела. Првиот дел настанува како резултат на понатамошниот развој на пластичните зглобови, сè до преминување на механизам (Δ_{mech}). Оваа точка го иницира последниот чекор на кривата $F - \Delta$ кој е означен со D-E. Платото D-E е во зависност од типот на механизмот на лом и од интензитетот на вертикалните товари. За да се определи q -факторот, во овој труд се користи формулацијата според [1].

q –факторот се определува како производ на трите параметри кои се должни за динамичкото однесување на одреден конструктивен систем, односно:

- R_Ω –Проектната резервна носивост;
- R_ρ – Прекумерната јакост;

- R_μ – Факторот на дуктилност.

Во продолжение, прикажано е протегањето на границите за овие параметри.



Сл 1. а) Приказ на составните параметри на q – факторот во ниво на Pushover-кривата [10], б) Еластичен спектар на одговор спрема Проектниот спектар на одговор [7]

Параметарот за резервна носивост R_Ω произлегува од сознанијата за однесувањето на конструкциите од претходните земјотреси. Имено, одредени конструктивни системи добро се однесувале при посилни земјотреси во однос на оние што биле предвидени да се појават. Ова е главно поради резервната носивост, како резултат на принципите на проектирање (капацитативно проектирање). Другите причини за постојната резервна носивост, изнесени од [4], се: ефектите од дискретизација на елементите, минималните критериуми за задоволување на стабилноста и употребливоста на елементите, и така натаму. Вкупната резервна носивост се дели на два региона: R_Ω и R_ρ .

Проектната резервна носивост— R_Ω , се користи за квантификација на разликата помеѓу потребата за појава на пластификација и вистинската појава на пластификација. Математички, врз основа на Слика 1, таа се опишува како:

$$R_\Omega = \frac{F_y}{F_b} \quad (1)$$

Прекумерната јакост— R_ρ , е во зависност од типот на конструктивниот систем, односно од бројот на катовите, распонот помеѓу столбовите и бројот на бродови. Таа се користи за квантификација на разликата помеѓу појавата на првиот пластичен зглоб и ултимативниот капацитет на системот. Математички, таа се опишува како:

$$R_\rho = \frac{F_u}{F_y} \quad (2)$$

Факторот на дуктилност— R_μ , се користи за квантификација на q – факторот. За конструкции со периода $T > T_c$ (поголем број челични моментни рамки), според [9], може да се определи:

$$R_\mu = \mu \text{ за } T > T_c; R_\mu = (\mu - 1) \frac{T}{T_c} + 1 \text{ за } T < T_c \quad (3)$$

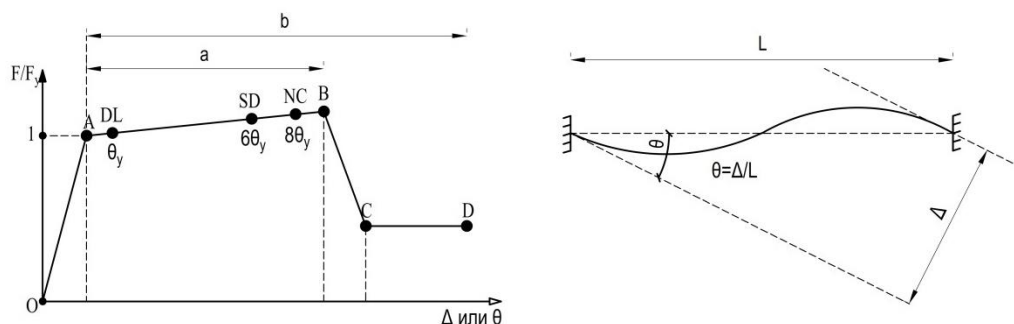
Определувањето на μ од Pushover-кривата се врши според равенката:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (4)$$

Во зависност од дефинираната перформанса на конструкцијата, можни се различни избори за " Δ_u ". Во овој труд, Δ_u се определува според изнесеното во точка 2.1.

1.1. Гранични перформанси според FEMA 356

Нелинеарното однесување на пластичните зглобови е опишано според критериумите на FEMA 356 [3]. За таа цел, се користи зависноста сила-деформација, како на Слика 2.



Сл 2. Кривата на сила-поместување

Непосредно до точката A, е дадена границата DL - damage limitation, која кореспондира на појава на течење во елементот. Правата AB зависи од материјалните карактеристики на елементот и вообичаено претставува 10% од наклонот на правата OA. Точката SD - Significant Damage, кореспондира со значајните оштетувања на елементите и истата се квантифицира со $6\theta_y$. Точката NC - Near Collapse, претставува состојба блиску до лом на елементот и истата, според Табела 6.25, FEMA 356[3], изнесува: $8\theta_y$. Правата CD покажува иницијален лом на елементот, додека DE – ја покажува заостанатата јакост. Евидентно е дека вредноста на q -факторот зависи и од пластичниот капацитет на ротација на елементите. Според Еврокод 8, не се потенцирани критериумите за пластичниот капацитет на ротација на елементите, со кои може да се дефинира ултимативниот капацитет на системот. Како гранична перформанса за рамките од овој труд е избран ултимативниот капацитет на ротација на столбовите од приземјето што кореспондираат на состојбата NC, односно максималната пластична ротација со вредност од: $8\theta_y$. Во продолжение, дадена е постапката согласно со одредбите на FEMA356 за да се определи капацитетот на ротација за гредите и столбовите, соодветно.

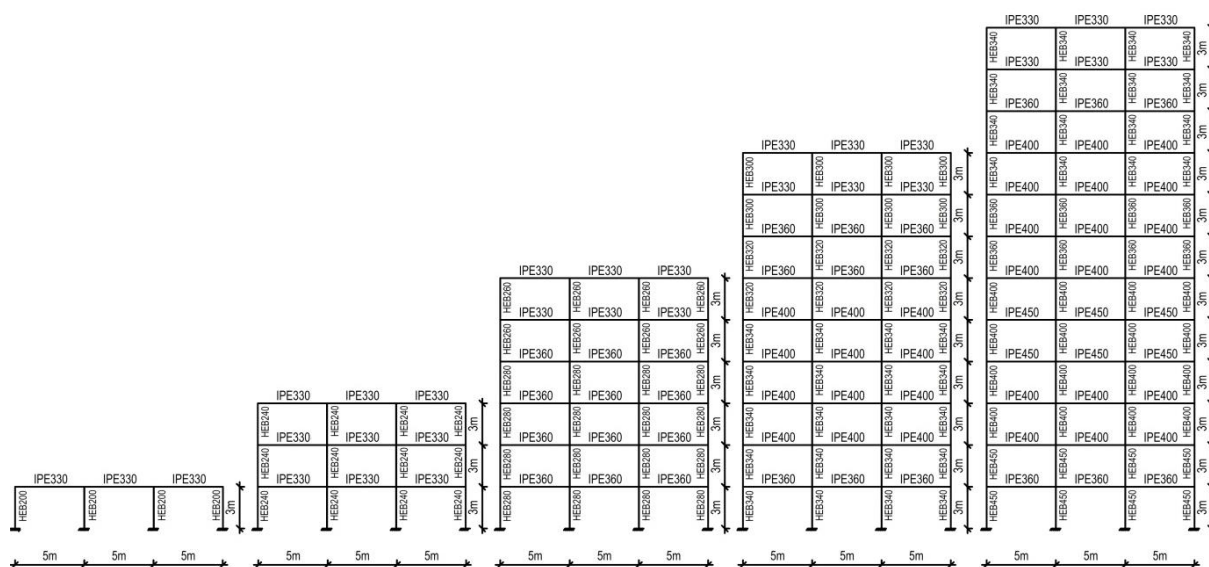
M_p —пластичниот момент на елементот, L_b —должината на гредата, L_c —должината на столбот, I_b —моментот на инерција на гредата, I_c —моментот на инерција на столбот, N —аксијалната сила во столбовите (од сеизмичката комбинација) и N_p —пластичната аксијална носивост на столбот, се означени соодветните параметри од релациите (5) и (6). Ротацијата при пластификација на гредата и столбот, според [3], е дадена преку следниве изрази:

$$\theta_y = \frac{M_p L_p}{6EI_b} \quad (5)$$

$$\theta_y = \frac{M_p L_c}{6EI_c} \left(1 - \frac{N}{N_p} \right) \quad (6)$$

3. ПРЕДМЕТ НА АНАЛИЗА

Предмет на анализа на овој труд се две групи на моментни рамки. Во првата група, низа од челични моментни рамки со 1, 3, 6, 9 и 12 нивоа се анализирани и означени како **RS1**, **RS3**, **RS6**, **RS9** и **RS12**, соодветно. Сите рамки се со распон од 5m и висина на секое ниво од 3m. Квалитетот на челик за сите пресеци е S235. Факторот на резервна носивост за челикот е земен $\gamma_0 = 1.25$. Изборот на пресеците и димензионирањето на сите рамки е во склоп со одредбите од страна на Еврокод 3 и Еврокод 8. Анализата е спроведена со претпоставен $PGA=0.35g$, коефициент на пригушување $\xi = 5\%$, категорија на почва B, Тип 1 на спектар на одговор и претпоставена вредност на факторот на однесување $q = 4$. Врската греда-столб се третира како потполна моментна врска. Во втората група, истите конфигурации на рамките се анализирани како спрегнати и тие се означени како **RSC1**, **RSC3**, **RSC6**, **RSC9** и **RSC12**. Избрана е спрегната плоча со $d = 120mm$ и ефективна ширина од 1m, со цел да се види влијанието на спрегањето врз промената на факторот на однесување и врз другите динамички параметри. Ефектот на спрегнатата греда се зема предвид само во статичката нелинеарна анализа, додека во димензионирањето на елементите, ефектите од спрегањето не се земени предвид (Рамките се димензионирани од ULS, како чисточелични). На Слика 3, се прикажани анализираните рамки. Во следната табела, се прикажани усвоените пресеци на соодветните рамки добиени од линеарната еластична анализа според Еврокод 3 и Еврокод 8. Гредите и столбовите се димензионирани од ULS комбинација, $1.35G + 1.5Q$, каде што G и Q ги означуваат постојаните и променливите товари, соодветно. Постојаниот товар варира од $27-45kN/m'$, додека променливиот товар е со константна вредност од $11kN/m'$. Од изборот на товарите, евидентно е дека една од задачите на овој труд е да се види и ефектот на N/N_p во промена на факторот на однесување.



Сл 3.Челични моментни рамки

Во продолжение, прикажани се: периодата од сопствените осцилации T (комбинација $1G+0.3Q+S_{ed}$) и соодветната вкупна проектна сеизмичка осцилација, S_{de} . Во табелата, изразот од облик на пример: 280-330(1-3)+260-330(3-5) укажува дека од ниво 1 до 3, столбовите се HEB280; гредите се IPE330, додека од ниво 5 до ниво 6, столбовите се HEB260, а гредите се IPE330.

Табела 1. Приказ на усвоените пресеци и динамичките карактеристики за анализираните рамки

Нивоа	Столбови (HEB) & Греди (IPE)	K	S_{de} [kN]	T [s]
1	200-330 (1-1)	0.9	126.9	0.34
3	240-330 (1-3)	1.3	234.8	0.84
6	280-330(1-4)+260-330(5-6)	1.6	289.3	1.46

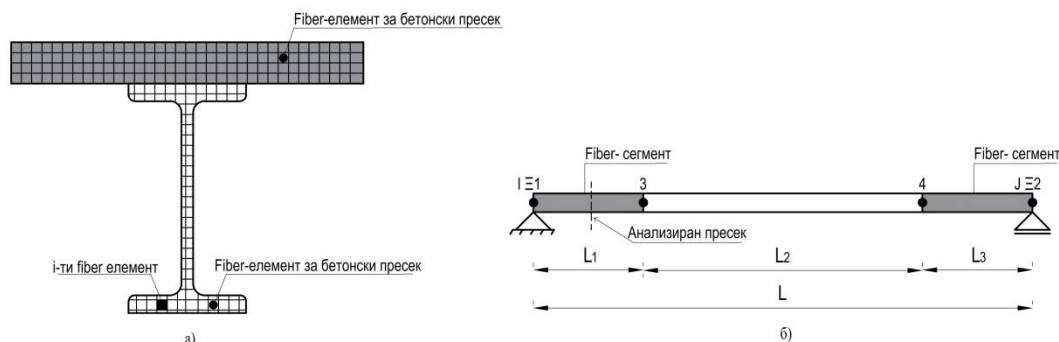
9	340-360(1)+340-400(2-5)+320-360(6-7)+300-330(8-9)	2.19	349.7	1.88
12	450-360(1-1)+450-400(2-2)+400-400(3-3)+400-450(4-5)+360-400(6-7)+340-400(8-9)+340-360(10-10)+340-330(11-12)	2.8	461.5	2.23

3.1. Моделирање на елементите

За да се преслика реалното однесување на челичните и спрегнатите пресеци, нелинеарните карактеристики на пресеците се моделирани со пристапот *дистрибуирана пластичност*, кој е вклучен во софтверскиот пакет SismoStruct 2018.

3.1.1. Дистрибуирана пластичност

Формулацијата *дистрибуирана пластичност* (Distributed Plasticity), во споредба со формулацијата *сконцентрирана пластичност* (Lumped Plasticity), овозможува распределба на пластичноста по целата должина на елементот и не се ограничува со калибрација на параметрите во зависност од испитуваниот елемент. Предноста на оваа формулација доаѓа предвид особено тогаш кога е потребно моделирање на елементите со променлива крутост по должината, како што се спрегнатите греди [5], [12]. Имено, со дистрибуираната пластичност се врши интеграција на нелинеарното геометриско и материјално однесување во ниво на напречен пресек. Напречниот пресек се дискретизира на низа инфинитезимални пресеци, наречени *fiber-пресеци*. Притоа, на секој од овие *fiber-пресеци* се воспоставува аксијална зависност помеѓу напрегањата и дилатациите. Односно, за секој од *fiber-пресеците* индивидуално се определува нормалното напрегање.



Сл 4. а) Напречен пресек дискретизиран со Fiber-елементи [8]; б) Пример на дискретизиран елемент со Гаусови точки на интеграција [5]

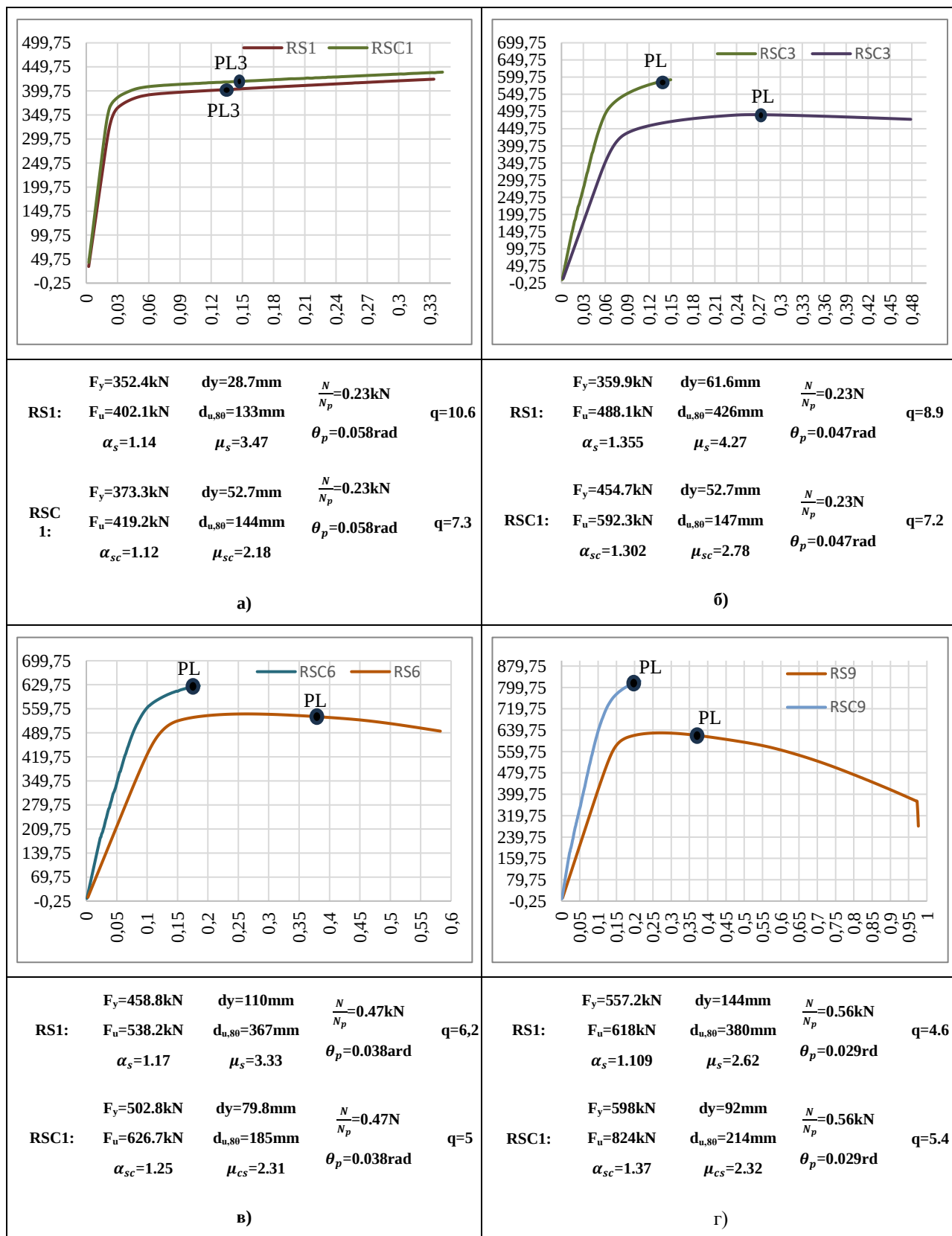
Во наредниот чекор, елементот по должината се дискретизира во конечен број Гаусови точки (секоја Гаусова точка репрезентира напречен пресек). За да се добијат влијанијата по должината на елементот, истите Гаусови точки се интегрираат, како што е прикажано на Слика 4, под б). Со овој начин, по должината на пресекот се врши контрола на можните позиции на појава на пластичните зглобови.

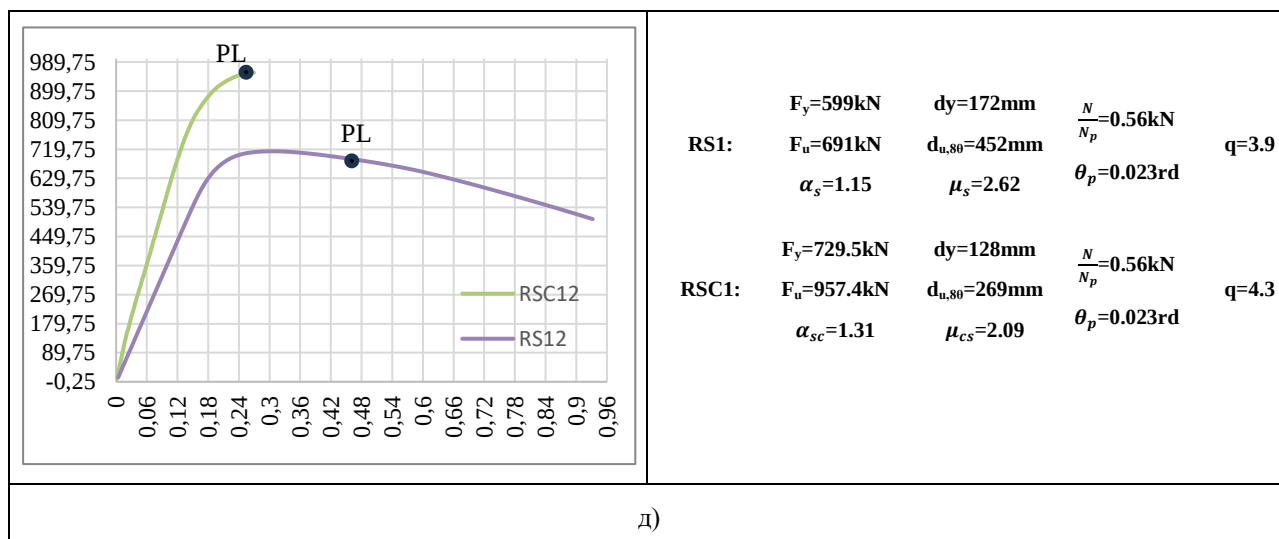
Во овој труд, бројот на *fiber-елементите* за спрегнатиот напречен пресек е претпоставен да изнесува 200. За овој метод да дава солидни резултати, елементот треба да се подели по неговата должина. Во рамките на овој труд направена е поделба на секој од елементите на 6 еднакви дела. Секој од тие 6 елементи, за добивање на влијанијата, е поделен на 10 точки за Гаусова интеграција.

4. ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Во овој параграф следува презентација и дискусија на добиените резултати. Во секој од изложените графикони на Слика 5, во у-оската е прикажан хоризонталниот товар (во kN), додека во x-оската, поместувањето на врвот (во метри). На секоја од сликите, одделно, се прикажани добиените параметри од нелинеарната статичка анализа за определување на q -факторот.

На Слика 5, под а), се забележува дека факторот за прекумерната јакост на ултимативното поместување што соодветствува на граничната перформанса PL (Performance Limit) ($8\theta_y = \theta_p$), е речиси идентичен за RS1 и за RSC1, соодветно. Разликите се евидентни во поместувањата при појава на првиот платичен зглоб, односно факторот на дуктилност за RS1 е за 56% повисок од RSC1.



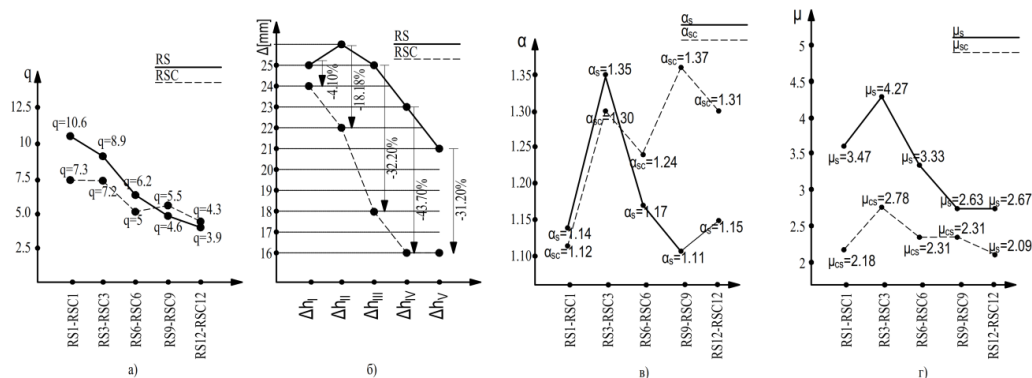


Сл 5. а) Приказ на Pushover-кривите и соодветните параметри за а) RS1-RSC1, б) RS3-RSC, в) RS6-RSC6, г) RS9-RSC9, д) RS12-RSC12

Со зголемување на бројот на нивоа (Слика 5, под б), се забележува раст на факторот за прекумерната јакост за двете рамки (RS3 и RSC3, 1.355 и 1.302, соодветно). Исто така, ултимативната хоризонтална сила и силата при појава на првиот пластичен зглоб, за RSC3 се за 21,3% и 26% повисоки во споредба со вредностите добиени за RS3. Од друга страна, факторот за дуктилност на RS3 е за 53% повисок во споредба со RSC3. И во овој случај, q -факторот за челичната рамка е за 23% повисок во споредба со спрегнатата рамка.

Од Слика 5, под в) се забележува повторно пад на факторот за прекумерената јакост на RS6, со вкупна вредност од 1.17. Како причина за овој пад може да се смета големата вредност на соодносот N/N_p . Од друг страна, за RSC6, при иста вредност на N/N_p , овој фактор изнесува $\alpha_{sc}=1.25$. Исто така, се забележува и пад на факторот на дуктилност за рамката RS6, што изнесува 3,33. Во случајот со спрегнатата рамка (RSC6), нема видливи намалувања на μ_{cs} . Имено, во овој случај, q -факторот за челичната рамка е повисок во споредба со спрегнатата рамка.

Од Слика 5, под г), пак се забележува пад на факторот за прекумерената јакост на челичната рамка, што изнесува $\alpha_s=1.109$. Тоа се должи на големата вредност на соодносот, додека кај спрегнатата рамка, имаме видливо зголемување на α_{sc} во споредба со RSC6, и за 25% покачување во однос на RS9. Намалување се забележува и во факторот за дуктилност на RS9, додека во случајот со RSC9, имаме непроменлива вредност. Во овој случај, q -факторот на челичната рамка е помал во споредба со спрегнатата рамка. Во последната рамка (Слика 5, под д)), повторно факторот за прекумерена јакост на челичната рамка е понизок во однос со спрегнатата рамка, и тоа за 13,5%.



Сл 6. Графички приказ на: а) q -факторот, б) релативните катни поместувања, в) прекумерната јакост, г) факторот на дуктилност

Се забележува дека факторот на дуктилност за челичната рамка има вредност ($\mu_s=2.62$) слична со онаа од спрегнатата рамка ($\mu_{cs}=2.74$). Како импликација на ова, за RS12, q-факторот изнесува 3.9 и исто така тој е понизок во споредба со RSC12. Притоа, вреди да се напомене дека пресметаниот q-фактор со нелинеарната статичка анализа за челичната рамка е понизок во споредба со претпоставената вредност при линеарната статичка анализа, односно $q=4.0$.

Во продолжение, даден е текот на менување на неколку од динамичките карактеристики на разгледуваните рамки, со зголемување на бројот на нивоа и соодветно, со варијација на нивните крутосни карактеристики.

Од Слика 6, под а), јасно се гледа намалувањето на q-факторот како за челичните, така и за спрегнатите рамки, со зголемување на бројот на нивоа. Од 6. до 12. ниво, q-факторот за двете категории рамки има слични вредности. Разликите се поевидентни за помалите висини.

Позитивна импликација на спрегањето се јавува во дистрибуција на релативните катни поместувања. Имено, од Слика 6, под б), јасно се гледа дека за првата група рамки (RS1 и RSC1), релативните катни поместувања се речиси идентични. Со зголемување на бројот на нивоа, кај спрегнатите рамки, имаме постепено намалување на релативните катни поместувања, и тоа за 18,1%, 32,2%, 43,7% и 31,2% за RSC3, RSC6, RSC9 и RSC12 (во однос на RS3, RS6, RS9 и RS12), соодветно.

На Слика 6, под в), прикажана е промена на факторот на прекумерената јакост за двете групи рамки. Освен за RS3, сите разгледувани челични рамки имаат вредност за овој параметар 1.17. Иако овие рамки припаѓаат во групата рамки со повеќе нивоа и повеќе бродови, ако однапред се дефинира граничната перформанса (како во овој ултимативен капацитет на ротација на столбовите од приземјето, со кој се диктира и ултимативната хоризонтална сила F_u), се добиваат вредности за $\alpha_s < 1.3$. Друга причина за ваквите ниски вредности се исто така и големите вредности на соодносот N/N_p . Од друга страна, за спрегнатите рамки, освен за RSC1 (каде што $\alpha_{sc} = 1.12$), вредностите за α_{sc} постепено се зголемуваат и за истите може да се смета дека се во блиска околина на препорачаната вредност според Еврокод 8, односно 1.3, иако и за нив соодносот $N/N_p > 0.25$.

Промената на факторот на дуктилност за двете категории рамки е прикажана на Слика 6, под г). Во случајот со челичните рамки, за ниво 1 и ниво 3, овие вредности се релативно големи и изнесуваат 3.43 и 4.27, соодветно. Со зголемување на нивоата, постепено се забележува намалување на овој параметар за челичните рамки. Од друга страна, ситуацијата со спрегнатите рамки е поразлична. Имено, таму се забележува поконстантна распределба на факторот на дуктилност и иститот, без разлика на промената на висината, се движи во границите од 2 до 2.78.

5. ЗАКЛУЧОК

Во овој труд е спроведена сензитивна анализа за двете категории моментни рамки, димензионирани според правилата приложени во EC3 и во EC8. Параметрите што го сочинуваат q-факторот се определени како за спрегнатите, така и за челичните рамки. Влијанието на ефектите од спрегнатите греди, бројот на нивоа на рамките, крутосните карактеристики (критериум “Јаки столбови/слаби греди”), локалното однесување на столбовите од приземјето и граничните перформанси на конструкциите се земени предвид, сè со цел да се види промената на факторот на однесување. Притоа, извлечени се следниве заклучоци:

- Ефектите од спрегањето во гредите имаат влијание врз зголемувањето на проектната резервна носивост (R_Q) и прекумерната јакост (R_p) (дури и до 23%) кај спрегнатите рамки во однос на чисточеличните рамки. Исто така, се забележува дека овие параметри се зголемуваат со зголемување на бројот на нивоа кај спрегнатите рамки (Слика 6, под в));
- Поради фактот дека рамките беа димензионирани од доминантното дејство на постојаните товари, забележано е дека иако соодносот (N/N_p) ≤ 0.25 не е исполнет за RSC6, RSC9 и за RSC12, сепак прекумерната јакост - (R_p)-за спрегнатите рамки, е во

границите преопрачани од страна на EC8. Од друга страна, кај челичните рамки, освен за RS3 (каде што критериумот $N/N_p=0.232$ е исполнет), за сите повисоки нивоа се добива прекумерна јакост пониска од 1.3;

- Факторот на дуктилност (R_μ) за челичните рамки е реалтивно висок за RS1 и за RS3, додека со зголемување на нивоата, овој параметар има тенденција на намалување. Во случајот со спрегнатите рамки, R_μ покажува порамномерни промени (Слика 6, под в));
- Поради ефектите од спрегањето, забележано е исто така и намалување на хоризонталните релативни катни поместувања кај спрегнатите рамки во однос на челичните рамки. За RSC6, RSC9 и за RSC12, оваа редукција изнесува над 30%, споредено со челичните рамки со истиот број нивоа.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] ATC-34. „A Critical Review of Current Approaches to Earthquake-resistant Design”. Applied Technology Council, Redwood City, California, 1995.
- [2] Denavit. M et al.: „Seismic performance factors for moment frames with steel- concrete composite columns and steel beam“. Earthquake engineering&structural dynamics. Wiley Online Library. DOI: 10.1002/eqe.2737.
- [3] FEMA 356: „Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings”. American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington. 2000.
- [4] Ferraioli. M, Lavino. A, Mandara. A : „Behaviour Factor of Code-Designed Steel Moment-Resisting Frames”. International Journal of Steel Structures, 14(2), pp. 243-254, 2014.
- [5] Gharakhanloo. A: „Distributed and concentrated inelasticity beam-column elements used in earthquake engineering”. Master Thesis, Civil and Environmental Engineering, NTNU-Trondheim, June 2014 .
- [6] Huu. C, Kim. S: „Practical nonlinear analysis of steel-concrete composite frames using fiber-hinge method”. Journal of Constructional Steel Research, 74 (2012) 90-97, ELSEVIER.
- [7] Landolfo. R et al. : „Design of steel structures for building in seismic areas”. Eurocode 8- Design of structures for earthquake resistance. Part 1-1- general rules, seismic actions and rules for buildings. ECCS. Wiley, 2016.
- [8] Martinez. R, Elnashai. A: „Confined concrete model under cyclic load”. Mater. Struct. 30: 139-147. 1997.
- [9] Mazzolani. F, Piluso. V: „Theory and design of seismic resistant steel frames”. Spon Press. Tylor & Francis Group, 1997.
- [10] Yahmi.D, Branci. T, Bouchair. A and Fournely. E.: „Evaluating the Behaviour Factor of Medium Ductile SMRF Structures”. Periodica Polytechnica, Civil Engineering. 62(2), pp. 375-385, 2018.
- [11] ASCE: „Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”. American Society of Civil Engineers, New York. 2010.
- [12] Mander. J, Priestly. M: „Theoretical stress-strain model for confined concrete”. J. Struct. Eng. 114.1804-1826. 1988.
- [13] Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- [14] Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance- Part 1: General rules, and rules for buildings.

