

**GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP, NORTH MACEDONIA  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**ETIMA 2025**  
**THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE**  
**24-25 SEPTEMBER, 2025**



**TECHNICAL SCIENCES APPLIED IN ECONOMY,  
EDUCATION AND INDUSTRY**



УНИВЕРЗИТЕТ  
**ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ**  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ  
ФАКУЛТЕТ



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“, ШТИП  
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

GOCE DELCEV UNIVERSITY, STIP  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING

ТРЕТА МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА  
THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE

**ЕТИМА / ETIMA 2025**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ  
CONFERENCE PROCEEDINGS

24-25 септември 2025 | 24-25 September 2025

**ISBN: 978-608-277-128-1**

**DOI: <https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531>**

**Главен и одговорен уредник / Editor in Chief**

проф.д-р Сашо Гелев  
Prof.d-r Saso Gelev

**Јазично уредување / Language Editor**

Весна Ристова (македонски) / Vesna Ristova (Macedonian)

**Техничко уредување / Technical Editing**

Дарко Богатинов / Darko Bogatinov

**Издавач / Publisher**

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip  
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

**Адреса на организационен комитет / Address of the organizational committee**

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип / Goce Delcev University, Stip  
Електротехнички факултет / Faculty of Electrical Engineering

Адреса: ул. „Крсте Мисирков“ бр. 10А / Address: Krste Misirkov, 10A

Пош. фах 201, Штип - 2000, С. Македонија / PO BOX 201, Stip 2000, North Macedonia

E-mail: conf.etf@ugd.edu.mk

**CIP - Каталогизација во публикација**

**Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје**

62-049.8(062)

004-049.8(062)

**МЕЃУНАРОДНА конференција ЕТИМА (3 ; 2025 ; Штип)**

Зборник на трудови [Електронски извор] / Трета меѓународна конференција ЕТИМА 2025, 24-25 септември 2025 ; [главен и одговорен уредник Сашо Гелев] = Conference proceedings / Third international conference, 24-25 September 2025 ; [editor in chief Saso Gelev]. - Текст во PDF формат, содржи 357 стр., илустр. - Штип : Универзитет "Гоце Делчев", Електротехнички факултет ; Штип : "Goce Delchev" University, Faculty of Electrical engineering, 2025

Начин на пристапување (URL): <https://js.ugd.edu.mk/index.php/etima/en>. - Наслов преземен од екранот. - Опис на изворот на ден 30.10.2025. - Трудови на мак. и англ. јазик. - Библиографија кон трудовете

ISBN 978-608-277-128-1

а) Електротехника -- Примена -- Собири б) Машинство -- Примена -- Собири  
в) Автоматика -- Примена -- Собири г) Информатика -- Примена -- Собири

COBISS.MK-ID 67297029



Трета меѓународна конференција ЕТИМА  
24-25 Септември 2025  
Third International Conference ETIMA  
24-25 September 2025

**ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР  
ORGANIZING COMMITTEE**

**Драган Миновски / Dragan Minovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Сашо Гелев / Saso Gelev**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Маја Кукушева Панева / Maja Kukuseva Paneva**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Дарко Богатинов / Darko Bogatinov**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia



Трета меѓународна конференција ЕТИМА  
24-25 Септември 2025  
Third International Conference ETIMA  
24-25 September 2025

**ПРОГРАМСКИ И НАУЧЕН ОДБОР  
SCIENTIFIC COMMITTEE**

**Антонио Курадо / António Curado**

Политехнички институт во Виана до Кастело, Португалија  
Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal

**Стелијан – Емилијан Олтеан / Stelian –Emilian Oltean**

Факултет за инженерство и информатичка технологија,  
Медицински универзитет Георге Емил Паладе, фармација, наука и технологија  
во Таргу Муреш, Романија  
Faculty of Engineering and Information Technology, George Emil Palade  
University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Targu Mures, Romania

**Митко Богданоски / Mitko Bogdanoski**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Верица Тасеска Ѓоргиевска / Verica Taseska Gjorgievska**

Македонска академија на науките и уметностите, Северна Македонија  
Macedonian Academy of Sciences and Arts, North Macedonia

**Југослав Ачкоски / Jugoslav Ackoski**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Димитар Богатинов / Dimitar Bogatinov**

Воена академија, Универзитет „Гоце Делчев“, Северна Македонија  
Military Academy, Goce Delcev University, North Macedonia

**Со Ногучи / So Noguchi**

Висока школа за информатички науки и технологии  
Универзитет Хокаидо, Јапонија  
Graduate School of Information Science and Technology  
Hokkaido University, Japan

**Диониз Гашпаровски / Dionýz Gašparovský**

Факултет за електротехника и информатички технологии,  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Георги Иванов Георгиев / Georgi Ivanov Georgiev**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Антон Белан / Anton Belán**  
Факултет за електротехника и информациони технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Ивелина Стефанова Балабанова / Ivelina Stefanova Balabanova**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Бојан Димитров Карапeneв / Boyan Dimitrov Karapenev**  
Технички Универзитет во Габрово, Бугарија  
Technical University in Gabrovo, Bulgaria

**Сашо Гелев / Saso Gelev**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Влатко Чингоски / Vlatko Cingoski**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Божо Крстајиќ / Bozo Krstajic**  
Електротехнички факултет  
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора  
Faculty of Electrical Engineering,  
University in Montenegro, Montenegro

**Милован Радуловиќ / Milovan Radulovic**  
Електротехнички факултет  
Универзитет во Црна Гора, Црна Гора  
Faculty of Electrical Engineering,  
University in Montenegro, Montenegro

**Гоце Стефанов / Goce Stefanov**  
Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Мирјана Перик / Mirjana Peric**  
Електронски факултет  
Универзитет во Ниш, Србија  
Faculty of Electronic Engineering,  
University of Nis, Serbia

**Ана Вучковиќ / Ana Vuckovic**

Електронски факултет,  
Универзитет во Ниш, Србија  
Faculty of Electronic Engineering,  
University of Nis, Serbia

**Тодор Чекеровски / Todor Cekerovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Далибор Серафимовски / Dalibor Serafimovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Мирослава Фаркаш Смиткова / Miroslava Farkas Smitková**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Петер Јанига / Peter Janiga**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Јана Радичова / Jana Raditschová**

Факултет за електротехника и информации технологии  
Словачки Технички Универзитет во Братислава, Словачка  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology  
Slovak Technical University in Bratislava, Slovakia

**Драган Миновски / Dragan Minovski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Василија Шарац / Vasilija Sarac**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Александар Тузаров / Aleksandar Tudzarov**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Владимир Талевски / Vladimir Talevski**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Владо Гичев / Vlado Gicev**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Марија Чекеровска / Marija Cekerovska**

Машински факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Mechanical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Мишко Цидров / Misko Dzidrov**

Машински факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Mechanical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Александар Крстев / Aleksandar Krstev**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Ванчо Аџиски / Vancho Adziski**

Факултет за природни и технички науки,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Natural and Technical Sciences,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Томе Димовски / Tome Dimovski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Зоран Котевски / Zoran Kotevski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Никола Рендевски / Nikola Rendeovski**

Факултет за информатички и комуникациски технологии,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Information and Communication Technologies,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Илија Христовски / Ilija Hristovski**

Економски факултет,  
Универзитет „Св. Климент Охридски“, Северна Македонија;  
Faculty of Economy,  
University St Climent Ohridski, North Macedonia;

**Христина Спасовска / Hristina Spasovska**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Роман Голубовски / Roman Golubovski**

Природно-математички факултет,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Маре Србиновска / Mare Srbinovska**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Билјана Златановска / Biljana Zlatanovska**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Александра Стојанова Илиевска / Aleksandra Stojanova Ilievska**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Мирјана Коцалева Витанова / Mirjana Kocaleva Vitanova**

Факултет за информатика,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Computer Science,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;

**Ивана Сандева / Ivana Sandeva**

Факултет за електротехника и информациски технологии,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies,  
Ss. Cyril and Methodius University, North Macedonia;

**Билјана Читкушева Димитровска / Biljana Citkuseva Dimitrovska**

Електротехнички факултет,  
Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;  
Faculty of Electrical Engineering,  
Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

**Наташа Стојковиќ / Natasa Stojkovik**

Факултет за информатика,

Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија;

Faculty of Computer Science,

Goce Delcev University, Stip, North Macedonia;



## Трета меѓународна конференција ЕТИМА Third International Conference ETIMA

---

### **PREFACE**

The Third International Conference “Electrical Engineering, Technology, Informatics, Mechanical Engineering and Automation – Technical Sciences in the Service of the Economy, Education and Industry” (ETIMA’25), organized by the Faculty of Electrical Engineering at the “Goce Delchev” University – Shtip, represents a significant scientific event that enables interdisciplinary exchange of knowledge and experience among researchers, professors, and experts in the field of technical sciences. The conference was held in an online format and brought together 78 authors from five different countries.

The ETIMA conference aims to establish a forum for scientific communication, encouraging multidisciplinary collaboration and promoting technological innovations with direct impact on modern life. Through the presentation of scientific papers, participants shared the results of their research and development activities, contributing to the advancement of knowledge and practice in relevant fields. The first ETIMA conference was organized four years ago, featuring 40 scientific papers. The second conference took place in 2023 and included over 30 papers. ETIMA’25 continued this scientific tradition, presenting more than 40 papers that reflect the latest achievements in electrical engineering, technology, informatics, mechanical engineering, and automation.

At ETIMA’25, papers were presented that addressed current topics in technical sciences, with particular emphasis on their application in industry, education, and the economy. The conference facilitated fruitful discussions among participants, encouraging new ideas and initiatives for future research and projects.

ETIMA’25 reaffirmed its role as an important platform for scientific exchange and international cooperation. The organizing committee extends sincere gratitude to all participants for their contribution to the successful realization of the conference and its scientific value.

We extend our sincerest gratitude to all colleagues who, through the presentation of their papers, ideas, and active engagement in discussions, contributed to the success and scientific significance of ETIMA’25.

*The Organizing Committee of the Conference*

## ***ПРЕДГОВОР***

Третата меѓународна конференција „Електротехника, Технологија, Информатика, Машинство и Автоматика – технички науки во служба на економијата, образованието и индустријата“ (ЕТИМА’25), организирана од Електротехничкиот факултет при Универзитетот „Гоце Делчев“ – Штип, претставува значаен научен настан кој овозможува интердисциплинарна размена на знаења и искуства меѓу истражувачи, професори и експерти од техничките науки. Конференцијата се одржа во онлајн формат и обедини 78 автори од пет различни земји.

Конференцијата ЕТИМА има за цел да создаде форум за научна комуникација, поттикнувајќи мултидисциплинарна соработка и промовирајќи технолошки иновации со директно влијание врз современото живеење. Преку презентација на научни трудови, учесниците ги споделуваат резултатите од своите истражувања и развојни активности, придонесувајќи кон унапредување на знаењето и практиката во релевантните области.

Првата конференција ЕТИМА беше организирана пред четири години, при што беа презентирани 40 научни трудови. Втората конференција се одржа во 2023 година и вклучи над 30 трудови. ЕТИМА’25 продолжи со истата научна традиција, презентирајќи повеќе од 40 трудови кои ги отсликуваат најновите достигнувања во областа на електротехниката, технологијата, информатиката, машинството и автоматиката.

На ЕТИМА’25 беа презентирани трудови кои обработуваат актуелни теми од техничките науки, со посебен акцент на нивната примена во индустријата, образованието и економијата. Конференцијата овозможи плодна дискусија меѓу учесниците, поттикнувајќи нови идеи и иницијативи за идни истражувања и проекти.

ЕТИМА’25 ја потврди својата улога како значајна платформа за научна размена и интернационална соработка. Организациониот одбор упатува искрена благодарност до сите учесници за нивниот придонес кон успешната реализација на конференцијата и нејзината научна вредност. Конференцијата се одржа онлајн и обедини седумдесет и осум автори од пет различни земји.

Изразуваме голема благодарност до сите колеги кои со презентирање на своите трудови, идеи и активна вклученост во дискусиите придонесоа за успехот на ЕТИМА’25 и нејзината научна вредност.

*Организационен одбор на конференцијата*

## **СОДРЖИНА / TABLE OF CONTENTS:**

|                                                                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>СОВРЕМЕНО РАНОГРАДИНАРСКО ПРОИЗВОДСТВО СО ПРИМЕНА НА ОБНОВЛИВИ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ТЕХНОЛОГИИ.....</b>                                                                    | <b>15</b>  |
| <b>ШИРОКОПОЈАСЕН ПРЕНОС НА ПОДАТОЦИ ПРЕКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКАТА МРЕЖА .....</b>                                                                                                | <b>25</b>  |
| <b>TRANSIENT PHENOMENA IN BLACK START .....</b>                                                                                                                              | <b>32</b>  |
| <b>OPTIMIZATION OF SURPLUS ELECTRICITY MANAGEMENT FROM MUNICIPAL PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: VIRTUAL STORAGE VS BATTERY SYSTEMS.....</b>                                           | <b>43</b>  |
| <b>IMPACT OF LIGHT POLLUTION ON ENERGY EFFICIENCY .....</b>                                                                                                                  | <b>53</b>  |
| <b>ПЕРСПЕКТИВИ, ПРЕДИЗВИЦИ И ИНОВАЦИИ ВО ПЕРОВСКИТНИТЕ СОЛАРНИ КЕЛИИ .....</b>                                                                                               | <b>61</b>  |
| <b>ПРИМЕНА НА НАНОМАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФОТОВОЛТАИЧНИ КЕЛИИ ЗА ЗГОЛЕМУВАЊЕ НА НИВНАТА ЕФИКАСНОСТ ПРЕКУ НАМАЛУВАЊЕ НА РАБОТНАТА ТЕМПЕРАТУРА .....</b>                                | <b>68</b>  |
| <b>LONG-TERM POWER PURCHASE AGREEMENT FOR PHOTOVOLTAIC ENERGY AS A SOLUTION FOR ENHANCING THE PROFITABILITY OF THE TASHMARUNISHTA PUMPED-STORAGE HYDRO POWER PLANT .....</b> | <b>75</b>  |
| <b>СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА ПОТРОШУВАЧКА, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ТРОШОЦИ КАЈ ВОЗИЛА СО РАЗЛИЧЕН ТИП НА ПОГОН .....</b>                                                         | <b>87</b>  |
| <b>АВТОМАТСКИ СИСТЕМ ЗА НАВОДНУВАЊЕ УПРАВУВАН ОД ARDUINO МИКРОКОНТРОЛЕР .....</b>                                                                                            | <b>95</b>  |
| <b>ПРИМЕНА НА WAMS И WACS СИСТЕМИ ВО SMART GRID .....</b>                                                                                                                    | <b>103</b> |
| <b>IoT-BASED ENVIRONMENTAL CONTROL IN 3D PRINTER ENCLOSURES FOR OPTIMAL PRINTING CONDITIONS.....</b>                                                                         | <b>112</b> |
| <b>BENEFITS OF STUDYING 8086 MICROPROCESSOR FOR UNDERSTANDING CONTEMPORARY MICROPROCESSOR.....</b>                                                                           | <b>123</b> |
| <b>ПРАКТИЧНА СИМУЛАЦИЈА НА SCADA СИСТЕМ ЗА СЛЕДЕЊЕ И РЕГУЛАЦИЈА НА НИВО НА ТЕЧНОСТ ВО РЕЗЕРВОАР .....</b>                                                                    | <b>130</b> |
| <b>ADVANCEMENTS IN INDUSTRIAL DIGITAL SENSORS (VERSION 3.0 TO 4.0) AND RADAR SYSTEMS FOR OBJECT DETECTION: A STATE-OF-THE-ART REVIEW. ....</b>                               | <b>140</b> |
| <b>CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR ENHANCING DRONE-TO-TOC COMMUNICATION PERFORMANCE IN MILITARY AND CRISIS OPERATIONS..</b>                                                     | <b>148</b> |
| <b>BRIDGING TELECOM AND AVIATION: ENABLING SCALABLE BVLOS DRONE OPERATIONS THROUGH AIRSPACE DIGITIZATION.....</b>                                                            | <b>157</b> |
| <b>MEASURES AND RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ELECTRICAL MOTORS .....</b>                                                                                    | <b>167</b> |
| <b>USE OF MACHINE LEARNING FOR CURRENT DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION OF REBCO COATED CONDUCTORS .....</b>                                                                  | <b>180</b> |
| <b>APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL MEDICINE .....</b>                                                                                                       | <b>186</b> |
| <b>ИНТЕГРАЦИЈА НА ДИГИТАЛНИОТ СПЕКТРОФОТОМЕТАР ВО ДЕНТАЛНАТА МЕДИЦИНА – НОВИ МОЖНОСТИ ЗА ТОЧНОСТ И КВАЛИТЕТ .....</b>                                                        | <b>194</b> |

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CORRELATION OF DENTAL MEDICINE STUDENTS' PERFORMANCE IN PRECLINICAL AND CLINICAL COURSES .....</b>                                  | <b>205</b> |
| <b>INTRAORAL ELECTROSTIMULATOR FOR RADIATION INDUCED XEROSTOMIA IN PATIENTS WITH HEAD AND NECK CANCER.....</b>                         | <b>214</b> |
| <b>ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE OF ENDODONTIC EQUIPMENT WITH GASTRIC PACEMAKER .....</b>                                               | <b>221</b> |
| <b>DENTAL IMPLANTS ANALYSIS WITH SEM MICROSCOPE .....</b>                                                                              | <b>226</b> |
| <b>ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ ПРИ УПОТРЕБА НА ЛАСЕР ВО РЕСТАВРАТИВНАТА СТОМАТОЛОГИЈА И ЕНДОДОНЦИЈА.....</b>                               | <b>231</b> |
| <b>LASERS AND THEIR APPLICATION IN PEDIATRIC DENTISTRY .....</b>                                                                       | <b>238</b> |
| <b>INCREASE OF ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE BEHAVIOUR THROUGH EDUCATION AND TECHNOLOGICAL INNOVATION.....</b>                           | <b>242</b> |
| <b>A DATA-DRIVEN APPROACH TO REAL ESTATE PRICE ESTIMATION: THE CASE STUDY SLOVAKIA.....</b>                                            | <b>249</b> |
| <b>ANALYSIS OF THE BACKWARD IMPACTS OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE DISTRIBUTION SYSTEM .....</b>                                 | <b>261</b> |
| <b>VARIANT SOLUTIONS FOR A PARKING LOT COVERED WITH PHOTOVOLTAIC PANELS.....</b>                                                       | <b>268</b> |
| <b>COMPARISON OF ENERGY STATUS IN PORTUGAL AND IN SLOVAKIA .....</b>                                                                   | <b>279</b> |
| <b>DESIGN, ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ...</b>                                                                 | <b>286</b> |
| <b>BATTERY STORAGE IN TRACTION POWER SUPPLY .....</b>                                                                                  | <b>297</b> |
| <b>THE ROLE OF CYBERSECURITY AWARENESS TRAINING TO PREVENT PHISHING.....</b>                                                           | <b>304</b> |
| <b>A REVIEW OF RESOURCE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN INTRUSION DETECTION SYSTEMS .....</b>                                               | <b>311</b> |
| <b>APPLICATION OF A ROBOTIC ARM IN A SIMPLE PICK-AND-DROP OPERATION .....</b>                                                          | <b>321</b> |
| <b>SIMULATION-BASED PERFORMANCE ANALYSIS OF A SECURE UAV-TO-TOC COMMUNICATION FRAMEWORK IN MILITARY AND EMERGENCY OPERATIONS .....</b> | <b>328</b> |
| <b>DIGITALIZATION OF BPM USING THE CAMUNDA SOFTWARE TOOL ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL BANK OF MONTENEGRO .....</b>                    | <b>339</b> |
| <b>DESIGNING A SECURE COMMUNICATION FRAMEWORK FOR UAV-TO-TOC OPERATIONS IN MILITARY AND EMERGENCY ENVIRONMENTS.....</b>                | <b>349</b> |



Трета меѓународна конференција ЕТИМА

Third International Conference ETIMA

UDC: 616.314-089.843:77.026.34

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA2531226a>

## DENTAL IMPLANTS ANALYSIS WITH SEM MICROSCOPE

**Arsovski Ljupka<sup>1</sup>, Carčeva Šalja Sofija<sup>1</sup>, Toneva Stojmenova Verica<sup>1</sup>, Rogoleva Gjurovski Sonja<sup>1</sup>, Mladenovski Marko<sup>1</sup>, Nashkova Sanja<sup>1</sup>**

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

address: Krste Misirkov, 10A, 2000, Stip

email: ljupka.arsovski@ugd.edu.mk,

email: sofija.carceva@ugd.edu.mk

email: verica.toneva@ugd.edu.mk

email: sonja.rogoleva@ugd.edu.mk

email: marko.mladenovski@ugd.edu.mk

email: sanja.naskova@ugd.edu.mk

### Abstract:

*A scanning electron microscope (SEM) is a type of electron microscope that produces images of a sample by scanning its surface with a focused beam of electrons. The electrons interact with the atoms in the sample, generating various signals that contain information about the surface topography and composition of the sample. The electron beam is scanned in a raster pattern, and the beam position is combined with the intensity of the detected signal to create an image. In the most common SEM mode, secondary electrons emitted by atoms excited by the electron beam are detected using a secondary electron detector (Everhart-Thornley detector). The number of secondary electrons that can be detected, and thus the signal intensity, depends, among other factors, on the sample's topography. Some SEMs can achieve resolutions better than 1 nanometer. Samples are observed under high vacuum in a conventional SEM or under low vacuum or wet conditions in a variable pressure or environmental SEM. They can also be examined across a wide range of cryogenic or elevated temperatures using specialized instruments. The instrument model is Tescan Vega 3 LMU. In dentistry, samples must first be prepared using an appropriate method depending on what will be analyzed. After that, they need to be further prepared for microscopy. In this case, the sample was applied only to a holder with a double-sided adhesive carbon tape without coating. The analyses were performed under high vacuum using an SE detector for morphological examination and an EDS detector for point chemical analysis. For handling the implants, sterile gloves were used to prevent additional contamination.*

### Key words:

*chemical, contamination, detector, implants, sterile.*

### Introduction

A Scanning Electron Microscope (SEM) is a high-resolution imaging tool that generates detailed images by scanning a specimen's surface with a concentrated beam of electrons. These electrons interact with the atoms of the sample, producing signals that reveal information about its surface morphology and elemental composition. The beam follows a raster scanning pattern, and image formation relies on correlating beam position with signal intensity. In standard operating mode, the SEM captures secondary electrons (SE) emitted from the sample surface, typically detected using an Everhart–Thornley detector. [1,2]. The quantity of secondary electrons—and therefore the signal intensity—is influenced by the surface topography of the sample. Advanced SEM systems can achieve spatial resolutions below 1 nanometer. Depending

on the instrument setup, samples may be analyzed under high vacuum (conventional SEM), low vacuum, or even under environmental conditions (ESEM), and across a broad temperature range—from cryogenic to elevated temperatures. [3]. At our facility, we use the Tescan Vega 3LMU.[4]

The Electron Microscopy Laboratory specializes in analyzing the morphology and chemical composition of various materials under controlled vacuum environments. Imaging can be performed using both SE and BSE (Backscattered Electron) detectors. When samples are properly prepared, imaging resolutions better than 5 nm can be attained. Elemental analysis is conducted with an EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) detector, capable of detecting elements ranging from beryllium (Be) to plutonium (Pu), with an energy resolution of up to 125 eV. This technique enables both qualitative and quantitative chemical characterization of the specimen. [5,6,7]

## **Matherials and method**

The Scanning Electron Microscopy (SEM) technique finds broad application across numerous disciplines, including mineralogy, petrology, crystallography, paleontology, mining, electronics, industrial glass and ceramics, heritage preservation, metallurgy, mechanical and civil engineering, dentistry, pharmacy, medicine, and biology. [6,8,9,10]

### **Sample Preparation for SEM in Dentistry**

In dental research, the preparation of samples for SEM analysis requires precise protocols tailored to the specific focus of the investigation. The standard preparation procedure includes:

1. **Drying:** Moist samples must be completely air-dried at room temperature to eliminate residual moisture.
2. **Mounting:** The sample is affixed to a specimen stub using a double-sided carbon adhesive tape.
3. **Coating (if necessary):** Depending on conductivity requirements, the sample may be sputter-coated with carbon or gold.
4. **Imaging:** The sample is then placed into the microscope chamber and is ready for scanning (Figure 1).



**Figure 1. The microscope chamber**

In the presented case, the dental implant sample was mounted without sputter-coating—only using carbon tape. Analyses were performed under high vacuum using a Secondary Electron (SE) detector to assess surface morphology, and Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) for point-specific elemental analysis. To minimize contamination risk, all implant handling was conducted with sterile gloves.

## Implant Surface Analysis Procedure

### 1. Surface Cleaning and Preparation

- The implant surfaces are carefully cleaned to ensure accurate and contamination-free analysis.
- A pristine surface is essential for reliable identification of both intrinsic material properties and any surface contaminants.

### 2. SEM Imaging and Elemental Analysis

- Microstructural Evaluation: SEM provides high-resolution visualization of the implant surface, facilitating micro- and nanostructural analysis.
- Contamination Mapping: SEM imaging can reveal surface residues such as dust, oil films, or oxidation products.
- EDS Spectroscopy: Coupled with SEM, EDS enables detailed qualitative and quantitative analysis of elemental composition. It is particularly effective in detecting surface contaminants and determining their elemental identity and concentration.

### 3. Detection of Surface Contaminants

- Metallic and Non-metallic Residues: SEM/EDS analysis can detect trace amounts of potentially harmful elements, such as aluminum, chlorine, sulfur, or iron—residues that may be introduced during manufacturing and can lead to peri-implantitis or implant degradation (Figure 2).
- Oxidative Layers and Organic Films: The presence of oxide layers or organic residues (e.g., from lubricants or cleaning agents) can compromise osseointegration and destabilize the implant.

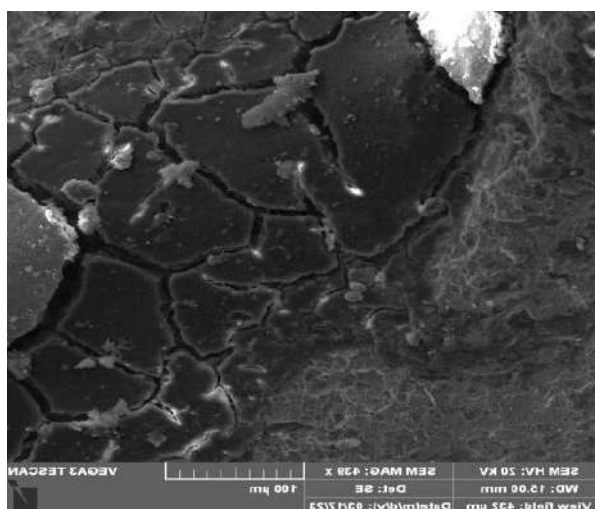


Figure 2. SEM Analysis of a Dental Implant

## Conclusion

**Elemental Surface Analysis:** Data obtained from Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) offer precise identification of the chemical elements present on the implant surface. This enables detection of foreign elements that are not part of the implant's original material composition, potentially introduced during the manufacturing process or surgical placement (Figures 3a and 3b). **Micro- and Nanoscale Topographical Visualization:** High-resolution SEM imaging provides detailed insights into the surface morphology of the implant, including assessments of porosity and surface smoothness—key parameters for optimal osseointegration. The presence of irregularities or contaminants in the surface structure may signal an increased risk of implant failure or poor biological integration. The elemental composition of dental implant surfaces exhibited variation across different samples, largely influenced by the implant class and manufacturing process.

Through our SEM/EDS-based investigation, the primary goal was to identify and quantify surface contaminants, assessing the proportion of each detected element and evaluating their potential impact on the biological process of osseointegration.

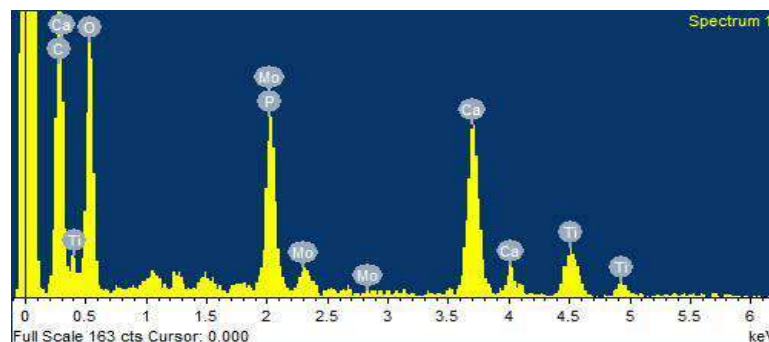


Figure 3a. Chemical Analysis of the Surface of a Dental Implant Using an Electron Microscope

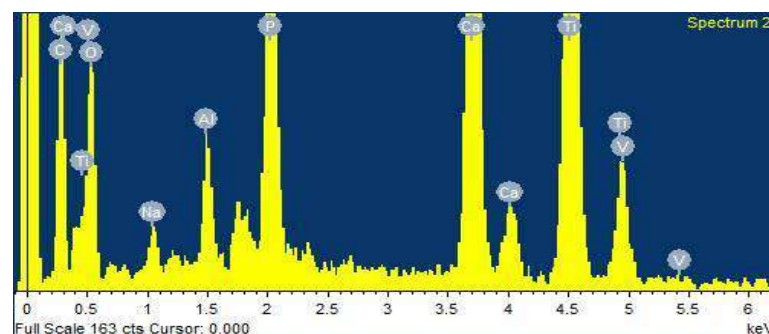


Figure 3b. Chemical Analysis of the Surface of a Dental Implant Using an Electron Microscope

## References

- [1] Dhaliwal JS, David SRN, Zulhilmi NR, Dhaliwal SKS, Knights J, de Albuquerque Junior RF. Contamination of titanium dental implants: a narrative review. *SN Appl Sci*. 2020;2:1–10.
- [2] Makary C, Menhall A, Lahoud P, An HW, Park KB, Traini T. Nanostructured Calcium-Incorporated Surface Compared to Machined and SLA Dental Implants—A Split-Mouth Randomized Case/Double-Control Histological Human Study. *Nanomaterials*. 2023;13(2):357.

- [3] Meng HW, Chien EY, Chien HH. Dental implant bioactive surface modifications and their effects on osseointegration: a review. *Biomark Res.* 2016;4:1–14.
- [4] Mtanis T, Biadsee A, Ormianer Z. Assessing the cleanliness of dental implants using scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy analysis—a SEM and EDS in vitro study. *J Funct Biomater.* 2023;14(3):172. doi:10.3390/jfb14030172
- [5] Torta F, Hoffmann N, Burla B, Alecu I, Arita M, Bamba T, et al. Concordant inter-laboratory derived concentrations of ceramides in human plasma reference materials via authentic standards. *Nat Commun.* 2024;15(1):8562. doi:10.1038/s41467-024-52087-x
- [6] Kitagawa M, Murakami S, Akashi Y, Oka H, Shintani T, Ogawa I, et al. Current status of dental metal allergy in Japan. *J Prosthodont Res.* 2018;1–4. doi:10.1016/j.jpor.2019.01.003
- [7] Deng C, Shen X, Yang W, Luo Z, Ma P, Shen T, et al. Construction of zinc-incorporated nano-network structures on a biomedical titanium surface to enhance bioactivity. *Appl Surf Sci.* 2018;453:263–70. doi:10.1016/j.apsusc.2018.05.097
- [8] Bahraminasab M, Bozorg M, Ghaffari S, Kavakebian F. Electrochemical corrosion of Ti-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> biocomposites in Ringer’s solution. *J Alloys Compd.* 2019;777:34–43. doi:10.1016/j.jallcom.2018.09.313
- [9] Lukaszewska-Kuska M, Wirstlein P, Majchrowski R, Dorocka-Bobkowska B. Osteoblastic cell behaviour on modified titanium surfaces. *Micron.* 2018;105:55–63. doi:10.1016/j.micron.2017.11.010
- [10] Jiang J, Han G, Zheng X, Chen G, Zhu P. Characterization and biocompatibility study of hydroxyapatite coating on the surface of titanium alloy. *Surf Coat Technol.* 2019;375:645–51. doi:10.1016/j.surfcoat.2019.07.067