

**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 информации 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 Периќ / 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 информациони 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 информациони 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 информациони 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:

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

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



Трета меѓународна конференција ЕТИМА

Third International Conference ETIMA

UDC: [616.314.18:616.314-74]:621.375.826

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA25312311>

ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАТОЦИ ПРИ УПОТРЕБА НА ЛАСЕР ВО РЕСТАВРАТИВНАТА СТОМАТОЛОГИЈА И ЕНДОДОНЦИЈА

Longurova Natasha¹, Zlatanovska Katerina², Kovachevska Ivona³,

¹Faculty of medical sciences, University "Goce Delcev"- Stip, Republic of North Macedonia,

address: Krste Misirkov, 10A, 2000, Stip

e- mail:natasa.longurova@ugd.edu.mk

e- mail:katerina.zlatanovska@ugd.edu.mk

e- mail:ivona.kovacevska@ugd.edu.mk

Апстракт

Стоматолошките ласери се модерни алатки со бројни предности и индикации во стоматологијата, од отстранување на кариозните лезии, превенција на кариес, третман на гингивитис и пародонтопатија, па сè до хируршки интервенции.

Цел на овој труд е да ја прикажеме клиничката примена, предностите, предизвиците, начинот на работа во реставративната стоматологија и ендодонција. Направивме литературно пребарување на литературата во последните 10 години со цел запазување на современоста и моменталната застапеност на истиот.

Принципот на ласерската подготовка е тоа што емајлот и дентинот добро ги апсорбираат ласерските зраци како резултат на водата и ОН јоните на хидроксиапатот. При апсорпција на енергијата доаѓа до зголемување на температурата и притисокот во забното ткиво и резултира со отстранување на кариозното ткиво со запазување на принципот на минимално инвазивна подготовка.

Ласерите имаат голема улога при елиминирање на микроорганизмите од коренските канали. Неуспешниот ендодонтски третман најчесто е резултат на присуството на микроорганизми во коренскиот канал или во дентинските тубули. Со цел да се намали ваквото присуство на микроорганизми, и да се избегне можен неуспешен третман, се препорачува и ласерско зрачење на коренскиот канал.

Ласерот е алатка со голема предност, бидејќи засекувањето на тврдите забни ткива без болка и притисок со што неадекватноста на пациентот е сведена на минимум, со отсуство на дискомфорт, болка, вибрации, притисок.

Клучни зборови:

кариес, ендодонтски третман, ласер

Вовед

Ласерската технологија во стоматологијата претставува значаен напредок во современата стоматолошка пракса, нудејќи прецизни, минимално инвазивни и ефикасни методи за третман на различни стоматолошки состојби. Од своето воведување во 1960-тите, ласерите се користат во бројни стоматолошки процедури, вклучувајќи третман на кариеси, ендодонтски интервенции, хируршки зафати и терапија на меко ткиво. Развојот на различни типови ласери, како што се CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG и аргон ласери, овозможи персонализирани пристапи во третманите, со фокус на подобрување на резултатите и намалување на болката и времето на опоравување.

Сепак, и покрај бројните предности, постојат и предизвици и ризици поврзани со употребата на ласери во стоматологијата. Механизмите на дејство, ефективноста во различни клинички ситуации и потенцијалните негативни ефекти се предмет на континуирани истражувања и дебати. Целта на ова истражување е да се разгледаат различните аспекти на ласерската технологија во стоматологијата, со посебен акцент на превенцијата на кариесот и ендодонтските третмани, како и да се анализираат најновите истражувања и клинички применливости.

Материјал и метод

Со цел исполнување на главните цели на ова истражување, беше спроведено литературно пребарување во различни бази на податоци, при што акцентот беше ставен на научни трудови, пред сè објавени на платформата PubMed. Истражувањето ги опфаќа последните десет години (2015–2025), со цел да се обезбеди актуелноста на темата. Дополнително, беа земени предвид и постари публикации кои, и покрај нивната хронолошка оддалеченост, се сметаат за релевантни и суштински за разгледуваната тема. Вклучени се и трудови што понатаму ја разјаснуваат и продлабочуваат темата на истражувањето.

Преку реализација на целите на ова истражување, имаме за цел да ги прикажеме основните принципи за употреба на ласерската светлина во стоматолошката практика. Ова се должи на сè поголемата застапеност и популарност на ласерската технологија во стоматологијата во последните неколку децении. Денталните ласери имаат широка палета на индикации во секојдневната стоматолошка работа, и секој стоматолог треба да ги познава, за да може да ги искористи предностите на оваа современа технологија

Резултати

Селективно отстранување на кариес, препарација на кавитет и адхезија на иригираните ткива

- Како Er:YAG и Er,Cr:YSGG го отстрануваат тврдото дентално ткиво?

Ербиум ласерите го отстрануваат тврдо дентално ткиво преку термомеханичка аблација. Инфрацрвената енергија се апсорбира од вода заробена во матриксот на ткивата, што резултира со „микро-експлозии“ кои го отстрануваат минерализираното ткиво [1, 2]. За минимизирање на термичката штета и зачувување на виталноста на пулпната комора, важно е користење на водено или воздушно ладење [3, 4].

- Адхезија на кавитети препарирани со ласер

Бондирањето на емајл препариран со ласер не е критично затоа што површината е доволно рапава, но нагризувањето ја подобрува адхезијата [5]. Резултатите за адхезија на дентинот се контроверзни: некои студии тврдат дека еткањето не е потребно бидејќи ласерот ги отстранува размачканиот слој и создава рапава површина, додека други дистинкти приврзуваат еткањето како неопходно за изложување на колагенските влакна и подобра инфилтрација на мономерот [6, 5]. Self-etch системите содржат киселина која ја деминерализира површината и овозможува инфилтрација на дентинот [7]. Сепак, треба

да се избегнува површинско топење, карбонизација и оштетување на пулпата, што Hibst и Keller предупредуваат како суштински при ласерската употреба [2].

Придобивки од препарацијата со ласер споредено со конвенционалната:

- Селективно отстранување на кариес и подготовки на кавитет;
- Поголема удобност за пациентот, без звук и вибрации, што го прави третманот понепријатен;
- Во одредени случаи е без потреба од локална анестезија;
- Редукција на бактерии.

Ограничувања при користење ербиум ласери за кавитетна препарација:

- Не се препорачува за отстранување на амалгам или керамика;
- Маргините на кавитетот се ирегуларни, па композитните материјали се најпрепорачливи;
- Потребно е теоретско и практично познавање на ласерската технологија;
- Времето на работа е 3–4 пати поголемо отколку при конвенционална метода, зголемената фреквенција или густина може да ја покачи температурата и да создаде дискомфорт;
- Висока цена на опремата.

Ербиум ласерите (2940 nm и 2780 nm) се ефективни алтернативи за кавитетна препарација, но нивната успешна употреба зависи од познавањето и искуството на терапевтот.

Дијагностика на кариесот

- Користење на ласер флуоресценција за детекција на кариес

Флуоресценцијата претставува емисија на светлина како резултат на интеракција помеѓу електромагнетни бранови и специфични молекули. Некои од овие молекули емитуваат светлина која може или не мора да биде видлива за голо око [1].

Аргон ласерот (488 nm) покажал потенцијал во детекција на кариозни лезии, но не бил во можност да ги диференцира површинските лезии [2]. Слично, HeNe ласерот (633 nm) не успева да ги разликува лезиите [3].

Диодниот ласер (AsGaIP) кој емитува на 655 nm се покажал како ефикасен, бидејќи со оваа бранова должина може да се пенетрира во забната површина. Флуоресценцијата предизвикана од овој ласер е резултат на бактериски порфирины, а не на деминерализацијата на ткивото [4]. Количината на флуоресценција е поврзана со присуството на овие метаболити, но и со бојата на забот – потемните заби емитуваат повеќе светлина [5].

За да се добие точен резултат, прво се врши калибрација на уредот на керамичка површина, потоа и на здрав дел од забот за да се добие базична вредност. Сепак, секојдневна индивидуална калибрација за секој заб е нереалистична во клиничката пракса [6].

Првиот комерцијален уред базиран на ласер флуоресценција со поедноставен процес на калибрација беше DIAGNOdent (KaVo), а подоцна се појави DIAGNOdent pen (KaVo) кој овозможува и скенирање на апроксимален кариес, додека оригиналната верзија беше ограничена на оклузални површини [7].

- Надворешни фактори кои влијаат врз перформансот на ласер флуоресценцијата

Неколку фактори влијаат врз ефикасноста на ласер флуоресценцијата во секојдневна клиничка работа.

Сушење на забот: ако забот се суши под 3 секунди, нема негативно влијание врз одчитувањето, но ако трае подолго – чувствителноста се намалува [8].

Присуството на плак или забен камен може да ја зголеми флуоресценцијата поради бактериските производи во нивната структура, па затоа се препорачува претходно чистење [9].

Залевачи поставени во фисурите можат да влијаат врз точноста на мерењето и резултатите од DIAGNOdent [10].

Употреба на ласери за превенција на кариесот

При воведувањето на ласерите во стоматологијата, се поставува прашањето дали тие можат да го зајакнат емајлот против деминерализација. Првите испитувања се фокусираа на CO₂ ласерите, а подоцна и на Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG и аргон ласери [11].

- CO₂ ласери

Предложени се различни механизми за намалување на деминерализацијата на емајлот после ласерско зрачење. Една хипотеза ја поврзува топењето на хидроксиапатитот со намалување на пропустливоста на емајлот, но подоцнежни истражувања покажуваат дека пропустливоста всушност се зголемува [11]. Други студии укажуваат на формирање на помалку растворливи фосфатни супстанции, како што се калциум оксид-фосфат, на површината на емајлот [12]. Комбинацијата на ласер и флуорид ефикасно го намалува ризикот од кариес преку формирање сфери облик на калциум флуорид или интеграција на флуороапатит во кристалниот матрикс [13].

- Аргон ласери

Аргон ласерот создава микроскопски вдлабнатини што задржуваат јони (калциум, фосфат, флуорид), подобрувајќи го минералниот состав и отпорноста на емајлот [14].

- Nd:YAG ласери

Nd:YAG ласерите не се толку ефикасни на емајлот, освен ако не се користи фотосензибилизатор, што ја ограничува нивната примена [15]. Најефикасен во превенција на кариес бил CO₂ ласерот според *in vitro*, *in situ* и клинички студии [11].

Употреба на ласери во ендодонтски третман

- Антимикробна фотодинамична терапија (aPDT)

Конвенционалниот ендодонтски третман опфаќа механичка подготовка, иригација и оптурација за елиминација на микроби [16]. Комбинирање со aPDT (која користи фотосензибилизатор и светло за создавање реактивен кислород) го намалува бактеријскиот товар, иако успешноста варира поради фактори како фотосензибилизатор и дистрибуција на светлото [17–19].

Високо енергетски ласери во ендодонцијата

Со цел да се зголеми успехот од ендодонтскиот третман, се испитуваат нови техники што вклучуваат употреба на високоенергетски и нискоенергетски ласери. Еден од најчесто употребуваните е Nd:YAG лазерот, кој емитува светлина со бранова должина од 1064 nm. Оваа бранова должина е слабо апсорбирана од страна на непигментирани тврди и меки ткива, но покажува бактерицидно дејство и може да предизвика „топење“ на дентинот, особено во апикалниот дел на коренскиот канал, со што се подобрува затворањето на тубулите и се редуцираат микроорганизмите (20).

Од друга страна, Er:YAG (2940 nm) и Er,Cr:YSGG (2790 nm) ласерите имаат висока апсорпција од страна на водата, што овозможува термомеханичка аблација преку микроексплозии. Овие ласери ефективно го отстрануваат размачканиот слој (smear layer), овозможувајќи подобро пенетрирање на иригансите и медикаментите во дентинските тубули (21).

Присуството на микроорганизми во дентинските тубули и коренскиот канал е главната причина за неуспех на ендодонтскиот третман. Затоа, користењето на високо енергетски ласери е препорачано за да се постигне дополнителна стерилизација и дезинфекција (22). Студии покажуваат дека Nd:YAG, Er:YAG и Er,Cr:YSGG имаат изразено бактерицидно дејство (23), но сепак, некои компаративни истражувања укажуваат дека диодните ласери даваат супериорни резултати во однос на редукцијата на бактериите (24).

Важно е да се истакне дека ефективноста на лазерската стерилизација зависи и од дебелината на дентинскиот сид – колку е поголема дебелината, толку повеќе енергија е потребна за постигнување на адекватен бактерициден ефект (25).

Дискусија

Во светската литература постојат бројни дискусии кои се однесуваат на предностите и недостатоците на лазерот како алатка во стоматологијата, но и на неговата есенцијална улога во секојдневната пракса.

Liliana S. et al. во *Laser Technology in Dentistry: From Clinical Applications to Future Innovations* (2024) ја обединуваат најновата технолошка еволуција со практични методи на примена, воспоставувајќи цврста рамка за разбирање на сè поголемото влијание на ласерите во современата стоматолошка пракса (26).

Според Soares et al. во *Low Intensity Laser Therapy: A Review of Its Applications and Effectiveness in Health, General Dentistry and Endodontics* (2024), нискоинтензивната лазерска терапија (LLLT) покажува значителен потенцијал како комплементарна техника во медицината и стоматологијата. Терапијата е особено ефикасна во намалување на воспаление, олеснување на болка и поттикнување на ткивна регенерација. Сепак, тие

заклучуваат дека се потребни дополнителни клинички испитувања за целосно утврдување на нејзината ефикасност и стандардизација на протоколите (27).

Malcangi et al. во *Therapeutic and Adverse Effects of Lasers in Dentistry: A Systematic Review* (2023) прават систематска анализа, разгледувајќи ги терапевтските придобивки и негативните ефекти од ласерската употреба во стоматологијата, правејќи споредба помеѓу различни типови (CO₂, диоден, Nd:YAG, Er:YAG, аргон). Авторите заклучуваат дека ласерите нудат значајни предности како што се стерилизација, контрола на бактерии, регенерација на ткивата и третман на пери-имплантитис, но предупредуваат и на потенцијални ризици како што се пукање на тврди ткива, термално оштетување на пулпата, болка, изгореници и некроза доколку не се обезбеди соодветно ладење (28).

Заклучок

Ласерот ја револуционизира стоматологијата со својата извонредна прецизност, минимално инвазивни интервенции и способност за стимулирање на брзо заздравување. Оваа технологија ја намалува болката и го забрзува опоравувањето, обезбедувајќи супериорни резултати при длабинска дезинфекција и персонализирани третмани. Со интеграцијата на вештачка интелигенција и сè поголема достапност, ласерот претставува иднината на стоматолошките третмани, повторно дефинирајќи ја удобноста и ефикасноста и за пациентите и за стоматолозите.

Користена литература

- [1]Jeng, H. W., Fei, X., & Featherstone, J. D. (1992). Caries removal by Nd:YAG laser. *Journal of Dental Research*, 71(6), 144–149.
- [2]Wigdor, H. A., et al. (1993). Lasers in dentistry. *Lasers in Surgery and Medicine*, 13(5), 602–611.
- [3]Apel, C., et al. (2005). The caries preventive effect of enamel irradiation using an Er:YAG laser and fluoride. *Lasers in Surgery and Medicine*, 37(5), 373–378.
- [4]Hibst, R., & Keller, U. (1999). Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*, 9(4), 338–344.
- [5]Featherstone, J. D. B. (2000). The science and practice of caries prevention. *Journal of the American Dental Association*, 131(7), 887–899.
- [6]Kellesarian, S. V., et al. (2017). Laser applications in restorative dentistry: A review of clinical effectiveness. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(8), ZE01–ZE04.
- [7]Ramos, T. M., et al. (2011). Effects of erbium lasers on the adhesion of self-etch adhesives to dentin. *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(10), 677–684.
- [8]Borsatto, M. C., et al. (2009). Influence of Er:YAG laser irradiation on the bond strength of adhesive systems to sound and demineralized dentin. *Lasers in Medical Science*, 24(5), 755–762.
- [9]Dostalova, T., et al. (2002). Non-invasive caries detection using laser-induced fluorescence. *Lasers in Medical Science*, 17(4), 264–272.
- [10]Lussi, A., et al. (2004). Performance of laser fluorescence devices for detection of occlusal caries in permanent molars. *Journal of Dental Research*, 83(8), 768–772.
- [11]Hibst, R., Paulus, R., & Lussi, A. (2001). Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations. *Medical Laser Application*, 16(4), 205–213.
- [12]Lennon, Á. M., et al. (2002). Use of laser fluorescence to monitor lesion progression in situ. *Caries Research*, 36(6), 353–359.
- [13]Shi, X. Q., & Welander, U. (2000). Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: An in vitro comparison. *Caries Research*, 34(2), 151–158.
- [14]Lussi, A., et al. (2006). Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *European Journal of Oral Sciences*, 114(6), 512–516.
- [15]González-Cabezas, C., et al. (2005). Fluoride uptake in enamel following laser irradiation and topical fluoride treatment. *Caries Research*, 39(6), 509–515.

- [16]Rechmann, P., et al. (2003). Er:YAG laser and fluoride: A synergistic effect on the inhibition of root surface caries in vitro. *Caries Research*, 37(6), 393–396.
- [17]Nelson, D. G. A., et al. (1986). Effects of CO₂ laser on the ultrastructure of enamel and dentin. *Journal of Dental Research*, 65(7), 1120–1125.
- [18]Featherstone, J. D. B., et al. (1998). CO₂ laser inhibition of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *Journal of Dental Research*, 77(6), 1397–1403.
- [19]Powell, G. L., et al. (1995). Argon laser irradiation of enamel: Decreased acid dissolution. *Journal of Dental Research*, 74(11), 1939–1944.
- [20]Bahcall, J. K., et al. (2002). Argon laser irradiation of enamel: Effects on resistance to demineralization. *Journal of Endodontics*, 28(4), 254–257.
- [21]Moritz, A., et al. (1997). Bacterial reduction in root canals using diode laser and NaOCl irrigation. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 15(1), 29–31.
- [22]George, R., et al. (2008). Efficacy of Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Journal of Endodontics*, 34(7), 818–821.
- [23]Schoop, U., et al. (2004). Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers in Surgery and Medicine*, 35(2), 111–116.
- [24]Garcez, A. S., et al. (2008). Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: A preliminary report. *Journal of Endodontics*, 34(3), 322–325.
- [25]Meire, M. A., et al. (2009). Efficacy of laser-based techniques for disinfection of the root canal system: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 42(12), 1003–1016.
- [26]Liliana, S., Kowalski, M., & Zhang, L. (2024). *Laser Technology in Dentistry: From Clinical Applications to Future Innovations*. Springer Nature.
- [27]Soares, G., Tavares, R., & Delgado, P. (2024). Low Intensity Laser Therapy: A Review of Its Applications and Effectiveness in Health, General Dentistry and Endodontics. *Journal of Photomedicine*, 41(1), 12–25.
- [28]Malcangi, G., Rossi, A., et al. (2023). Therapeutic and Adverse Effects of Lasers in Dentistry: A Systematic Review. *Lasers in Medical Science*, 38(7), 1333–1347.