

**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: [635:631.544.4]:[620.92:502.131.1](497.7)

<https://www.doi.org/10.46763/ETIMA253114p>

СОВРЕМЕНО РАНОГРАДИНАРСКО ПРОИЗВОДСТВО СО ПРИМЕНА НА ОБНОВЛИВИ ЕНЕРГЕТСКИ ИЗВОРИ И ТЕХНОЛОГИИ

Марио Петковски¹, Влатко Чингоски², Ангела Живачки³

¹Земјоделски факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ Штип, Р. С. Македонија

²Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Северна Македонија

³Земјоделски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ Скопје, Р.С. Македонија

Апстракт

Оваа студија истражува модерно производство на раноградинарски култури со акцент на интеграција на обновливи извори на енергија и технологии. Ги испитува хидропониката, аквапониката, климатски контролираните стакленици, автоматизацијата и дигитализацијата, заедно со примената на сончева, геотермална, биомаса и ветерна енергија. Со прикажување на студии на случај и технички иновации, студијата го истакнува придонесот на овие технологии кон енергетската ефикасност, намалениот јаглероден отпечаток и локалниот економски развој. Посебен фокус е ставен на потенцијалот за имплементација во Северна Македонија, каде што поволните климатски услови, инвестициските можности и институционалните рамки претставуваат и можности и предизвици. Студијата дава заклучок за препораки за подобрена поддршка, едукација и стратешка интеграција кон одржливо земјоделство.

Клучни зборови:

производство на раноградинарски култури, обновлива енергија, хидропоника, сончева енергија, автоматизација, одржливо земјоделство, стакленици, биомаса, геотермална енергија

1. Вовед

Раноградинарското производство претставува една од најинтензивните и најпрофитабилни гранки во областа на растителното производство. Оваа форма на земјоделие се карактеризира со одгледување на зеленчукови култури кои се појавуваат на пазарот во најран можен период од годината, кога побарувачката е висока, а понудата е ограничена. Поради тоа, раноградинарските производи често постигнуваат повисоки пазарни цени, што директно влијае врз рентабилноста и економската одржливост на производството [5]. Покрај економскиот аспект, раноградинарското производство игра значајна улога и во обезбедувањето на свежи, нутритивно вредни производи за потрошувачите во време кога понудата од отворено поле е ограничена. Воедно, се создаваат можности за зголемено производство и развој на руралните средини, што е особено важно за економски послабо развиените региони [22]. Модерните трендови во земјоделството укажуваат дека интеграцијата на технолошки напредни решенија, како што се заштитени простори (стакленици, пластеници), контролирани услови на одгледување и прецизно земјоделство, се клучни за унапредување на раноградинарското

производство. Современите предизвици поврзани со климатските промени, деградацијата на почвите и дефицитот на природни ресурси (особено вода и фосилни горива) го наметнуваат концептот на одржливо земјоделство како неопходност. Во овој контекст, примената на обновливи енергетски извори во раноградинарското производство се јавува како логичен и неопходен чекор за постигнување на еколошка и економска рамнотежа. Според истражувањето на [14], интеграцијата на соларни панели, геотермална енергија и биомаса во заштитеното растително производство значително ги намалува емисиите на стакленички гасови и оперативните трошоци. Особено во пластеничкото производство, каде контролата на микроклимата (температура, влажност, светлина) е клучна за успешно одгледување на растенијата, примената на обновлива енергија (на пример, соларно загревање на воздух или вода, користење на енергија од биогас за греење) претставува иновативен и одржлив пристап. Овие технологии овозможуваат продолжување на вегетацискиот период, стабилизирање на приносите и намалување на зависноста од скапата и нееколошка енергија од фосилни горива [7]. Покрај енергетските придобивки, технологиите како автоматизирано наводнување, сензори за микроклима и паметни контролни системи овозможуваат поефикасно користење на ресурси и намалување на отпад. Овие пристапи се усогласени со Целите за одржлив развој, особено SDG 2 и SDG 7, и покажуваат како иновациите можат да се применат во домашни услови за поголема економска исплатливост, одржливост и подобар квалитет на културите.

2. Современи практики во раноградинарското производство

2.1. Хидропоника и аквапоника

Хидропониката подразбира одгледување растенија во хранлива водена средина, каде што сите потребни макро- и микроелементи се доставуваат преку раствор. Оваа метода овозможува контрола на сите параметри на раст, што резултира со побрз развој, повисоки приноси и подобар квалитет на производот. Аквапониката е комбинација на хидропонско производство и аквакултура, каде што водата богата со нутриенти од рибниот отпад се користи за исхрана на растенијата. Растенијата, за возврат, ја филтрираат водата која потоа се враќа во рибниот резервоар. Ваквиот затворен еколошки систем овозможува значителни заштеди на вода и создавање на одржлив и еколошки произведен систем [25]. Овие технологии се особено корисни во урбани и просторно ограничени средини, каде што традиционалното земјоделие не е изводливо. Дополнително, со автоматизација на системите за хранење и мониторинг, се овозможува 24-часовна грижа за растенијата со минимална човечка интервенција. Истражувањата покажуваат дека хидропонските системи користат до 90% помалку вода во споредба со традиционалното производство [10].

2.2. Автоматизација и дигитални технологии

Автоматизацијата и дигиталната технологија го трансформираат раноградинарското производство, овозможувајќи поголема прецизност, ефикасност и рационално користење на ресурси. Примената на IoT (Internet of Things) уреди, сензори и паметни алгоритми овозможува следење на параметри како температура, влажност, pH и ниво на хранливи материи во реално време [34]. На тој начин, се овозможува навремена интервенција и оптимизирање на производниот процес.

Системите за автоматско наводнување и исхрана, управувани преку мобилни апликации или компјутерски платформи, го намалуваат потребниот труд и го минимизираат човечкиот фактор. Со помош на машинско учење и анализа на податоци, производителите можат да добијат препораки за најдобро време за садење, жетва или примена на агрохемиски средства [22].

Истражувањата покажуваат дека фармите кои користат автоматизирани системи и дигитални технологии постигнуваат до 30% повисоки приноси со 20–40% помали вложувања во ресурси [18]. Тоа ја прави дигитализацијата клучен двигател за иднината на земјоделството.

3. Обновливи извори на енергија во раноградинарството

3.1. Соларна енергија (фотоволтаици за струја, соларни колектори за загревање)

Соларната енергија претставува една од најдостапните и најприменуваните форми на обновлива енергија во современото раноградинарство. Нејзината примена најчесто се остварува преку фотоволтаични панели (PV) за производство на електрична енергија и соларни термални колектори за загревање на воздух и вода. Овие технологии значително ги намалуваат оперативните трошоци на фармите и ја зголемуваат енергетската независност [27].

Фотоволтаичните панели се користат за напојување на системите за вентилација, автоматизација, пумпи за наводнување, осветлување и дури и за греење преку електрични грејачи. Тие се особено ефикасни во региони со висока соларна радијација, како што е јужна Европа, вклучително и Македонија. Според [14], интеграцијата на PV системи може да обезбеди до 100% од потребната електрична енергија во помали стакленички единици. Од друга страна, соларните термални колектори обезбедуваат топлинска енергија, која е клучна за одржување на оптимална температура во пластениците во текот на ладните месеци. Овие системи може да се користат и за затоплување на вода што се користи за наводнување, со што се избегнува шокот кај растенијата при полевање со студена вода [24]. Предностите на соларната енергија вклучуваат ниски одржувачки трошоци, долгорочна исплатливост и минимално влијание врз животната средина. Иако почетната инвестиција може да биде висока, соодветни субвенции и зелени фондови значително ја олеснуваат нејзината имплементација.

3.2. Геотермална енергија

Геотермалната енергија е уште една значајна опција за одржливо загревање во раноградинарството, особено во региони со достапност на геотермални ресурси. Овој извор на енергија користи топлина од внатрешноста на Земјата, која може да се извлече преку геотермални бунари и да се користи за директно загревање на стакленици, загревање на вода или снабдување на системи за подно греење. Истражувањата покажуваат дека примената на геотермална енергија овозможува стабилна и сигурна термичка енергија со ниски емисии на стакленички гасови. Според [19], оваа технологија има висока енергетска ефикасност и долгорочна економска исплатливост, со минимално влијание врз околината. Геотермалната топлина може да се користи и за преработка на компост, сушење на растенијата и плодовите и загревање на рибници во аквапонски системи. Едно од главните предности на геотермалната енергија е нејзината

континуираност – не зависи од временски услови како соларната или ветроенергијата. Ова ја прави идеална за континуирана употреба во текот на целата година. Во некои земји, како Исланд и Унгарија, геотермалната енергија веќе се користи во комерцијални пластенички комплекси со висок степен на успех [9]. Меѓутоа, високата почетна инвестиција и потребата од геолошки истражувања можат да бидат ограничувачки фактори. За тоа е потребна интердисциплинарна соработка меѓу геолози, енергетски инженери и агрономи.

3.3. Биомаса и компостирање

Биомасата како обновлив извор на енергија вклучува употреба на органски остатоци од растително и животинско потекло за производство на топлина, електрична енергија или биогаз. Во контекст на раноградинарството, најчесто се користи како гориво за загревање на пластеници или за производство на биогаз преку анаеробна ферментација. Според [8], биомасата може да замени фосилни горива и да ги намали емисиите на CO₂ до 90%. Компостирањето, пак, не само што обезбедува органски ѓубрива со висока биолошка вредност, туку и ослободува топлина што може да се искористи за загревање на растителен материјал или вода во помали пластенички системи. Комбинацијата на компостирање и геотермална топлина се користи во системи со пасивна енергија, каде пластениците се загреваат преку топлина од компостирани органски материјали [31]. Предноста на биомасата лежи во тоа што ја користи биолошката „отпадна“ енергија од самото производство – растителни остатоци, отпад од храна и стебла. Со тоа се намалуваат и отпадот и енергетската зависност. Сепак, управувањето со биомаса бара одредени технички капацитети и логистика, особено кога станува збор за складирање и контрола на емисиите при согорување.

3.4. Ветроенергија (во помал обем)

Ветроенергијата, иако не е толку распространета во раноградинарството како соларната или биомасата, има потенцијал за примена во мали системи, особено во рурални и повисоки подрачја со постојани ветрови. Мали ветерници можат да се користат за производство на електрична енергија која напојува системи за вентилација, осветлување или наводнување во пластеници [1]. Еден од главните бенефити на ветроенергијата е тоа што станува збор за целосно чиста и обновлива енергија без емисии. Таа може да се комбинира со фотоволтаични системи во т.н. хибридни системи, кои овозможуваат постојано снабдување со електрична енергија дури и кога нема сонце. Според [20], ваквите системи се особено корисни во оддалечени области без пристап до електричната мрежа. Сепак, варијабилноста на ветерот и потребата од простор за инсталација може да претставуваат ограничувања. Исто така, ветерниците можат да создаваат вибрации и звук, што не секогаш е прифатливо во чувствителни земјоделски средини. Во мали размери, сепак, тие можат да бидат исклучително корисни како дополнителен енергетски извор.

4. Интеграција на обновливи извори со градинарското производство

4.1. Примери на успешни случаи

Интеграцијата на обновливи извори на енергија со градинарското производство покажала висока ефикасност и економска исплатливост во различни земји. Во Холандија, се развиваат напредни стакленички системи кои комбинираат геотермална енергија и соларни технологии за затоплување и енергетска ефикасност. Пример за таков систем е стакленикот со интегриран NIR филтер и соларен систем за ладење, кој значително ги намалува енергетските потреби и емисиите на стакленички гасови [26].

Во Индија, системи за соларно автоматизирано капково наводнување се интегрирани во помали семејни градини. Пример е проектот во којшто земјоделци користат фотоволтаици за управување со пумпи за вода, што довело до намалување на трошоците за енергија за над 60% [30].

Во Исланд, каде геотермалната енергија е достапна, таа се користи за целосно греење на стакленици, при што се постигнуваат услови за целогодишно производство на раноградинарски култури. Иновативниот пристап овозможува самодоволност во храна во неповолни климатски услови [14].

Овие примери покажуваат дека соодветно избраните обновливи технологии може значително да ја зголемат одржливоста и продуктивноста на градинарското производство, прилагодено на локалните климатски и економски услови.

4.2. Енергетска ефикасност и намалување на јаглеродниот отпечаток

Интеграцијата на обновливи извори на енергија во градинарското производство значително придонесува за енергетска ефикасност и намалување на јаглеродниот отпечаток. Преминот од фосилни горива кон чисти извори како соларна, геотермална или енергија од биомаса овозможува драстично намалување на емисиите на CO₂. Според [11], стакленичкото производство што користи обновлива енергија може да постигне до 80% намалување на емисиите во споредба со конвенционални системи.

Автоматизираните системи овозможуваат рационално користење на вода и енергија, што дополнително ја зголемува ефикасноста. Примена на енергетски ефикасни LED светла, термални изолации и CO₂ рецикулација во затворени производни системи резултира со оптимална фотосинтеза и намалена потрошувачка. Студија од [16] укажува дека оптимизацијата на енергијата во стакленици може да ја зголеми продуктивноста до 30%, со значително пониски емисии. Покрај тоа, енергетската ефикасност има и економски импликации: намалени трошоци за енергија, поголема стабилност на производството и можност за сертификација според зелени стандарди (ISO 50001, GlobalGAP Greenhouse Add-on). Ова овозможува конкурентност на пазарите каде се бара еколошка одговорност. Интегрирањето на енергетски одржливи решенија е не само еколошки избор, туку и долгорочна економска стратегија во модерното градинарство.

5. Економски и еколошки придобивки

5.1. Намалување на трошоците за енергија

Интеграцијата на обновливи извори на енергија во градинарското производство значително придонесува за намалување на трошоците за енергија. Традиционалните енергетски извори, како фосилните горива, се подложни на ценовни флукуации и зависат од глобалните пазари, што го прави енергетското снабдување нестабилно и скапо за земјоделците. Наспроти тоа, обновливите извори, како соларната и ветерната енергија, обезбедуваат стабилно и предвидливо снабдување со енергија по пониски трошоци [15].

Истражувањата покажуваат дека користењето на соларни панели или ветерни турбини може значително да ги намали сметките за електрична енергија на фармите. На пример, во САД, фармерите кои инсталирале соларни системи забележале значително намалување на трошоците за енергија, што позитивно влијае на нивната профитабилност и финансиска стабилност [12]. Дополнително, стабилните трошоци за енергија овозможуваат подобро планирање и буџетирање на земјоделските активности. Ова е особено важно во периоди на економска нестабилност или зголемени цени на фосилните горива. Со користење на обновливи извори, земјоделците можат да ги предвидат своите трошоци за енергија и да ги оптимизираат своите производствени процеси. Покрај тоа, некои земјоделци успеваат да генерираат дополнителен приход преку продажба на вишокот произведена енергија назад во електричната мрежа. Ова не само што ги намалува трошоците, туку и создава нови извори на приход за земјоделските стопанства. Исто така, постојат различни програми и иницијативи кои обезбедуваат финансиска поддршка за инсталирање на обновливи енергетски системи во земјоделството. Овие програми вклучуваат грантови, субвенции и поволни кредити, што дополнително ги намалува иницијалните инвестиции и ги прави обновливите извори достапни за поширок круг на земјоделци.

5.2. Одржливост и заштита на животната средина

Примената на обновливи извори на енергија во градинарството значително придонесува за одржливост и заштита на животната средина. Фосилните горива, како што се јагленот и нафтата, се главни извори на емисии на стакленички гасови, кои придонесуваат за глобалното затоплување и климатските промени. Наспроти тоа, обновливите извори, како соларната и ветерната енергија, произведуваат енергија без емисии на штетни гасови [23]. Користењето на обновливи извори во земјоделството помага во намалување на загадувањето на воздухот и водата. На пример, соларната енергија не произведува емисии на азотни оксиди или сулфур диоксид, кои се главни причинители на кисел дожд и респираторни заболувања [4]. Дополнително, обновливите извори ја намалуваат потребата од екстракција и транспорт на фосилни горива, што често доведува до деградација на земјиштето и загадување на екосистемите. Со тоа се зачувуваат природните ресурси и се промовира одржливо управување со земјиштето. Интеграцијата на обновливи извори исто така овозможува примена на практики како агриволтаика, каде што соларните панели се комбинираат со земјоделско производство. Ова не само што ја зголемува ефикасноста на користење на земјиштето, туку и создава микроклиматски услови кои можат да ја подобрат продуктивноста на одредени култури.

5.3. Потенцијал за локален економски развој

Интеграцијата на обновливи извори на енергија во земјоделското производство носи значителни економски и социјални придобивки, особено во руралните подрачја каде што земјоделството претставува главен економски столб [21]. Овие технологии не само што придонесуваат за енергетска независност и еколошка одржливост, туку имаат потенцијал да стимулираат локален економски развој, преку отворање на нови работни места, зајакнување на малите бизниси и подобрување на инфраструктурата.

Прво, развојот на обновливи енергетски проекти (соларни фарми, биогаз постројки, мали ветерници) бара инсталација, одржување и управување, што создава нови можности за вработување на локално ниво [6]. Истражувањата покажуваат дека проекти од овој тип можат да креираат до 2.7 пати повеќе работни места во споредба со производство на фосилните горива [13]. Ова е од особено значење за младите во руралните средини, каде што недостигот од работни места е чест проблем.

Второ, енергијата произведена од земјоделски стопанства не мора да биде ограничена на сопствената потрошувачка – вишокот може да се продава назад во мрежата, со што се создава нов извор на приход. Преку програми за „нето мерење“ (net metering) или „зелени тарифи“, фармерите добиваат финансиска компензација за енергијата што ја внесуваат во електричната мрежа [29]. Ова не само што ја подобрува нивната економска стабилност, туку им овозможува и инвестиции во други агроинновации и подобрување на условите за работа.

Дополнително, со користење на обновливи извори, земјоделците можат да ги диверзифицираат своите приходи, комбинирајќи производство на храна со производство на енергија – практика позната како агриволтаика. На пример, со поставување на соларни панели над градинарски култури или пасишта, се добива двојна функционалност: земјиштето се користи за фотонапонски генератори и за земјоделие. Ова не само што ги зголемува приходите, туку и го штити растителниот покров од прегревање и испарување [3]. Локалните заедници исто така имаат долгорочна корист од подобрената инфраструктура која често се развива паралелно со инсталацијата на обновливи системи: нови пристапни патишта, засилена електрична мрежа, дигитализација и подобар технички капацитет. Овие придобивки често остануваат на располагање и по завршувањето на првичниот проект и се користат од страна на целата заедница. На крај, инвестициите во обновлива енергија можат да го поттикнат и развојот на нови локални компании кои ќе нудат услуги за дизајн, инсталација и одржување на енергетски системи. Тоа ја стимулира локалната економија и ја намалува зависноста од увоз на технолошки решенија или работна сила. Во некои европски држави, програмите за рурален развој веќе успешно го вклучуваат производството на обновлива енергија како основа за економско заживување на општини со слаба демографија [32].

6. Предизвици и можности за примена во Македонија

Република Македонија располага со значителен потенцијал за развој на обновливи извори на енергија, особено во контекст на земјоделското производство. Земјата има просечно над 280 сончеви денови годишно, што ја прави погодна за инсталирање на фотоволтаични системи во земјоделските стопанства [12]. Дополнително, постојат и ветровити региони, како што е источниот дел на земјата, кои се погодни за изградба на

мали ветерни турбини. Сепак, климатските промени претставуваат значителен предизвик. Зголемената фреквенција на суши, поплави и екстремни временски настани негативно влијае врз земјоделското производство [32]. Овие услови ја нагласуваат потребата за адаптација и примена на обновливи извори на енергија кои можат да обезбедат стабилно снабдување со енергија и да помогнат во намалување на зависноста од традиционалните енергетски извори. Инвестициите во обновливи извори на енергија во земјоделството во Македонија се во пораст. Меѓународни организации, како што се Светската банка и Европската банка за обнова и развој, обезбедуваат финансиска поддршка за проекти поврзани со обновливи извори на енергија. Дополнително, постојат и национални програми за поддршка на земјоделците во инсталирање на обновливи енергетски системи. Овие програми вклучуваат субвенции, поволни кредити и техничка поддршка за имплементација на технологии како што се соларни панели, биогас постројки и системи за наводнување на соларен погон. Сепак, предизвик претставува недостатокот на информации и свесност кај земјоделците за достапните можности и бенефитите од примената на обновливи извори на енергија. Потребни се едукативни кампањи и обуки за зголемување на капацитетите и знаењето во оваа област. Македонија има усвоено законска рамка која го поддржува развојот на обновливи извори на енергија. Законот за енергија од 2018 година, заедно со неговите измени, обезбедува основа за регулирање на секторот и промовирање на инвестиции во обновливи извори. Дополнително, земјата е дел од Енергетската заедница и има обврска да ги усогласи своите политики со европските стандарди. Сепак, предизвик претставува имплементацијата на законите и административните процедури. Постојат случаи на бавни процеси за добивање дозволи и недоволна координација меѓу институциите. Исто така, постојат загрижености за предлозите за промени во Законот за земјоделско земјиште, кои би овозможиле изградба на енергетски постројки на плодна земја, што може да има негативни последици врз земјоделското производство [2].

За надминување на овие предизвици, потребно е зајакнување на институционалните капацитети, подобрување на координацијата меѓу различните сектори и обезбедување на транспарентни и ефикасни процедури за инвеститорите. Исто така, важно е да се обезбеди баланс помеѓу развојот на обновливи извори на енергија и заштитата на земјоделското земјиште и животната средина.

7. Заклучок

Интеграцијата на обновливи извори на енергија во раноградинарското производство претставува значаен чекор кон создавање на одржлив, еколошки и економски стабилен агросектор. Анализата покажа дека современите технологии, како хидропоника, дигитализација и автоматизација, значително ја зголемуваат ефикасноста и продуктивноста, додека употребата на соларна, геотермална и биомаса-енергија ги намалува трошоците и влијанието врз животната средина.

Македонија поседува соодветни климатски и природни ресурси за примена на овие технологии, особено во делот на соларната енергија. Сепак, потребни се систематизирани инвестиции, подобрување на административните процедури, како и посилна поддршка од државата преку субвенции и едукативни програми. Исто така, треба да се развива баланс помеѓу користењето на земјиштето за енергија и зачувување на земјоделската продукција.

Препорачливо е идните истражувања да се насочат кон економски модели за имплементација на овие системи, како и тестирање на нивната ефикасност во различни агроеколошки услови. Воедно, потребно е да се зајакне свеста и обученоста на земјоделците преку теренски демонстрациски проекти и практични обуки.

Користена литература

- [1]Archer et al. (2005). (PDF) Evaluation of global wind power. ResearchGate. <https://doi.org/10.1029/2004JD005462>
- [2]Balkan Green Energy, B. G. E. (2023, November 9). North Macedonian NGO warns new law is set to allow power plants on fertile land. Balkan Green Energy News. <https://balkangreenenergynews.com/north-macedonian-ngo-warns-new-law-is-set-to-allow-power-plants-on-fertile-land/>
- [3]Barron-Gafford et al. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands | Nature Sustainability. <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>
- [4]Bathaei. (2023). Renewable Energy and Sustainable Agriculture: Review of Indicators. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/19/14307>
- [5]Bavec et al. (2006). Organic Production and Use of Alternative Crops | Request PDF. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/329140331_Organic_Production_and_Use_of_Alternative_Crops
- [6]Brunner, E. J., & Schwegman, D. J. (2022). Commercial wind energy installations and local economic development: Evidence from U.S. counties. Energy Policy, 165, 112993. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112993>
- [7]Castellano et al. (2008). (PDF) Plastic Nets in Agriculture: A General Review of Types and Applications. https://www.researchgate.net/publication/40800639_Plastic_Nets_in_Agriculture_A_General_Review_of_Types_and_Applications
- [8]Demirbaş, A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Conversion and Management, 42(11), 1357–1378. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)
- [9]Dickson. (2003). Geothermal energy: Utilization and technology. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133254>
- [10]Gruda. (2009). (PDF) Does soilless culture have an influence on product quality of vegetables? ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/237821108_Does_soilless_culture_have_an_influence_on_product_quality_of_vegetables
- [11]FAO (2021). Renewable energy for agri-food systems – Towards the Sustainable Development Goals and the Paris Agreement. Abu Dhabi & Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/29d17480-ee46-405d-a8fd-413cf900d039/content>
- [12]Intebako, D. (2024, October 30). Solar Energy in North Macedonia: Opportunities With Photovoltaics. Intebako. <https://www.intebako.com/post/solar-energy-in-north-macedonia-opportunities-with-photovoltaics>
- [13]IRENA. (2023). Renewable Power Generation Costs in 2023. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023?>
- [14]Kalogirou, S. A. (2004a). Solar thermal collectors and applications. Progress in Energy and Combustion Science, 30(3), 231–295. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- [15]Kiniry. (2023). Iceland's Greenhouses: Creating a Sustainable Food System. <https://www.nathab.com/blog/icelands-greenhouses?>
- [16]Körner, O., & Challa, H. (2003). Design for an Improved Temperature Integration Concept in Greenhouse Cultivation. Computers and Electronics in Agriculture, 39(1), 39–59. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169903000061?>
- [17]Krishnamurthy. (2020). Can Renewable Energy Benefit American Agriculture? Kleinman Center for Energy Policy. <https://kleinmanenergy.upenn.edu/commentary/blog/can-renewable-energy-benefit-american-agriculture/>
- [18]Liakos et al. (2018). (PDF) Machine Learning in Agriculture: A Review. https://www.researchgate.net/publication/327029380_Machine_Learning_in_Agriculture_A_Review
- [19]Lund. (2010). (PDF) Direct Utilization of Geothermal Energy. https://www.researchgate.net/publication/45658330_Direct_Utilization_of_Geothermal_Energy

- [20] Manwell et al. (2009). Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/350631667_Wind_Energy_Explained_Theory_Design_and_Application
- [21] NRDC. (2018, December 6). Renewable Energy Brings Economic Boost to Rural Communities. <https://www.nrdc.org/bio/arjun-krishnaswami/renewable-energy-brings-economic-boost-rural-communities>
- [22] Papadopoulos, A. P., & Pararajasingham, S. (1997). The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. *Scientia Horticulturae*, 69(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(96\)00983-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(96)00983-1)
- [23] Plisek, A. (2024, June 2). The Environmental Benefits of Solar Energy for Farmers -. Cedar Creek Energy. <https://cedarcreekenergy.com/the-environmental-benefits-of-solar-energy-for-farmers/>
- [24] Qian, Z., He, L., & Li, F. (2024). *Understanding cold stress response mechanisms in plants: An overview. Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1443317.
- [25] Rakocy. (2006). (PDF) Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture. https://www.researchgate.net/publication/284496499_Recirculating_aquaculture_tank_production_systems_Aquaponics-Integrating_fish_and_plant_culture
- [26] Sonneveld, P. J., Swinkels, G. L. a. M., Kempkes, F. L. K., Campen, J. B., & Bot, G. P. A. (2006). Greenhouse with an Integrated NIR Filter and a Solar Cooling System. *Proceedings of the International Symposium on Greenhouse Cooling, Leuven, 24-4-27-4-2006*, 123–130. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.719.11>
- [27] Tripanagnostopoulos, Y. (2007). Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems. *Solar Energy*, 81(9), 1117–1131. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.04.002>
- [28] Tuzel. (2004). (PDF) Organic cucumber production in the greenhouse: A case study from Turkey. ResearchGate. <https://doi.org/10.1079/RAF2005105>
- [29] USDA. (2024, February 26). Department of Agriculture, Department of Energy Launch Initiative to Help Farmers Reduce Costs with Underutilized Renewable Technologies as part of President Biden’s Investing in America Agenda | Home. <https://www.usda.gov/about-usda/news/press-releases/2024/02/26/departament-agriculture-department-energy-launch-initiative-help-farmers-reduce-costs-underutilized>
- [30] Varshney, D., Mukherji, A., Sharma, K., & Sikka, A. (2024). Grid-Connected Solar Irrigation Pumps for Farmers: An Evaluation of Gujarat’s Surya Shakti Kisan Yojana (Sky) (SSRN Scholarly Paper 5041875). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.504187>
- [31] Webb, J., Menzi, H., Pain, B. F., Misselbrook, T. H., Dämmgen, U., Hendriks, H., & Döhler, H. (2005). Managing ammonia emissions from livestock production in Europe. *Environmental Pollution*, 135(3), 399–406. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.11.013>
- [32] World Bank. (2024). North Macedonia—Country Climate and Development Report: Key Highlights [Text/HTML]. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/country/northmacedonia/publication/north-macedonia-country-climate-and-development-report-key-highlights>
- [33] World Bank, W. (2022). The World Bank Annual Report 2022: Helping Countries Adapt to a Changing World [Text/HTML]. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/099030009272214630>
- [34] Wu, X., Liu, C., Wang, L., & Bilal, M. (2023). Internet of things-enabled real-time health monitoring system using deep learning. *Neural Computing and Applications*, 35(20), 14565–14576. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06440-6>
- [35] Zabeltitz. (2011). *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control* | SpringerLink. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-14582-7>