

INŽENJERSTVO I MENADŽMENT

Industrijsko inženjerstvo
Inženjerstvo za energetiku
Industrijski menadžment

Journal of

ENGINEERING AND MANAGEMENT

Industrial engineering
Energy engineering
Industrial management



ISSN 2831-1434

Journal of Engineering and Management

Journal of Engineering and Management



Government of the
Republic of Srpska



Mixed Holding Power
Utility of Republic of
Srpska



City of Trebinje



Trebinjica HPP

JEM is sponsored by:

Vol 2 No 1 (2024)

Journal of engineering and management

Volume 2 Number 1

ISSN 2831-1434 (Online)

ISSN 2831-1426 (Print)

Journal homepage: <https://jem.fpm.ues.rs.ba/>

Circulation: 50 copies

Journal is published semi-annually

Publisher: University of East Sarajevo

Faculty of production and management Trebinje

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Obrad Spaić,
University of East Sarajevo, Republic of
Srpska
journal@fpm.ues.rs.ba

Technical Editor

Marina Milićević,
University of East Sarajevo, Republic of
Srpska
marina.milicevic@fpm.ues.rs.ba

Desk Editor

Budimirka Marinović,
University of East Sarajevo, Republic of
Srpska
budimirka.marinovic@fpm.ues.rs.ba

Editorial board

Boris Dumnić, University of Novi Sad

Bojan Lalić, University of Novi Sad

Radivoje Mitrović, University of Belgrade

Bojan Ačko, University of Maribor

Nikola Zivlak, East China Normal University

Gengzhong Feng, Xi'an Jiaotong University

Dušan Jokanović, University of East Sarajevo

Ming Dong, Antai School of Business, SJTU

Branka Gvozdenac Urošević, University of Novi Sad

Uroš Karadžić, University of Montenegro

Jin Chen, Tsinghua University

Iztok Palčič, University of Maribor

Danijela Gračanin, University of Novi Sad

Mirjana Miljanović, University of East Sarajevo

Radoslav Vučurević, University of East Sarajevo



Journal of engineering and Management

Volume 2 / N_o 1 / March 2024

CONTENTS

Modelling and optimisation of power consumption and productivity in milling of thin-walled parts B. Sredanovic, S. Tesic, V. Simic, D. Cica, S. Borojevic	1-7
Transition to industry 5.0 with ai and digitalization of production systems M. Bakator, M. Nikolić, D. Čočkaló, S. Stanisavljev	8-12
Proces održavanja tehničkih sistema M. Radovanović, Ž. Đurić	13-19
Procjena bilansa emisije CO ₂ iz termoelektrana sa količinom apsorbovanog CO ₂ šumama u Republici Srpskoj S. Vasković, Lj. Tanić, S. Adžić, B. Jović, G. Krunic	20-24
Hidroenergetski potencijal sliva rijeke Sutjeske M. Kašiković, U. Karadžić	25-28
Primjena i potencijal biomase u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini J. Vlatković, O. Kašiković, A. Koprivica	29-33
Benchmarking kao dio strategije unapređenja poslovanja - empirijsko istraživanje poznavanja i primjene od strane menadžera u MSP sektoru u Crnoj Gori B. Melović, S. Šekularac-Ivošević	34-42
Synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management processes in small and medium enterprises S. Ugrinov, M. Nikolić, M. Kavalić, E. Terek Stojanović, V. Gluvakov	43-51

Aims and scope

Aims

Journal of Engineering and Management aims at providing insight into state-of-the-art research in the fields of engineering (industrial engineering, power engineering) and industrial management; it reports on the advancements in engineering sciences and challenges in engineering development; it encourages engineering innovations thus contributing to the well-being and development of society.

The Journal is committed to covering a wide spectrum of subfields in engineering science. Still, its main interest lies in publishing articles on the research in technics including mechanical engineering, industrial engineering, power engineering and industrial management.

Scope

The topics covered by journal are including the following research areas:

- Machine Materials;
- Production Technologies;
- Production Systems;
- Maintenance of the Production Systems;
- Product Development;
- Measurement and Quality;
- Information Systems in Engineering;
- Fossil Energy;
- Renewable Energy Sources;
- Environmental Issues;
- Energy Systems;
- Energy System Planning and Policies;
- Energy Sustainability;
- Energy Management and Energy Efficiency;
- Unconventional Energy Sources;
- Organization and Human Resource Management;
- Industrial Management.



Modelling and optimisation of power consumption and productivity in milling of thin-walled parts

Modelovanje i optimizacija potrošnje energije i produktivnosti u glodanju tankozidnih dijelova

B. Sredanovic^{*1}, S. Tesic¹, V. Simic¹, D. Cica¹, S. Borojevic¹

¹University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Vojvode Stepe Stepanovica 75, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Abstract: A high percentage of mechanical parts in the metalworking industry (automotive, medical, energetic sector, and etc.), refers to thin-walled structures with optimized shapes and dimension, which produce on high or semi batch production principle. Production processes management, in mentioned industry and production systems, requires the development of appropriate information technologies based automatic systems. Planning and control systems are based on computer-aided technologies. Basis of this system are mathematical-logical models commonly, which is quantitatively link between input process parameters and process performance indicators (output parameters). In this study, modelling of total power consumption and process productivity was performed. Total power consumption and the process productivity were modelled, as very important output indicators in efficient and sustainable production. The modelling is based on the experimental analysis of the machining process during machining of thin-walled parts made of C45E (AISI 1045) carbon steel. Modelling was performed using the least squares method, with the use of ANOVA statistical analysis for the purpose of defining the input factors significance. Depth of cut, milling width and feed per tooth were used as input cutting parameters. Input cutting parameters combined experimental analysed according to Taguchi experimental plan. Based on developed adequate and sufficiently accurate mathematical models, optimization procedure was performed. The goal of optimisation was to minimize the power consumption and maximise productivity.

Key words: milling, power consumption, modelling, optimisation

Apstrakt: Veliki procenat mehaničkih dijelova u metalnoj industriji (automobilskoj industriji, u medicini, energetsom sektoru, itd.) čine tankozidne strukture optimizovanih oblika i dimenzija, koje se proizvode po principu visoke ili poluserijske proizvodnje. Upravljanje proizvodnim procesima u pomenutoj industriji i proizvodnim sistemima zahtijeva razvoj odgovarajućih informacionih tehnologija zasnovanih na automatizovanim sistemima. Sistemi planiranja i kontrole se zasnivaju na kompjuterski podržanim tehnologijama. Osnova tih sistema su obično matematičko-logički modeli koji predstavljaju kvantitativno izraženu vezu između ulaznih procesnih parametara i indikatora performansi procesa (izlazni parametri). U ovom istraživanju izvršeno je modelovanje ukupne potrošnje energije i produktivnosti procesa. Ukupna potrošnja energije i produktivnost procesa su modelovani kao veoma bitni izlazni indikatori efikasne potrošnje energije. Modelovanje je izvršeno eksperimentalnom analizom tokom procesa mašinske obrade tankozidnih dijelova napravljenih od C45E (AISI 1045) ugljeničnog čelika. Modelovanje je izvršeno metodom najmanjih kvadrata, korištenjem ANOVA statističke analize sa ciljem definisanja važnosti ulaznih faktora. Dubina rezanja, širina glodanja i korak su uzeti za ulazne parametre rezanja. Ulazni parametri rezanja su kombinovani sa eksperimentalnom analizom prema Taguchi eksperimentalnim planu. Na osnovu razvijenih odgovarajućih i dovoljno preciznih matematičkih modela, izvršena je optimizacija. Cilj optimizacije je bio minimiziranje potrošnje energije i maksimizacija produktivnosti.

Ključne riječi: glodanje, potrošnja energije, modelovanje, optimizacija

^{*} brislav.sredanovic@mf.unibl.org

1 INTRODUCTION

Thin-walled parts with complex forms are widely present in almost all fields of the metalworking industry. Thin-walled structures are most often used for the production of housings parts, base support part for other elements in the assembly. Due to their complex geometry, they are technologically extremely complex. More problems comes in especially if structures are made by stronger and harder materials. The most common technologies for the production of thin-walled structures are: casting, printing, joining and cutting technologies [1]. Casting and joining technologies are used in case production of structures with non-functional surfaces. Cutting technologies used in case if there are complex or functional surfaces on the structures. Metal cutting is one of the most dominant production technologies, and very common used in the machining of thin-walled structures. However, the production of thin-walled structures by cutting technologies is performed by mechanical removing material by cutting tool from bulk parts, where up to 95% of the mass of the preparation must be removed [1, 2]. Regard to this, there are neediness to achieve high productivity. The power and energy invested in removing such a large amount of material contributes significantly to the final production cost, and product cost at least.

In order to establish a sustainable, manageable and highly efficient production, it is necessary to create a base for the development of a process planning system and process controlling system [3]. Today, production process planning and control systems are based on information technologies, which include CAx systems [3]. In CAPP and CAM systems, the knowledge databases are incorporated. This is base of efficient production processes. Mathematical-logical models, which describe the relations between input and output process parameters, are the basis of modern process control development, and raising the production efficiency. Based on them, it is possible to predict the behaviour of the machining system, optimize the process, and perform the necessary corrections of input process parameters.

The main problem is the establishment of efficient production of thin-walled parts, which includes achieve of high productivity and minimization of power consumption. In this study, the milling process of a thin-walled tubular part and made of carbon steel, is analysed. An experimental and statistical analysis was carried out, after which the process performance indicators were modelled. In [4] authors were presented method to compensate deformation errors in five-axis flank milling based on tool path optimization, in milling of thin-walled parts. The optimization of the milling process of thin-walled aluminum parts is presented in paper [5]. The study used experimental data and the influence of the tool path strategy, wall thickness and feed rate on the machining time, dimensional accuracy deviation, shape and position accuracy deviation, and surface roughness. Bolar et al. analysed energy efficiency, product quality, and productivity have become crucial requirements in thin-wall machining [6]. They examined the impact of axial depth of cut, radial depth of cut, feed per tooth, and tool diameter on process performance. In [7], authors presented optimization method for maximize the material removal rate in milling of thin-walled. Optimisation was based on cost function, and shown very effectively in optimum concluding

2 EXPERIMENTAL SETUP

The experiment runs were performed on three-axis milling machining centre Emco Concept MILL 450 (Fig. 1). Maximum power is 11 kW, maximum main spindle speed is 11000, and linear axis motors has acceleration of 2 m/s². Machining centre is equipped with Sinumerik 810D/840D control unit, which programmed by using the SolidCAM software. For experimental machining runs, *Dormer* S814HA four teeth milling cutter is used, was used to machining the experimental samples. It is sintered carbide tool with *Alcrona* coating. The milling cutter diameter is $d_c = 16$ mm, body length is $l_1 = 92$ mm, active cutting length is $l_2 = 32$ mm. The tool mounted on overhang of $l_3 = 40$ mm, with an ER32 elastic chuck with an axial nut, adapted to ISO 40 tool holder.



Fig. 1. Experimental setup

Workpiece material is carbon steel C45E (Č.1530, DIN 17200, EN 10083). It has adequate wear resistance and strength. This structural steel can be used for the production of responsible parts in machines. It can be heat treated by hardening and annealing, and used in mould and die industry. Workpiece was tubular shaped, with basis for fixturing. Outer diameter is 40 mm, height is 40 mm, and wall thickness 1.5 mm (Fig. 2).

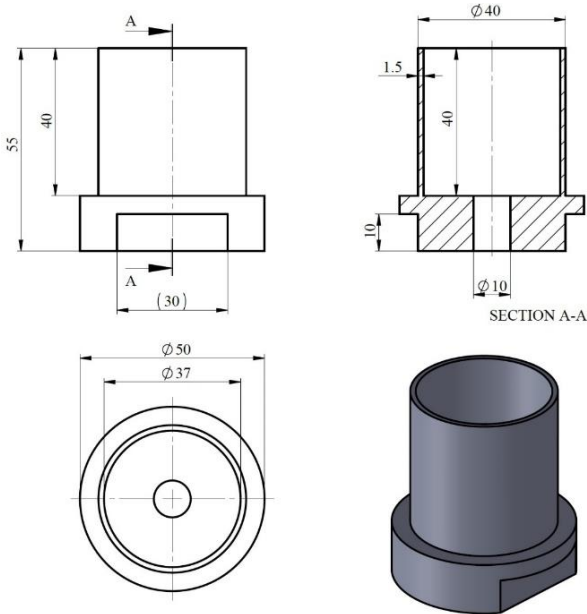


Fig. 2. Workpiece geometry

The measurement of tool machine and machining process power and energy consumption, and machining time was measured by Mavowatt 30 device. This three-phase device for measuring electrical energy meets the relevant standards for electrical energy measuring: EN50160, EN61000-4-7, and EN61000-4-15. It

provides a visual display with RMS values, harmonic oscillations, flicker and transient processes up to a time range of 80 μ s. The device is connected to the tool machine electrical lines by appropriate electrical instruction.

For experimental runs of cutting parameters combinations, Taguchi's orthogonal experimental plan L9 was used. This experimental plan contains nine combinations of cutting parameters variation. Input cutting parameters: P1 as depth of cut a_p (mm), P2 as feed per tooth f_z (mm/tooth), and P3 milling width ae (mm) were varied on three value levels (up level 1, middle level 0, and low level -1). Parameter level variation is given in Table 1, with experiments results. The cutting speed was constant on $v_c = 120$ m/min. Cooling and lubrication was performed by flooding technique. A synthetic water emulsion with content of 5% oil, was used fluid. It was supplied through two nozzles on outside of cutting tool, under pressure of 5 bar, and the flow rate of 40 l/min.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The Fig. 3 shows a diagram of power consumption during the machining time, which was taken from the interface of the software for measuring physical quantities related to electrical current consumption. The diagram shows the stages in the machining process, such as: tool changing, cooling turning, cutting tool entering, and the end of the machining. There can be noted the increase in electrical energy consumed during machining time.

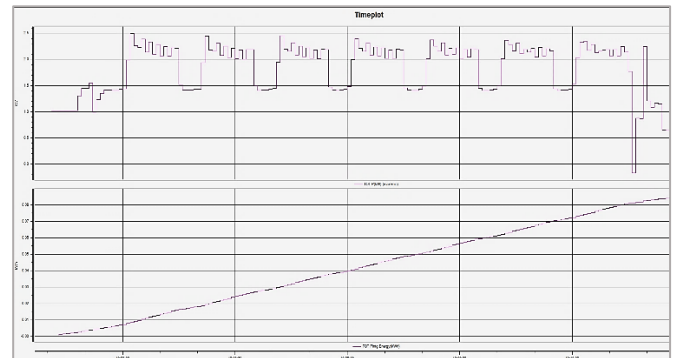


Fig. 3. Interface of energy measuring software

In Table 1 are given results of measured total power consumption of machining P (kW), as total power

consumption of tool machine, and calculated material removal rate MRR (mm^3/min) for experimental runs.

Table 1. Results of experiments

Exp	P1	P2	P3	a_p (mm)	f_z (mm/tooth)	a_e (mm)	MRR (mm^3/min)	P (kW)
1	-1	-1	-1	2.0	0.06	0.5	573	1.54
2	-1	0	0	2.0	0.12	1.0	2292	1.66
3	-1	1	1	2.0	0.18	1.5	5157	1.82
4	0	-1	0	4.0	0.06	1.0	2292	1.69
5	0	0	1	4.0	0.12	1.5	6875	1.99
6	0	1	-1	4.0	0.18	0.5	3438	1.75
7	1	-1	1	6.0	0.06	1.5	5157	1.89
8	1	0	-1	6.0	0.12	0.5	3438	1.77
9	1	1	0	6.0	0.18	1.0	10313	2.20

Total power consumption values for different experimental run is shown on diagram in Fig. 4. It can be concluded that with increase of cutting parameters, the total power consumption increase also. The highest total power consumption value of $P = 2.2$ kW is obtained when using the cutting parameters $a_p = 6.0$ mm, $f_z = 0.18$ mm/tooth and $a_e = 1.0$ mm, while the lowest value of $P = 1.54$ kW is obtained with the cutting parameters $a_p = 2.0$ mm, $f_z = 0.06$ mm/tooth and $a_e = 0.5$ mm. Higher total power consumption values were obtained for larger depth of cuts and milling widths.

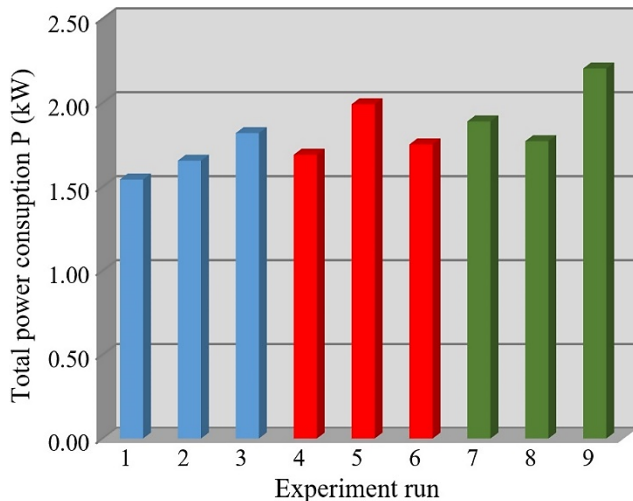


Fig. 4. Total power consumption values

Least square method was employed for modelling of total power consumption. For this procedure, the linear model with the interaction of two parameters versus to

simple linear model (2FI vs Linear) were proposed and analysed. After the statistical analysis of model response and experimental obtained data by ANOVA, linear model with the interaction of two parameters was chosen. Based on the statistical indicators P and F values, it can be concluded that the model is significant. The values of the varied all cutting parameters have high influence on the total power consumption, which can be concluded from the obtained P values. It was shown that the combination of depth of cut and feed per tooth has the high impact on the total power consumption value also. There are calculated the Sum of squared deviations (SSD), and Mean square deviation (MSD) also.

Table 2. ANOVA results for P (kW)

Source	SSD	DoF	MSD	F value	P value
Model	0.3080	4	0.0770	349.5844	< 0.0001
a_p	0.1196	1	0.1196	542.9272	< 0.0001
f_z	0.0711	1	0.0711	322.7243	< 0.0001
a_e	0.1169	1	0.1169	530.9688	< 0.0001
a_p i f_z	0.0505	1	0.0505	229.4249	0.0001
Residue	0.0009	4	0.0002		
Total	0.3089	8			

The statistical calculation gave a mean total power consumption value of $\bar{x} = 1.81$, with a standard deviation of $SD = 0.015$. The signal-to-noise ratio is $S/N = 61.17$, which is desirable because it is greater than 4. The regression coefficient is $R^2 = 0.99$, which shows a great agreement between the experimental measured and modelled calculated data. Based on the mentioned statistical indicators, it can be concluded that the proposed model is adequate. The proposed the linear mathematical model with parameter interaction, for total power consumption on various cutting parameters is concluded in form:

$$P = 1.528 - 0.072 \cdot a_p - 2.925 \cdot f_z + 0.355 \cdot a_e + 1.185 \cdot a_p \cdot f_z \quad (1)$$

Fig. 4 shows the response surfaces, obtained by surface response method (RSM) for total power consumption, obtained on the basis of various cutting

parameters from the its domain, and the previous presented formulation. From the diagram, it can be concluded that total power consumption increases with the increase of the value of the cutting parameters, which is expected. As the values of cutting parameters increase, the total power consumption value increases more intensively. Basically, the analysis of experimental and calculated data show that the influence of linear combinations of technological parameters is very significant on total power consumption model responses.

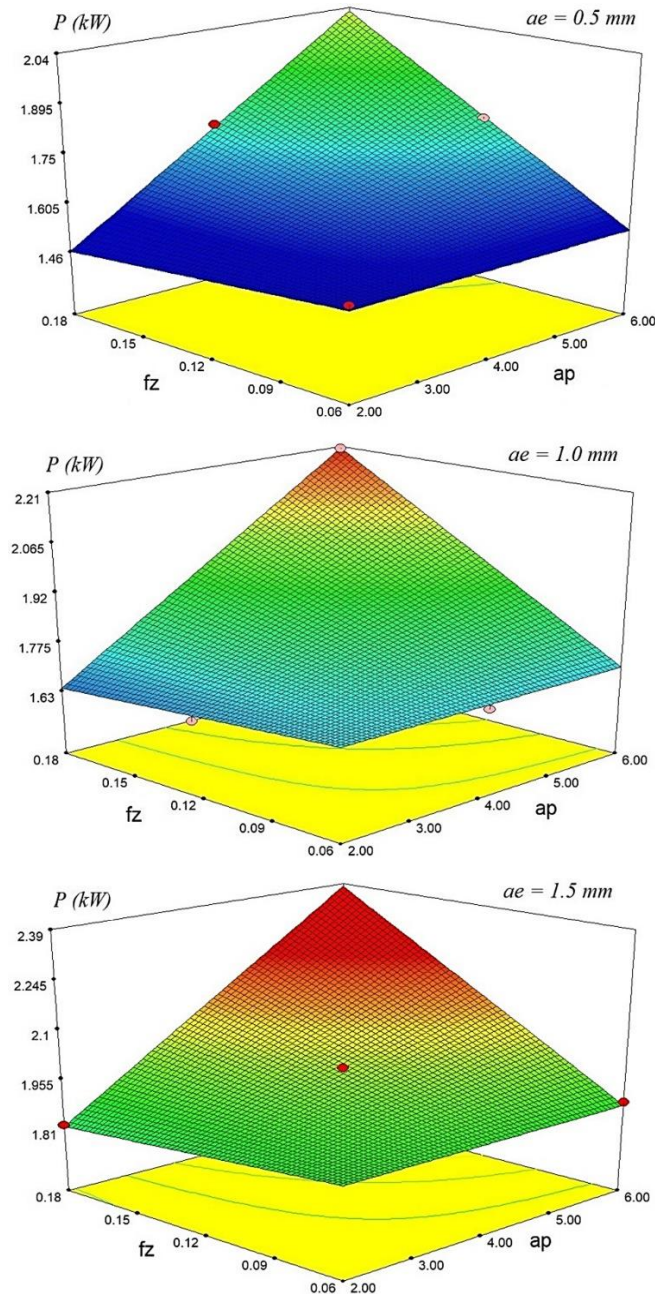


Fig. 5. Total power consumption model response

As process performance indicator, which evaluates the economic productivity the material removal rate MRR (mm^3/min), was analysed. It is the amount of removed workpiece material in the unit of time. The relationships between the values of material removed ratio and cutting parameters are shown in the diagram in Fig. 6. The highest productivity value of $MRR = 10313.2 \text{ mm}^3/\text{min}$ is obtained when using cutting parameters $a_p = 6.0 \text{ mm}$, $f_z = 0.18 \text{ mm/tooth}$ and $a_e = 1.0 \text{ mm}$. The lowest value is $MRR = 573.0 \text{ mm}^3/\text{min}$ is obtained during machining with cutting parameters $a_p = 2.0 \text{ mm}$, $f_z = 0.06 \text{ mm/tooth}$ and $a_e = 0.5 \text{ mm}$. Greater productivity, i.e. material removal rate is achieved with an increase in cutting parameters.

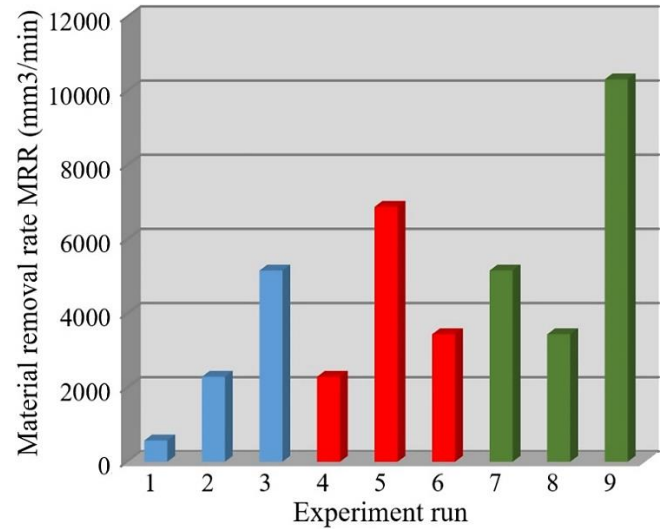


Fig. 6. Material removal rate values

In end milling operations, material removal rate can be calculated as the product of processing depth, milling width, and auxiliary movement speed (feed rate v_f) [2]. Feed rate v_f (mm/min) is product of feed per tooth f_z (mm/tooth), number of cutting tool teeth z_n , and spindle revolutions n (rev/min). However, material removal rate MRR (mm^3/min) can be calculated as:

$$MRR = a_p \cdot a_p \cdot v_f = a_p \cdot a_p \cdot n \cdot f_z \cdot z_n \quad (2)$$

After the formation of the material removal rate model, a variance analysis was conducted. Because material removal rate model is analytical, it is clear that the statistical analysis showed that the model is significant, and that the values of the varied cutting parameters and are equally significant. The mean value

$\bar{x} = 4392$ was obtained, and the standard deviation $SD = 0.000$. The signal-to-noise ratio is $S/N = 27$, and the regression coefficient is $R^2 = 1$. However, based on the mentioned values, it is concluded that the model is adequate. Using the surface response method, diagraph of material removal rate in dependence on cutting parameters, is obtained (Fig. 7).

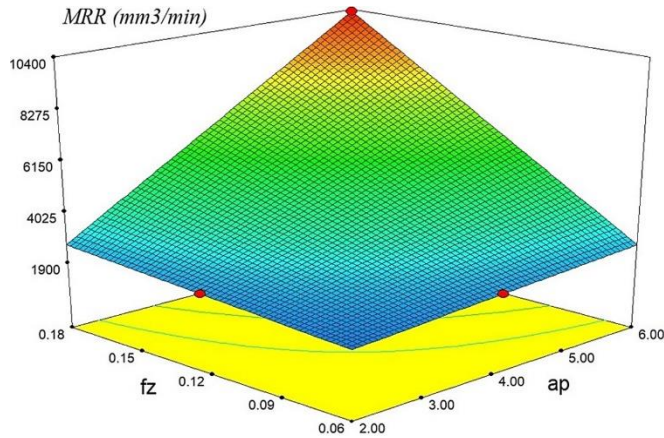


Fig. 7. Material removal rate model response

From the previous model response diagram, it can be concluded that productivity increases with increasing of cutting parameters values. As in the previous case, a more intense change of material removal rate occurs with input factor combinations with higher cutting parameter values.

3.1. Process optimization

In case of sustainable and high efficient machining, and rough machining especially, parameters related to power consumption and productivity are usually chosen as optimization functions. Rough machining of a cylindrical thin-walled workpieces, which is the subject of this research, it is necessary to mathematically describe the optimization procedure. According to previous, the objective functions are achieve the maximum of process productivity, and the minimum of total power consumption. In table 3 is shown the mathematical framework of the optimization procedure. All outputs are assigned with the same importance. Also, the same importance is assigned to the domain boundaries of input and output input and output parameters.

Table 3. Optimisation framework

Param.	Target	Lower limit	Upper limit	Low weight	Up weight	Importance
a_p	In range	2	6	1	1	3
f_z	In range	0.06	0.18	1	1	3
a_e	In range	0.5	1.5	1	1	3
P	Min.	1.54	2.20	1	1	3
MRR	Max.	573	10313	1	1	3

The optimization procedure offered 198 possible solutions. As optimal cutting parameters were obtained: $a_p = 2.6$ mm, $f_z = 0.18$ mm/tooth, and $a_e = 1.37$ mm. This combination of this cutting parameters gives $MRR = 5087$ mm³/min and $P = 1.86$ kW. There is concluded that desirability of the objective is relatively low and amounts 53%. The reason for this is the large number of opposite responses that are included in the optimization. The diagram of the change in the desirability of the optimisation solutions, depending on the depth of cut and feed per tooth, is given in Fig. 8. According to theory, when planning rough machining, higher values of cutting parameters should be used, which is exactly what the mentioned diagram shows. Furthermore, it can be concluded that only the combination of higher values of both cutting parameters leads to better results.

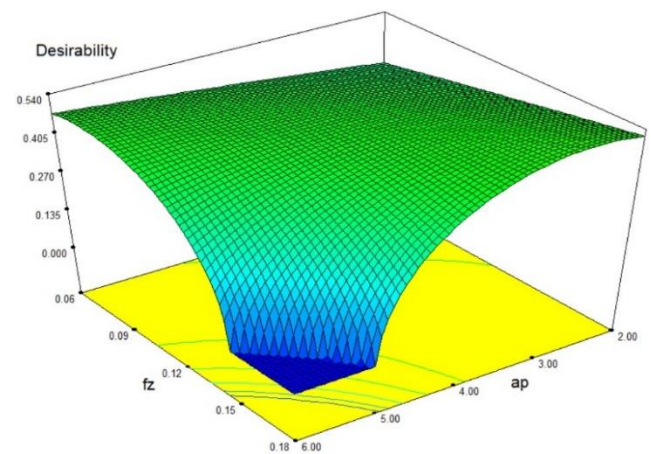


Fig. 8. Desirability of cutting parameters

4 CONCLUSIONS

In accordance with the requirements of modern sustainable and high-efficient machining, an experimental analysis of the milling process was carried out. Milling was performed on thin-walled parts

made of carbon steel, according to Taguchi's experiment plan. Statistical analysis was performed on the obtained experimental data of total power consumption and process productivity. Based on the data, adequate mathematical models were developed. The analysis showed that increasing of total power consumption and material removal rate depending on the cutting parameters increasing. On the basis of adequate models, which can be incorporated into process control systems, process optimization was carried out. Total power consumption minimization and material removal rate maximization were set as optimization goals.

5 REFERENCES

- [1] Bao, Y. et al. (2022). Recent progress in flexible supporting technology for aerospace thin-walled parts: A review. *Chinese Journal of Aeronautics*, 35(3), 10-26. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2021.01.02>
- [2] Grzesik, W. (2008). *Advanced machining processes of metallic 2materials: theory, modelling and application*, Elsevier B. V., Amsterdam.
- [3] Pompa, M. (2010). *Computer Aided Process Planning for High-Speed Milling of Thin-Walled Parts-Strategy-Based Support*, PhD thesis. University of Twente, Enschede.
- [4] Li, Z.L., Zhu, L.M. (2019). Compensation of deformation errors in five-axis flank milling of thin-walled parts via tool path optimization. *Precision Engineering*, 55, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2018.08.010>
- [5] S. Borojević, D. Lukić, M. Milošević, J. Vukman, D. Kramar, Optimization of process parameters for machining of Al 7075 thin-walled structures, *Advances in Production Engineering & Management*, vol. 13, no. 2, pp. 125–135, 2018. <https://doi.org/10.14743/apem2018.2.278>
- [6] G. Bolar, S.N. Joshi, S. Das, Sustainable thin-wall machining: holistic analysis considering the energy efficiency, productivity, and product quality, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 17, pp. 145–166, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-01130-6>
- [7] K. Ringgaard, Y. Mohammadi, C. Merrild, O. Balling, K. Ahmadi, Optimization of material removal rate in milling of thin-walled structures using penalty cost function, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 145, 103430, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2019.103430>



Transition to industry 5.0 with ai and digitalization of production systems

Tranzicija ka industriji 5.0 sa ai i digitalizacijom proizvodnih sistema

M. Bakator**¹, M. Nikolić¹, D. Čockalo¹, S. Stanisavljev¹

¹University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin" in Zrenjanin, Djure Djakovica bb, 23000 Zrenjanin Republic of Serbia

Abstract: This paper presents a comprehensive framework for integrating advanced artificial intelligence (AI) and digitalization into manufacturing processes, and contributing to the transition towards Industry 5.0. By focusing on a human-centric approach, advanced AI integration, sustainability, and flexibility, the study outlines strategies for enhancing production systems and competitiveness in enterprises. The main goal was to develop a model that outlines the transition process towards Industry 5.0. Additionally, suggestions and guidelines for improving enterprise production systems and competitiveness are discussed. The findings suggest that embracing digital transformation, collaborative robotics, and continuous innovation are vital for achieving operational efficiency, environmental sustainability, and personalized customer experiences. The paper highlights the importance of ethical practices and continuous learning in fostering a resilient and innovative industrial ecosystem.

Keywords: Industry 5.0, Digitalization, Production systems, Artificial intelligence

Apstrakt: Ovaj rad predstavlja sveobuhvatan okvir za integraciju napredne veštačke inteligencije (AI) i digitalizacije u proizvodne procese i doprinos tranziciji ka Industriji 5.0. Fokusirajući se na pristup usredsređen na čoveka, naprednu integraciju veštačke inteligencije, održivost i fleksibilnost, studija ocrtava strategije za unapređenje proizvodnih sistema i konkurentnosti u preduzećima. Glavni cilj je bio da se razvije model koji ocrtava proces tranzicije ka Industriji 5.0. Pored toga, razmatraju se predlozi i smernice za unapređenje sistema proizvodnje i konkurentnosti preduzeća. Nalazi sugerisu da su prihvatanje digitalne transformacije, kolaborativne robotike i stalne inovacije od vitalnog značaja za postizanje operativne efikasnosti, ekološke održivosti i personalizovanog korisničkog iskustva. Rad naglašava važnost etičke prakse i kontinuiranog učenja u negovanju otpornog i inovativnog industrijskog ekosistema.

Ključne riječi: Industrija 5.0, Digitalizacija, Proizvodni sistemi, Veštačka inteligencija

1 INTRODUCTION

Industry 5.0 represents the next phase in the evolution of the industrial sector, emphasizing the integration of advanced technologies and human ingenuity. This new era seeks to balance automation and robotics with the creativity, critical thinking, and emotional intelligence unique to humans [1-3]. The goal is to create more personalized, efficient, and sustainable production processes that not only optimize output but also enhance worker satisfaction and

product customization. Industry 5.0 builds upon the digital transformation ushered in by Industry 4.0, aiming for a collaborative coexistence between humans and machines, where technology enhances human capabilities rather than replacing them [4].

Advanced Artificial Intelligence (AI) plays a pivotal role in realizing the vision of Industry 5.0. By leveraging machine learning, natural language processing, and robotics, AI can analyze vast amounts of data, predict trends, and automate complex tasks

*mihalj.bakator@tfzr.rs

with precision. This not only boosts efficiency and productivity but also allows for the creation of smarter, adaptive systems that can learn and evolve over time [5].

Alongside AI, the digitalization of business is a fundamental component of this new industrial paradigm. It involves transforming traditional operations with digital technologies to streamline processes, enhance decision-making, and foster innovation., innovative, and customer-centric solutions [6].

In this paper, the main goal was to develop a theoretical model that presents the transition process to Industry 5.0. In addition, suggestions and guidelines for improving production and business are discussed.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

2.1 Industry 5.0 and human-centric business development

Industry 5.0 represents a significant shift towards a more human-centric approach in the industrial sector, emphasizing the harmonious integration of human intelligence and creativity with advanced technological systems. The concept of human-centric production within Industry 5.0 underlines the importance of leveraging technology not just to replace human labor but to augment and complement it, fostering environments where humans and machines collaborate to achieve more innovative, flexible, and sustainable outcomes [7].

The human-centric production model prioritizes the unique attributes humans bring to the industrial process, including creativity, empathy, and complex problem-solving abilities. Industry 5.0 aims to create more inclusive and adaptable manufacturing environments. This approach improves the quality of work life for employees and drives the development of products and solutions that are more closely aligned with human needs and values. Through collaborative robots (cobots) and AI-driven tools that take over repetitive or dangerous tasks, workers can engage in more meaningful and creative aspects of production. Human-centric production in Industry 5.0 emphasizes

the importance of worker safety, ergonomics, and the development of new skills. Businesses adopting this model invest in training and education to prepare their workforce for the future, ensuring that employees are not only equipped to work alongside new technologies but also to thrive in an increasingly digital world.

2.2 Advanced AI, digitalization, and production systems

AI and digitalization in production systems can significantly improve business through:

Increased efficiency and productivity: AI technologies enable production systems to achieve higher levels of efficiency and productivity by automating complex and repetitive tasks [8].

Predictive maintenance: One of the most significant advantages of AI in production systems is its ability to predict equipment failures before they occur [9].

Real-time monitoring and control: AI technologies play a crucial role in enabling real-time monitoring and control of production processes. Through the integration of sensors, IoT devices, and AI algorithms, production systems can continuously collect and analyze data on various parameters such as temperature, pressure, speed, and quality. This allows for the immediate detection of deviations from standard operating conditions and the automatic adjustment of processes to maintain quality and efficiency [10, 11].

Incorporating AI into production systems in these ways not only enhances operational capabilities but also drives innovation, resilience, and competitiveness in the manufacturing sector.

Digitalization enables businesses implement and apply data analytics, cloud computing, and the Internet of Things (IoT), leading to improved operational efficiency, reduced costs, and the ability to quickly adapt to market changes [12-14]. Digitalization facilitates a more agile and flexible business model, where companies respond to customer demands with greater speed and precision.

3 DEVELOPED MODEL

The developed model is presented on Figure 1.

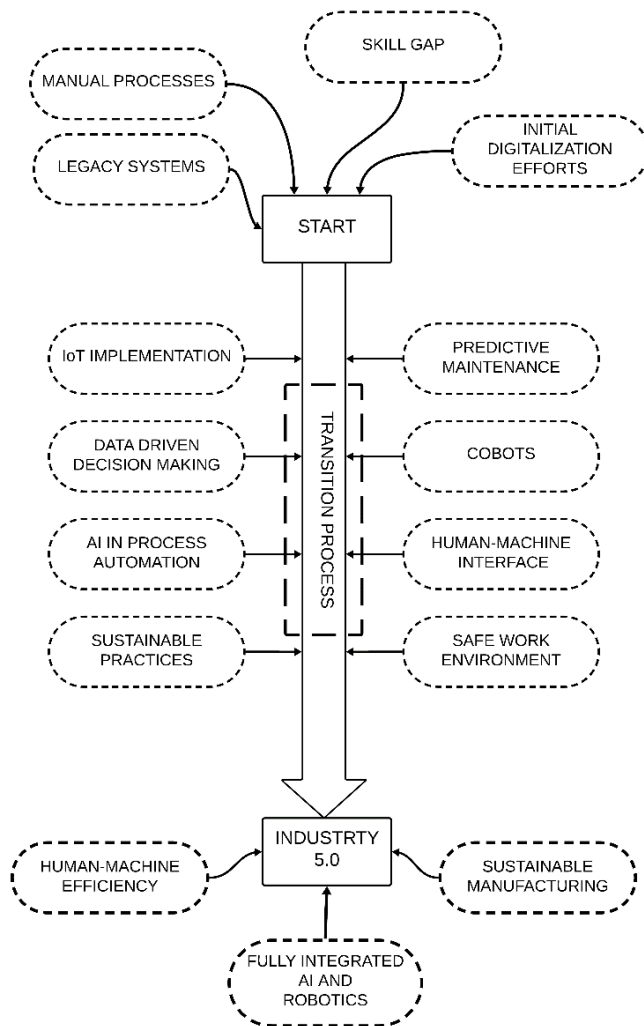


Figure 1. Modeling the transition to Industry 5.0

The transition to Industry 5.0 necessitates a shift from these traditional paradigms to more advanced, integrated, and human-centric approaches. The Transition Process involves a series of strategic actions and adaptations, including the integration of AI and digital technologies, the adoption of sustainable manufacturing practices, and the development of a more skilled and adaptable workforce. The result of the transition process is the realization of Industry 5.0, characterized by integration of human-machine efficiency, sustainable manufacturing, and fully integrated AI and robotics in enterprises.

4 SUGGESTIONS AND GUIDELINES

Based on the analyzed literature in the domain of AI, digitalization, Industry 5.0 and production systems,

suggestions and guidelines for enhancing production systems and competitiveness in enterprises are noted:

- **Human-centric approach:** Adopting a human-centric approach means valuing the role of human creativity and expertise within the industrial environment. Enterprises should design workplaces that enhance human skills and creativity, fostering an environment where technology supports human decision-making and innovation. This includes ergonomic workstations, safety measures, and opportunities for workers to engage in more meaningful, creative tasks while robots can handle repetitive or dangerous jobs.
- **Advanced AI integration:** Integrating advanced AI involves implementing algorithms and machine learning models to automate processes, predict maintenance needs, and optimize production lines. This requires a robust data infrastructure, where real-time data from IoT devices are analyzed to make informed decisions, improve efficiency, and reduce downtime. AI can also personalize customer experiences and supply chain management.
- **Digitalization and data analytics:** Digital transformation is crucial for enhancing operational efficiency and agility. Through digitizing processes and utilizing data analytics, companies can gain insights into production trends, customer behavior, and market dynamics. This allows for faster adaptation to new opportunities or challenges. Implementing digital tools for collaboration and project management can also improve workflow and productivity.
- **Collaborative robots (Cobots):** Cobots are designed to work alongside human workers, enhancing productivity without replacing the human workforce. These robots can be used for tasks that are repetitive, physically demanding, or require precision, freeing human workers to focus on higher-level problem-solving, planning, and control. Implementing cobots should be accompanied by training programs to ensure workers are equipped to work effectively with this technology.

- Sustainability and ethical practices: Emphasizing sustainability involves adopting manufacturing processes that minimize waste, reduce energy consumption, and utilize eco-friendly materials. Ethical practices in AI use ensure that technologies are developed and used in ways that are fair, transparent, and beneficial to all stakeholders, including employees, customers, and the broader community. This approach not only addresses environmental concerns but also builds trust and enhances brand reputation.
- Customization and flexibility: The ability to offer customized products and services through AI-driven insights provides a significant competitive advantage. Enterprises should leverage AI and digital manufacturing technologies like 3D printing to offer personalized options to customers without compromising on efficiency or cost. This requires a flexible production system that can easily adapt to changing customer preferences and market trends.
- Continuous improvement and innovation: A culture of continuous improvement and innovation involves encouraging experimentation and learning from failures. AI and digital tools can provide valuable insights for optimizing processes and identifying new opportunities for innovation. Companies should invest in research and development, encourage cross-functional collaboration, and remain open to adopting emerging technologies that can drive future growth.
- Adaptable and flexible production systems: Developing production systems that are both adaptable and flexible ensures that enterprises can respond fast to market changes, technological advancements, or shifts in consumer demand. This involves modular system designs, scalable technologies, and processes that can be easily reconfigured or upgraded. Flexibility in production allows for the efficient allocation of resources, reducing lead times and enhancing the ability to meet customer needs promptly.

Enterprises can implement some or all of these guidelines, and this way they can significantly improve their production systems and competitiveness, aligning with Industry 5.0 principles to create more sustainable, efficient, and human-centric manufacturing environments.

5 CONCLUSIONS

The transition to Industry 5.0 represents an important movement towards more sustainable, efficient, and human-centric manufacturing ecosystems. Through the integration of AI, digital technologies, and ethical practices, enterprises can significantly enhance their competitiveness and production systems. This study notes the necessity of adopting a holistic approach that balances technological advancement with environmental sustainability and workforce development.

Future research should explore the long-term impacts of these strategies on global supply chains and the broader socio-economic landscape. Embracing the principles of Industry 5.0 will enable enterprises to thrive in an increasingly complex and dynamic global market.

Acknowledgment

This paper has been supported by the Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research of the Autonomous Province of Vojvodina, number: 142-451-3486/2023-01.

6 REFERENCES

- [1] Doyle-Kent, M., & Kopacek, P. (2020). Industry 5.0: Is the manufacturing industry on the cusp of a new revolution?. In *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2019*, 432-441. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31343-2_38
- [2] Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., ... & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- [3] Akundi, A., Euresti, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). State of Industry 5.0- Analysis and Identification of Current Research Trends.

- Applied Systems Innovation*, 5(1), 27.
<https://doi.org/10.3390/asi5010027>
- [4] Ghobakhloo, M. (2023). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges, and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*.
<https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-023-00314-3>
- [5] Jan, Z., Ahamed, F., Mayer, W., Patel, N., Grossmann, G., Stumptner, M., & Kuusk, A. (2023). Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 216, 119456.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119456>
- [6] Hurduzeu, G., Lupu, I., Lupu, R., & Filip, R. I. (2022). The Interplay between Digitalization and Competitiveness: Evidence from European Countries. *Societies*, 12(6), 157.
<https://doi.org/10.3390/soc12060157>
- [7] Ben Youssef, A., & Mejri, I. (2023). Linking digital technologies to sustainability through Industry 5.0: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 15(9), 7465.
<https://doi.org/10.3390/su15097465>
- [8] Mourtzis, D., Tao, F., Wang, B., Riel, A., Huang, S., Carpanzano, E., & D'Addona, D. M. (2023). Smart Manufacturing and Industry 5.0. MDPI. Retrieved from https://www.mdpi.com/topics/Smart_Manufacturing_Industry_5
- [9] Shin, W., Han, J., & Rhee, W. (2021). AI-assistance for predictive maintenance of renewable energy systems. *Energy*, 221, 119775.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119775>
- [10] Bharadiya, J. P. (2023). Machine learning and AI in business intelligence: Trends and opportunities. *International Journal of Computer (IJC)*, 48(1), 123-134.
- [11] Wamba-Taguimdje, S. L., Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J. R., & Tchatchouang Wanko, C. E. (2020). Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: the business value of AI-based transformation projects. *Business Process Management Journal*, 26(7), 1893-1924.
<https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411>
- [12] Ritter, T., & Pedersen, C. L. (2020). Digitization capability and the digitalization of business models in business-to-business firms: Past, present, and future. *Industrial Marketing Management*, 86, 180-190.
<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.11.019>
- [13] Caputo, A., Pizzi, S., Pellegrini, M. M., & Dabić, M. (2021). Digitalization and business models: Where are we going? A science map of the field. *Journal of business research*, 123, 489-501.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.053>
- [14] Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. *International journal of production economics*, 220, 107460. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.033>



Journal of Engineering and Management

Volume 2 / No 1 / March 2024 / 13 - 19

UDK 658.58:621-7]:005.22

DOI <http://dx.doi.org/10.7251/JEM2402013R>

COBISS.RS-ID 140259073

Case study

Process of maintenance of technical systems

Proces održavanja tehničkih sistema

M. Radovanović^{*1}, Ž. Đurić¹

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje, Vojvode Stepe Stepanovića bb, Trebinje, Bosna i Hercegovina

Abstract: The importance of maintenance in companies directly affects the basic factors of production and can have a very favorable effect (if well implemented) on the achievement of positive business results. Well-implemented maintenance directly affects the reduction of production and business costs. Technical maintenance of the system is a set of procedures and activities whose purpose is to prevent the occurrence of a state of failure or downtime, as well as to return the system to a working state after the occurrence of a state of failure in the shortest time and with the least possible costs, under the given environmental and organizational conditions of work. This paper provides an example of the general vehicle maintenance procedure for freight and passenger transport, in which the sequence and method of performing activities and the responsibility of participants in the process of preventive and corrective vehicle maintenance are defined, which enables the transport processes to take place in terms of the technical correctness of the vehicle. The goal of the fleet maintenance process is to transform the vehicles from the state of "not ready for work" to the state of "ready for work" so that they are available for carrying out the transport process.

Key words: technical vehicle maintenance, procedure, transport

Apstrakt: U preduzećima, na glavne faktore proizvodnje, u velikoj mjeri utiče održavanje, koje ima vrlo pozitivan uticaj na postizanje dobrih poslovnih rezultata, ukoliko se sprovodi na adekvatan način. Takođe, adekvatno sprovedeno održavanje nesporno utiče i na niže troškove proizvodnje i cjelokupnog poslovanja. Tehničko održavanje sistema (mašina i postrojenja) obuhvata postupke koji imaju za cilj da spriječe pojavu stanja u otkazu ili zastoju, kao i da vrate sistem iz stanja u otkazu ponovo u stanje u radu u što kraćem vremenskom periodu i sa što nižim troškovima, a da se pri tome uzmu u obzir uslovi okoline i organizacije rada. U ovom radu je dat primjer opšte procedure održavanja vozila za teretni i putnički transport, u kojoj je definisan redoslijed i način na koji se izvode aktivnosti u procesu preventivnog i korektivnog održavanja vozila koji omogućava odvijanje transportnih procesa u smislu tehničke ispravnosti vozila. Glavni cilj cjelokupnog procesa održavanja vozila jeste da se vozila vrate u stanje „u radu“ nakon što su dospjela u stanje „u otkazu“, kako bi bila dostupna i svrsishodna za obavljanje transportnog procesa.

Ključne riječi: tehničko održavanje vozila, procedura, transport

1 UVOD

Tehničko održavanje sistema (mašina i postrojenja) obuhvata postupke koji imaju za cilj da spriječe pojavu stanja u otkazu ili zastoju, kao i da vrate sistem iz stanja u otkazu ponovo u stanje u radu u što kraćem vremenskom periodu i sa što nižim troškovima, a da se

pri tome uzmu u obzir uslovi okoline i organizacije rada.[1].

Osnovni ciljevi koji treba da se postignu procesom održavanja su: obezbjeđenje potrebnog nivoa pouzdanosti tehničkih sistema u procesu eksploatacije; minimiziranje ukupnih troškova održavanja; sprečavanje i ograničavanje zastarijevanja tehničkih

*milica.radovanovic@fpm.ues.rs.ba

sistema; postizanje boljeg kvaliteta proizvoda; povećanje produktivnosti u proizvodnji; čuvanje svih raspoloživih resursa u preduzeću; isporuka proizvoda kupcima na vrijeme i slično.

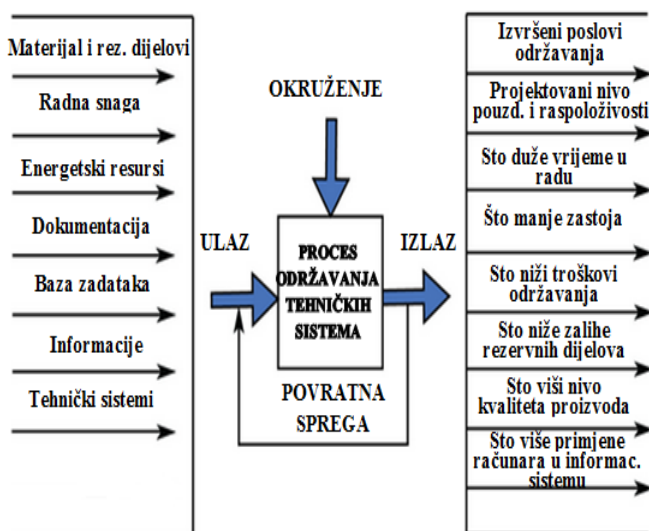
Da ove ciljeve nije lako postići, govori podatak, prema istraživanju različitih autora, da za prosječno trajanje od 10 godina bilo kog tehničkog sistema troškovi održavanja čine oko 60 % od vrijednosti investicije tehničkog sistema [2].

Proces održavanja se sastoji od skupa aktivnosti ili operacija koje se provode tokom eksploatacije tehničkih sistema, a čiji je zadatak da provode preventivne aktivnosti radi sprečavanja otkaza ili zastoja, kao i da otkaz ili zastoj što efikasnije uklone, ukoliko se dese.

2 PRISTUP ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA

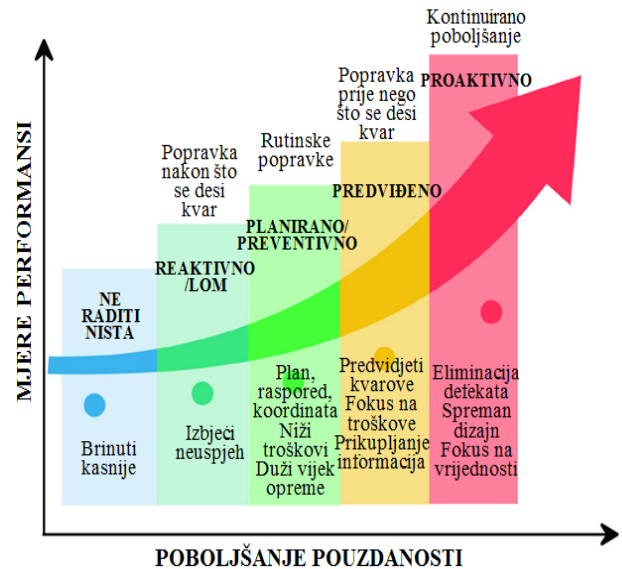
Održavanje u preduzeću definisano je 1963. godine kao funkcija kojom je omogućena stalna funkcionalna sposobnost i trajnost proizvodnih postrojenja i opreme, što je postignuto kroz adekvatnu kontrolu i vršenje popravki i revizije nad postrojenjima [3].

Proces održavanja tehničkih sistema se može analizirati metodama integralnog sistemskog prilaza, kao što je prikazano na Slici 1.



Slika 1 Sistemski prilaz održavanju [1]

Evolucija pristupa održavanju u posljednjih pedeset godina može se predstaviti putem grafikona prikazanog na Slici 2.



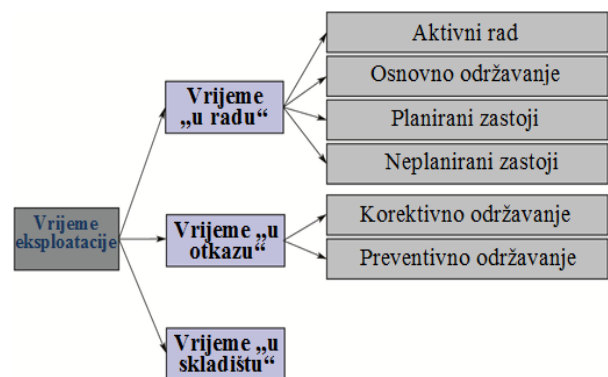
Slika 2 Glavni pristupi održavanju [4]

3 PROCES ODRŽAVANJA

Održavanje tehničkih sistema je process koji se može definisati i sa dvije slučajne varijable i to [5]:

- Prva slučajna varijabla, koja je definisana konstrukcijom i pouzdanošću tehničkog sistema je ukupno vrijeme koje protekne sve do trenutka kada se izvršava operacija održavanja.
- Druga slučajna varijabla, koja je određena kvalitetom sistema upravljanja održavanjem, kao i pogodnošću za samim održavanjem je vrijeme koje protekne tokom izvođenja operacije održavanja.

Struktura stanja tehničkog sistema predstavljena je na Slici 3.



Slika 3 Struktura tehničkog sistema koji je u procesu eksploatacije [5]

Osnovno održavanje transportnih sistema obuhvata aktivnosti čišćenja, podmazivanja, snabdijevanja gorivom i mazivom, kontrole i pregleda stanja [5].

Planirani (opravdani) zastoji podrazumijevaju vremenski interval u kome operater koristi svoj zakonom predviđeni i planirani odmor, ili kada se vrše popravke i revizije, kao i podešavanje tehničkog sistema za rad [5]. Ovo su redovni tehnički zastoji u okviru kojih sistem ne radi (zbog kašnjenja operatera, lošeg planiranja posla ili kašnjenja radnog naloga, zbog problema sa snabdijevanjem energentima i slično) ali se nalazi u radnom procesu i koji se mogu planirati u okviru cjelokupnog procesa održavanja. Korektivno ili neplansko održavanje, koje je uzrokovano otkazom se može izvoditi operacijama korektivnog održavanja i popravke.

Preventivno ili plansko održavanje, treba da ima za cilj sprečavanje stanja u otkazu te obezbjeđenje stalne pouzdanosti sistema kroz preventivne zamjene dijelova i preuzimanje drugih preventivnih akcija [5].

Da bi preduzeće efikasno izvršilo proces održavanja tokom eksploatacije, treba obuhvatiti i sljedeće stavke [7]:

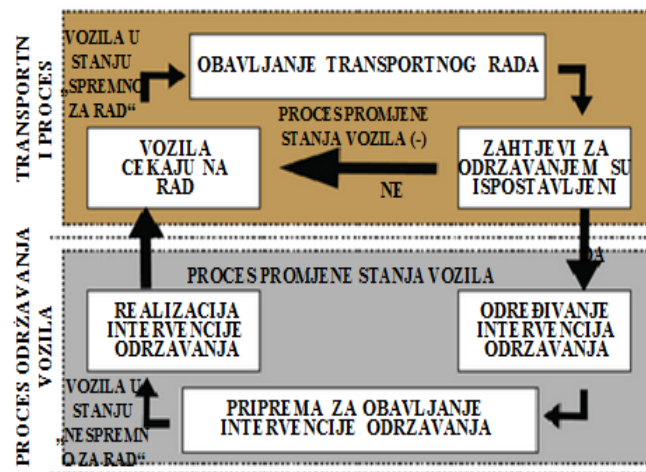
- kvalitetno stručno osoblje,
- pričuvni dijelovi,
- potrebni objekti i oprema,
- odgovarajuća tehnička dokumentacija,
- finansijska sredstva potrebna za izvršenje održavanja.

3.1 Proces održavanja vozničkih parkova

Glavni cilj cjelokupnog procesa održavanja vozničkih parkova jeste da se vozila vrata u stanje „u radu“ nakon što su dospjela u stanje „u otkazu“, kako bi bila dostupna i svrsishodna za obavljanje transportnog procesa, kao što je prikazano na Slici 4, čime se direktno sprovodi i osnovni cilj i djelatnost transportnog preduzeća.

Nakon što je upućen zahtjev za održavanjem nekog transportnog sredstva, trebaju se odrediti intervencije i potrebni uslovi (kvalifikovani radnici, neophodne radne površine, materijali, oprema i slično), kako bi se održavanje moglo uspješno provesti. Dok se izvode same intervencije održavanja, vozila su u tom vremenskom intervalu u stanju „nespremno za rad“ i ne mogu biti upotrebljiva za provođenje transportnog

procesu. Vozila mogu poslati zahtjev za održavanjem ili u unaprijed dogovorenim vremenskim intervalima ili u slučajnim trenucima kada neplanski dođe do pojave kvara ili otkaza.



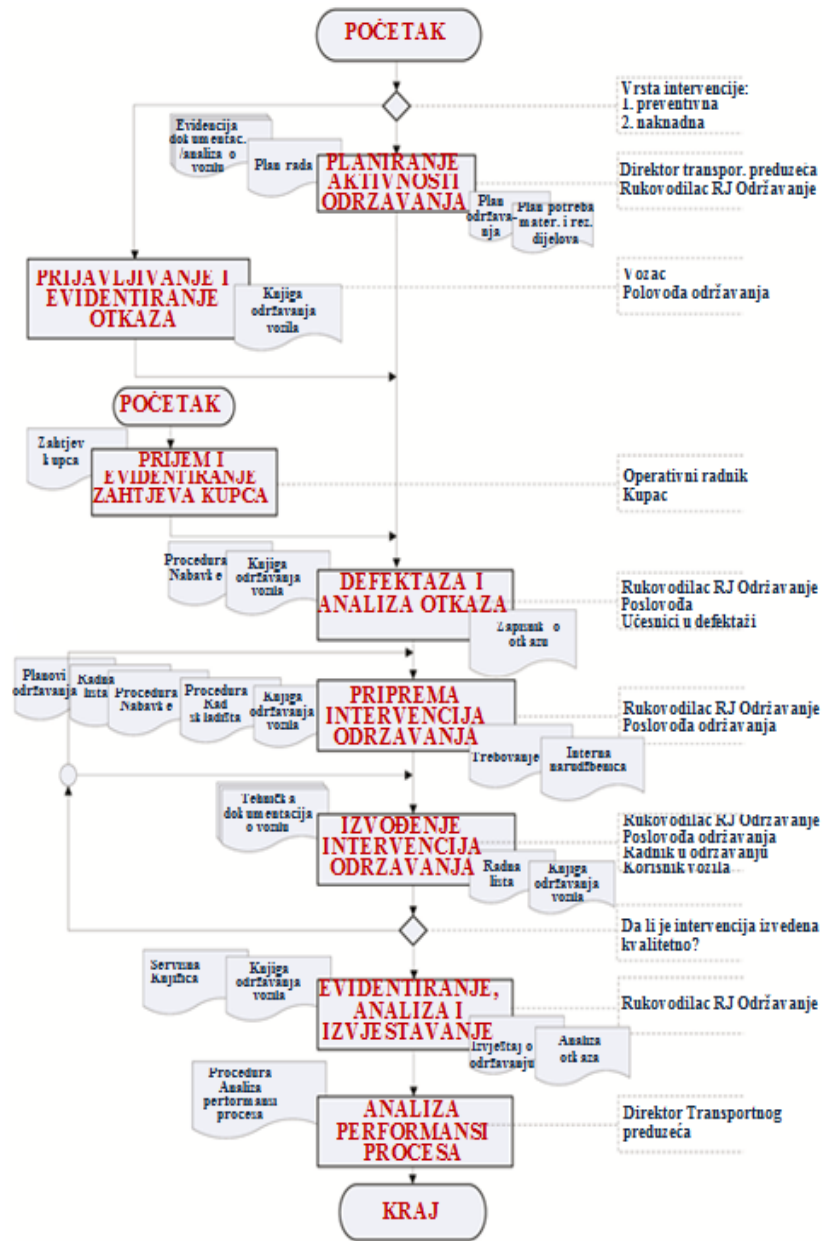
Slika 4 Šema periodičnog smjenjivanja stanja vozila tokom njihovog eksploatacionog vijeka [6]

Nakon sprovedene intervencije održavanja (ili u sopstvenim preduzećima ili u servisima drugih specijalizovanih preduzeća) na transportnim vozilima se vrše procesi kontrole u smislu iskorištenja materijala i potrebnih dijelova, kao i samog kvaliteta izvršenja intervencije. Po završetku ovih aktivnosti se na osnovu dokumentacije i baze podataka izrađuju izvještaji koji se obrađuju putem raznih analiza, na osnovu kojih je moguće donijeti odluke o eventualnim izmjenama i mjerama poboljšanja procesa održavanja.

4 PRIMJER PROCEDURA ODRŽAVANJA VOZILA ZA TERETNI I PUTNIČKI TRANSPORT

U nastavku je dat primjer opšte procedure održavanja vozila za teretni i putnički transport, u kojoj je definisan redoslijed i način izvođenja aktivnosti i odgovornost učesnika u procesu preventivnog i korektivnog održavanja vozila koji omogućava odvijanje transportnih procesa u smislu tehničke ispravnosti vozila. Osnovna funkcija je podrška ispunjavanju planova transportnog preduzeća koji se manifestuje kroz praćenje i korekciju tehničkog stanja vozila iz programa teretnog i putničkog transporta.

Proces održavanja vozila prikazan je dijagramom toka na Slici 5, a potom je dato pojašnjenje svih aktivnosti pojedinačno.



Slika 5 Dijagram toka procesa održavanja vozila

Planiranje aktivnosti održavanja

Planiranje preventivnih aktivnosti održavanja vozila vrši rukovodilac RJ Održavanje, pod nadzorom direktora Transportnog preduzeća, na osnovu sljedećih podloga:

- evidencije o vozilu,
- plana korištenja vozila,
- evidencije i analize o održavanju vozila.

Planiranjem je obuhvaćen:

- *Plan resursa* - potreba i dinamike obezbjeđenja materijala i rezervnih dijelova, alata i drugih elemenata,
- *Plan investicionog održavanja*, kao dio *Proizvodno-finansijskog plana* preduzeća.

Prijavljivanje i evidentiranje otkaza

Svaki otkaz ili promjene u toku rada vozila uočava i prijavljuje vozač. Otkazi se prijavljuju poslovođi. Prilikom prijavljivanja otkaza, podnosilac prijave je dužan da saopšti sljedeće podatke:

- oznaku i naziv vozila na kome je otkaz nastao,
- lokaciju vozila,
- vrijeme nastanka i kratak opis otkaza i
- mišljenje o kritičnosti otkaza u pogledu potrebe zaustavljanja dijela odgovarajućeg procesa rada, bezbjednosti učesnika i imovine, odnosno hitnosti intervencije.

Prijavljene otkaze vozila poslovođa evidentira u *Knjigu održavanja vozila*. U *Knjigu održavanja* evidentiraju se i eventualni otkazi uočeni u toku dnevnih i periodičnih pregleda.

Prijem i evidentiranje zahtjeva kupca

Zahtjevi kupca prispjevaju u Transportno preduzeće na jedan od sljedećih načina:

- usmenim, direktnim ili telefonskim kontaktom kupca sa rukovodiocem RJ Održavanje,
- pisanim zahtjevom (telefaks ili e-mail).

U slučaju kada klijent - kupac podnosi zahtjev za uslugom održavanja, radni nalog se otvara kod operativnog radnika koji je zadužen za rad sa klijentima-kupcima. Poslije otvaranja radnog naloga za klijente (kupce), klijenti se upućuju na utvrđivanje stanja – „defektažu“.

Defektaža i analiza otkaza

Defektaža

Odluku o potrebi defektaže donosi poslovođa održavanja na osnovu karaktera otkaza navedenog prilikom prijavljivanja i vrste vozila na kome je otkaz nastao.

U slučaju kada ocijeni da je defektaža neophodna, poslovođa održavanja određuje izvršioca koji, uvidom u stanje vozila, vrše defektažu. Nakon izvedene defektaže, vozilo se upisuje u *Knjigu održavanja vozila* sa opisom otkaza, uzroka otkaza, načina opravke i prijedlogom načina sprečavanja istog otkaza u daljem radu u predviđeno polje prijave otkaza.

Analiza otkaza

Analizu otkaza, ako je ona potrebna, vrši rukovodilac RJ Održavanje. Analiza se izvodi radi donošenja odluke o načinu otklanjanja otkaza i to:

- Otkaz se može otkloniti sopstvenim kapacitetima održavanja - procedura se nastavlja aktivnošću pripreme intervencije održavanja,

- Otkaz se ne može otkloniti sopstvenim kapacitetima održavanja – rukovodilac RJ Održavanje organizuje angažovanje internog serviser iz drugog sektora,
- Otkaz se ne može otkloniti sopstvenim kapacitetima održavanja – rukovodilac RJ Održavanje organizuje angažovanje serviser ili
- Otkaz nije kritičan (ne zahtijeva hitnu intervenciju) i njegovo otklanjanje se može planirati i izvesti u sklopu aktivnosti preventivnog održavanja.

U slučaju potrebe, rukovodilac RJ Održavanje na internom dopisu sačinjava *Zapisnik o otkazu*.

Priprema intervencija održavanja

Priprema dokumentacije

U skladu sa planovima i potrebama proizašlim na osnovu stanja utvrđenog periodičnim pregledima i podataka iz knjige održavanja, poslovođa vrši pripremu i izdavanje dokumenata *Radna lista* operativnim radnicima u procesu održavanja.

Angažovanje specijalizovane organizacije – serviser

Angažovanje specijalizovane organizacije na izvođenju aktivnosti održavanja (intervencije održavanja za koje Transportno preduzeće ne posjeduje odgovarajuće resurse) na prijedlog rukovodioca RJ Održavanje, vrši Nadležni menadžer nabavke, u saradnji sa direktorom Transportnog preduzeća.

Obezbjeđenje resursa

Obezbjeđenje materijala i rezervnih dijelova: Materijal i rezervni dijelovi, u zavisnosti od njihove raspoloživosti, obezbjeđuju se:

- izuzimanjem iz skladišta putem Izdatnice materijala, na osnovu odredbi dokumenta - Procedure: *Rad skladišta*,
- blagovremenom nabavkom, na osnovu odredbi dokumenta - Procedure: *Nabavka*.

Izrada rezervnih dijelova: Ako se rezervni dijelovi mogu izraditi u Transportnom preduzeću, rukovodilac RJ Održavanje organizuje izradu dokumentacije i izradu dijelova. U slučaju kada se rezervni dijelovi ne mogu obezbjeđiti izradom u Transportnom preduzeću Rukovodilac RJ Održavanje postupa u skladu sa odredbama dokumenta - Procedure: *Nabavka*.

Izvođenje intervencija održavanja

Preventivne intervencije

Preventivne intervencije podrazumjevaju sljedeće aktivnosti:

- Dnevne preglede, kao stalnu aktivnost, vrše korisnici vozila, svakog dana prije početka rada. Korisnici vozila su dužni da uočene nedostatke prijave dispečeru.
- Periodične preglede izvode, na osnovu preporuka iz dokumentacije proizvođača vozila, izvršioci koje odredi poslovođa održavanja.
- Zamjenu potrošnih dijelova, sklopova, fluida i podmazivanje vrše, na osnovu uputstava proizvođača, korisnici vozila ili radnici u održavanju koje odredi nadležni poslovođa radionice.
- Remont vozila se izvodi po potrebi na osnovu pojave istrošenosti pojedinih sklopova.
- Naknadne planske intervencije.

Korektivne intervencije

Poslovođa održavanja, po izvršenoj pripremi, određuje izvršioca, daje im potrebna uputstva i upućuje na mjesto izvođenja intervencije. Izvršioci aktivnosti postupaju prema opisu rada u *Radnoj listi* i usmenim uputstvima poslovođe. Ukoliko postoji potreba za određenim dijelovima ili materijalom, poslovođa izdaje *Trebovanje*, radi preuzimanja materijala i rezervnih dijelova iz skladišta.

Kontrola – provjera i probni rad

Po završenoj aktivnosti, rukovodilac RJ Održavanje, u prisustvu korisnika vozila, poslovođe i izvršioca aktivnosti, provjerava kvalitet izvedene aktivnosti (pregledom, mjerenjem ili probnim radom). Nakon provjere su moguće ocjene:

- *Kvalitet je zadovoljavajući* - unose se odgovarajući podaci i zatvara radni nalog ili knjiga održavanja. Procedura se nastavlja aktivnošću evidentiranja izvedene aktivnosti, ili
- *Kvalitet je nezadovoljavajući* - procedura se ponavlja od aktivnosti izvođenja ili pripreme aktivnosti, u zavisnosti od karaktera uzroka lošeg kvaliteta.

Evidentiranje, analiza i izvještavanje

Evidentiranje aktivnosti održavanja

Intervencije održavanja evidentira rukovodilac RJ Održavanje u:

- *Knjizi održavanja*, unošenjem vremena zaključenja *Radnih lista* i
- *Servisnoj knjižici vozila* – intervencije podmazivanja, periodični pregledi, remont i podaci o ključnim izmjenama na vozilu nastalim nakon intervencija održavanja.

Analiza aktivnosti održavanja i izvještavanje

Rukovodilac RJ Održavanje, uvidom u evidenciju o izvršenim aktivnostima održavanja, vrši analizu aktivnosti održavanja u pogledu: kvaliteta izvedenih aktivnosti – analizom prigovora i zapažanja od korisnika vozila, stanja vozila nakon intervencija, vremena zastoja vozila zbog izvođenja aktivnosti, vremena trajanja, kritičnosti, uzroka i troškova održavanja.

Izveštavanje o aktivnostima održavanja

Na osnovu izvršenih analiza i evidencije o izvedenim intervencijama rukovodilac RJ Održavanje sačinjava *Izveštaj o održavanju* sa podacima o stepenu ostvarenja planova održavanja, opterećenju kapaciteta na poslovima održavanja i potrošnji materijala i rezervnih dijelova i prijedlozima korektivnih mjera.

Analiza performansi procesa

Analiza procesa održavanja vozila vrši se na osnovu mjesečnih, kvartalnih i godišnjih izvještaja.

Analizu izrađuje direktor Transportnog preduzeća, u saradnji sa rukovodiocem RJ Održavanje, po proceduri *Analiza performansi procesa*.

5 ZAKLJUČAK

U preduzećima, na glavne faktore proizvodnje, u velikoj mjeri utiče održavanje, koje ima vrlo pozitivan uticaj na postizanje dobrih poslovnih rezultata, ukoliko se sprovodi na adekvatan način. Organizacija procesa održavanja tehničkih sistema i vozila mora biti usklađena sa mašinskim parkom za koji je zadužena, što podrazumijeva fleksibilnost u smislu čestih promjena. Sa druge strane, sistem održavanja se može

susretati i sa brojnim propustima i problemima, koje treba otkloniti kako bi funkcionisao.

Prva stavka koja može biti okarakterisana kao mogući problem jeste izvršavanje procesa nabavke tek u onom trenutku kada se definiše da u skladištu nema potrebnih dijelova ili materijala potrebnih za vozilo koje je u otkazu ili kvaru. Zbog ovakvog propusta, vozilo čeka na potrebnii dio sve dok se nabavka ne izvrši, dok je za svo to vrijeme neupotrebljivo. Iz ovakvih i sličnih razloga, neophodno je što više primjenjivati preventivno održavanje vozila.

Sljedeći mogući propust koji se može pojaviti, u okviru procesa održavanja, je javljanje potrebe za održavanjem većeg broja vozila u istom vremenskom intervalu. Ukoliko nema dovoljno kapaciteta, radne površine, potrebnih dijelova ili obučene radne snage, vozila će čekati u kvaru čime će direktno narušiti raspoloživost voznog parka. Kako bi se ovakvi problemi spriječili, preduzeće treba konstantno nastojati da podmlađuje vozni park.

Još jedan od potencijalnih problema za proces održavanja je mogući kvar opreme za održavanje, koji bi opet uticao na to da vozila čekaju u kvaru i da nisu raspoloživa. Jedno od rješenja, obzirom da su kako vozila, tako i oprema podložni kvarovima i otkazima, jeste da se obezbijedi rezervna oprema.

6 LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Ilić, B. (2013). *Nauka o održavanju tehničkih sistema*, Srpski akademski centar, Novi Sad.
- [2] Janković, M. Ž. (2017). *Održavanje tehničkih sistema*, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš.
- [3] Klarin, M., Misita, M., Spasojević – Brkić, V. (2008). *Savremene tendencije u upravljanju održavanjem – pristup održavanju zasnovan na riziku*, Tehnička dijagnostika, Beograd.
- [4] Nowakowski, T., Tubis, A. (2019). Werbińska-Wojciechowska S., *Evolution of Technical Systems Maintenance Approaches – Review and a Case Study*, Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland.
- [5] Marić, B., Medaković V. (2018). *Procesi održavanja, Konferencija „ODRŽAVANJE - MAINTENANCE 2018“*, Zenica.

- [6] Vujanović, B. D. (2013). *Prilog razvoju upravljanja procesom održavanja vozni parkova*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [7] Mikuleta V. (2016). *Analiza sustava održavanja poduzeća Čazmatrans - Nova d.o.o.*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.



Assessment of the balance of CO₂ emissions from thermal power plants with the amount of CO₂ absorbed by forests in the Republic of Srpska

Procjena bilansa emisije CO₂ iz termoelektrana sa količinom apsorbiranog CO₂ šumama u Republici Srpskoj

S. Vasković^{*1}, Lj. Tanić², S. Adžić³, B. Jović⁴, G. Krunic⁵

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, BiH

²Grijanjeinvest d.o.o., Srpskih ratnika 24, Pale, BiH

³Zavisno preduzeće "Rudnik i Termoelektrana Gacko", akcionarsko društvo Gacko, BiH

⁴JU SŠC "Mihailo Petrović Alas", Karađorđeva 19, Ugljevik, BiH

⁵Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment, Vojvode Stepe Stepanovića bb, Trebinje, BiH

Abstract: This paper deals with the comparison of the amount of carbon dioxide emitted from thermal power plants in the Republic of Srpska with the amount of CO₂ absorbed in the process of photosynthesis through existing wood stocks in forests and the achieved wood growth of forests in the territory of the Republic of Srpska. Since CO₂ by definition has a negative impact on the climate on planet Earth and due to the fact that it causes the greenhouse effect, additional warming of our planet occurs. There are generally two procedures for estimating and determining CO₂ emissions from thermal power plants: based on previously defined mathematical models and measured coal consumption. The measurement methods used for taking samples are: non-extractive (measuring probes and devices are located inside or in the smoke duct) and extractive (the sample is taken from the smoke duct and taken to the device where it is analyzed). Sensors based on which the composition is determined are divided into: electrolytic, optical, calorimetric and photometric. The calculated and predicted emissions from the existing thermal power plants in the Republic of Srpska were compared with the equivalent of CO₂ storage in the forest biomass that the Republic of Srpska has at its disposal, from which were derived very interesting parts of the conclusions regarding the CO₂ neutrality of the energy sector related to the thermal power plants of the Republic of Srpska.

Keywords: CO₂ emissions, thermal power plants, pollution

Apstrakt: Ovaj rad bavi se komparacijom količina emitovanog ugljendioksida sa termoelektrana u Republici Srpskoj sa apsorbiranim količinom CO₂ u okviru procesa fotosinteze kroz postojeće drvene zalihe u šumama i ostvareni drveni priraštaj šuma na teritoriji Republike Srpske. Pošto CO₂ po definiciji ima negativan uticaj na klimu na planeti Zemlji i obzirom na uzrokovanje efekta staklene, bašte dolazi do dodatnog zagrijavanje naše planete. Postoje generalno dva postupka procjena i određivanja emisija CO₂ iz termoelektrana: na osnovu prethodno definisanih matematičkih modela i izmjerene potrošnje uglja. Mjerne metode koje se koriste za uzimanje uzoraka su: neekstraktivne (mjerne sonde i uređaji se nalaze unutra ili u dimnom kanalu) i ekstraktivne (uzorak se uzima iz dimnog kanala i vodi u uređaj gdje se analizira). Senzori na osnovu koji se određuje sastav, dijele se na: elektrolitski, optički, kalorimetrički i fotometrički. Izračunate i procjenjene emisije sa postojećih termoelektrana u Republici Srpskoj komparirane su sa ekvivalentom skladištenja CO₂ u šumskoj biomasi sa kojom raspolaže Republika Srpska iz čega su izvedeni vrlo zanimljivi dijelovi zaključaka po pitanju CO₂ neutralnosti energetskog sektora koji se odnosi na termoelektrane Republike Srpske.

Ključne riječi: CO₂ emisije, termoelektrane, zagađenje

1 UVOD

U ovom radu je data analiza emisije CO₂ od tri termoelektrane iz Republike Srpske (TE Gacko, TE Ugljivik, TE Stanari). Kao prvo, prikupljeni su podaci potrebni za analizu i postupak optimizacije energetskeg tržišta. Nakon provedene analize, utvrđene su količine emisije CO₂ nastale zbog proizvodnje električne energije. Posebna pažnja posvećena je uticaju cijena emisijskih dozvola na same emisije. Nakon uvoda i pregleda dostupne literature, prikazan je pregled stanja i emisije CO₂ na termoelektranama u Republici Srpskoj i mogućnosti njegove apsorpcije šumskim potencijalima.

Ugljen-dioksid ima široku primjenu u svakodnevnom životu i to u gasovitom, čvrstom i tečnom stanju. Pri normalnim uslovima ugljen-dioksid je je bozbojan gas, bez mirisa i blagog kiselog ukusa. Nije zapaljiv, ne gori, inertan je i nije toksičan. Međutim pri udisanju većih količine CO₂ nastaju smetnje u organizmu koje i po prestanku akutne opasnosti mogu dovesti i do smrtnosti. CO₂ je normalan produkt organskih materija. Teži je od vazduha za oko 4,5 puta. Relativno se lako prevodi iz gasovitog u tečno stanje na temperaturi od 20 °C. Energetski sektor čini sastavni dio privrede, dostupnost i cijena energije određuje konkurentnost pojedine ekonomije, a količina energije koju osoba potroši određuje njen standard življenja. Nažalost, energetski sektor je i veliki zagađivač životne sredine. Vodena para, metan i ugljen-dioksid (CO₂) uzrokuju porast Zemljine temperature. Kao najznačajniji izvori energije u Republici Srpskoj su tri termoelektrane (Ugljevik, Gacko i Stanari), koje koriste kao pogonsko gorivo ugalj. Samim tim emituju određenu količinu emisije CO₂ koja odlazi u atmosferu. Da bi se napravio plan smanjenja emisija, potrebno je definisati realno stanje CO₂. Najlakši način da se dobiju rezultati emisija je mjerenje i količina potrošnje uglja. Emisija CO₂ zavisi prvenstveno o kvalitetu i tipu goriva koje emituje u atmosferu. Pri proračunu se mogu koristiti dvije metode: referentna i sektorska. Sektorska se računa na osnovu potrošnje i nabavke goriva.

2 METODOLOGIJA RADA

U radu je korištena metodologija procjene emisije CO₂ iz TE prema najjednostavnijem postupku "Tier 1", na bazi čega su dobijene tražene emisije ugljen-dioksida na godišnjem nivou za postojeće tri termoelektrane u Republici Srpskoj. Za procjene apsorpcije CO₂ po 1 ha šumske biomase korišteni su literaturni podaci iz prethodnih istraživanja. U radu je za akumulaciju CO₂ u obzir uzet priraštaj drvene biomase na godišnjem nivou i drvene rezerve i ti podaci su preuzeti iz odgovarajućih studija i zvanično dostupne literature koji se odnose na BiH odnosno Republiku Srpsku.

2.1 Pregled stanja i emisije CO₂ na termoelektranama u Republici Srpskoj

Osnovni izvor električne energije u Republici Srpskoj su termoelektrane. One koriste ugalj kao pogonsko gorivo koji je ujedno i najzastupljeniji energetski resurs u Republici Srpskoj zbog svoje rasprostranjenosti i zadovoljavajućeg kvaliteta. Kotlovi termoelektrana koriste ugalj kao gorivo za dobijanje toplotne energije. Ta toplotna energija se koristi u procesu postizanja radnih parametara pare, koja ekspanzijom u parnoj turbini vrši proces razmjene potencijalne energije u kinetičku, odnosno mehaničku energiju na vratilu turbine. Termoelektrane rade po Klauzijus-Rankinovom ciklusu.

Termoelektrane koje u Republici Srpskoj aktivno rade jesu TE Gacko, TE Ugljevik i TE Stanari. Sve tri navedene TE imaju blokove nominalne snage 300 MW. TE Gacko je puštena u rad 1983 godine, TE Ugljevik 1985 godine, a TE Stanari 2016. godine. Sve tri termoelektrane rade sa jednim međupregrijavanjem pare. TE Gacko i TE Ugljevik rade sa nadkritičnim parametrima pare, dok TE Stanari radi sa podkritičnim parametrima pare. Tip kotla kod TE Gacko i TE Ugljevik je jednokorpusni T-obrazni protočni parni kotao sa međupregrijanjem (P64 – Ramzin), dok je kod TE Stanari kotao sa sagorijevanjem u cirkulacionom fluidizovanom sloju (CFB) koji u suštini predstavlja modernu tehnologiju sa većom iskoristivošću goriva. Tip turbine kod TE Gacko i TE Ugljevik je K-300-240 LMZ. Kod TE Stanari je vazduhom hlađeni

kondenzator (ACC), dok je kod TE Gacko i TE Ugljevik kondenzator hlađen cirkulacionom vodom tipa 300KCS-1. TE Gacko i TE Ugljevik imaju ukupni nominalni neto koeficijent korisnog dejstva od 0,32 (bruto 0,339), dok TE Stanari ima nešto viši koeficijent korisnog dejstva koji iznosi 0,341 (na početku projekta bilo zamišljeno da SKD bude 0,43). Osnovni podaci (zvanični i procijenjeni) o navedenim TE dati su u Tabeli 1.

Tabela 1. Osnovni podaci o TE u Republici Srpskoj i procjene o emisijama CO₂ [1,2, 3,5]

	TE Gacko [1,6]	TE Ugljevik [2,7]	TE Stanari [3,5]
Nominalna snaga bloka [MW]	300	300	300
Nominalni stepen korisnog dejstva	0,32	0,32	0,341
Procijenjeni stepen korisnog dejstva	0,3165	0,3106	0,336
Prosječna potrošnja uglja [t/god]	1 725 230	1 486 509	2 318 968
Prosječna neto proizvodnja [MWh/god]	1 168 235	1 299 984	2 053 998
Procijenjeni neto koeficijent emisije CO ₂ [t _{CO2} /MWh]	1,4	1,2	1,1
Procijenjene količine emitovanog CO ₂ [t _{CO2} /god]	1 635 529	1 559 980	2 259 397
Procijenjene ukupne količine emitovanog CO ₂ [t _{CO2} /god]	5 454 876		

Jedna tona CO₂ predstavlja jedinicu mjere emisije, a najnovije smjernice "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories" razlikuju tri različita nivoa proračuna gasova staklene bašte. Oni se međusobno razlikuju prema stepenu kvaliteta prikupljanja podataka koji se koriste pri proračunu kao i prema stepenu složenosti proračuna [4].

Prvi i najjednostavniji (najneprecizniji) nivo proračuna, tzv. "Tier 1" glasi:

$$\text{Emisija} = \text{Potrošnja} \cdot \text{Emisijski faktor} \quad (1),$$

pri čemu je:

Emisija – ukupna emisija CO₂ u tonama (t CO₂),
Potrošnja – količina potrošene energije (TJ),

Emisijski faktor – zadani faktor emisije koji zavisi od pojedinog goriva koje se koristi kao i o stakleničkom gasu čija emisija se računa. Sadrži i faktor oksidacije ugljenika za koji se na prvom nivou proračuna pretpostavlja da iznosi 1 (t_{CO2}/TJ).

2.2 Pregled stanja i procjena apsorbovane količine CO₂ u u šumama Republike Srpske

Zvanični podaci o strukturi i površinama šuma i šumskih zemljišta su, još uvijek, bazirani na informacijama iz Prve inventure šuma na velikim površinama iz 1968. godine prema kojima površina šuma u BiH iznosi oko 2,70 miliona ha, odnosno 53% od ukupne površine. U cilju dobijanja novih podataka o stanju šumskih resursa u BiH, realizovana je Druga nacionalna inventura šuma na velikim površinama u periodu 2006 - 2009. godine. Preliminarno objavljeni podaci ukazuju na pozitivan trend promjena šumskih površina za više od 500.000 ha [8].

Površine dostupnih šuma proizvodnog karaktera po pojedinim entitetima su prikazane u Tabeli 2. sa relativnim greškama procjene ovih površina.

Šumski resursi u BiH se odlikuju tipičnom strukturom šuma u zemljama jugoistočne Europe, gdje je uobičajeno da postoje ogromne površine izdanačkih šuma.

Tabela 2. Struktura površina šuma proizvodnog karaktera po entitetima u BiH [8]

Uzgojni oblik šume	Dostupne šume proizvodnog karaktera			
	u Republici Srpskoj		u FBiH	
	ha	±%	ha	±%
1. Visoke šume	647.300	3,2	673.300	3,1
2. Izdanačke šume	485.300	5,0	355.400	6,0
Sve šume	1.169.500	2,6	1.103.500	2,7

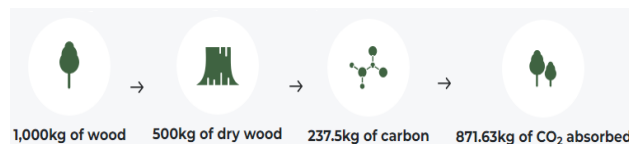
U Tabeli 3. dat je prikaz procijenjenih veličina apsorbovanog CO₂ putem šumskih resursa sa kojima raspolaže Republika Srpska. Za izračunavanje ekvivalentno apsorbovanog CO₂ u procesu fotosinteze korištena je jednostavna metodologija. Uzet je primjer drvo od 1000 kg sa 100% vlažnošću. Znamo da ovo drvo ima 500 kg vode i 500 kg suve mase, a takođe znamo da je 47,5% te suve mase ugljenik i to predstavlja 237,5 kg. Zahvaljujući omjerima molarne

mase, možemo razgraditi CO₂ i otkriti da je potrebno 3,67 kg CO₂ za stvaranje 1 kg ugljenika u drvetu.

Dakle, za naš primjer drveta, apsorbovana količina CO₂ je: $237,5 \times 3,67 = 871,63$ kg CO₂. Ako želimo da znamo koliko se apsorbuje godišnje, moramo znati prosječnu starost šume. Ako je drvo težine oko tone, možemo pretpostaviti da je staro 30 do 40 godina. Dakle, ako pretpostavimo da ima 40 godina, sa prosjekom apsorbovanja CO₂ od 21,79 po godini [9]. S obzirom da ostali detalji dati su u tabeli 3. Opšta šema metodologije za procjenu apsorbovanja CO₂ po toni šumske biomase (drvene zalihe i priraštaja), data je na slici 1.

Tabela 3. Osnovni podaci o procjenama apsorbovanog CO₂ u šumskoj biomasi za Republiku Srpsku

A	1169500	ha	površina pod šumom u Republici Srpskoj
z	201	m ³ /ha	prosječna zaliha po hektaru [8]
Z	235069500	m ³	ukupna zaliha
pr	5,16	m ³ /ha	priraštaj po hektaru [8]
Pr	6034620	m ³	ukupni godišnji priraštaj
ro	450	kg/m ³	gustina suvog drveta
c	0,475		procenat ugljenika u sastavu suve mase drveta
CO ₂	871,625		ukupno uskladišteni CO ₂ u stablu mase 1000 kg [9]
god	40	god	prosječna starost stabla
CO ₂ god	21,790625	kg	apsorbovana količina CO ₂ po godini i toni drvene biomase
sj	0,5		iskorištavanje zapreminskog prirasta u obliku sječe
Us	238086810	m ³	ukupna količina šumske biomase u opticaju
MCO ₂₁	4306090	tona	ukupna masa CO ₂ apsorbovanog šumskom biomasom
CO ₂ ha	2,5	tona/hektaru/god	prosječno apsorbovanje CO ₂ po hektaru šumske površine na godišnjem nivou, vrijednost usvojena iz literature [10,11]
MCO ₂₂	2923750	tona	ukupna masa CO ₂ apsorbovanog šumskom biomasom, druga procjena



Slika 1. Metodologija za procjenu apsorbovanja CO₂ po toni drvene biomase [9]

Postoje različiti metodološki i literaturni pristupi za procjenu apsorbovane količine CO₂ i značajno velike varijacije u procjeni. Literaturni podaci i istraživanja pokazuju da stopa apsorbovanja CO₂ varira u širokom dijapazonu od 0,12 do 9,6 tona po hektaru na godišnjem nivou [10]. Usvojeno je 2,5 tona/hektaru/god [11].

3 REZULTATI I DISKUSIJA

Prema procjenama u tabeli 3., dobijene su dvije vrijednosti količine apsorbovanog CO₂ putem šumske biomase u Republici Srpskoj. To su vrijednosti procjena: MCO₂₁=4306090 tona i MCO₂₂=2923750 tona.

Ukoliko se uzme u obzir vrijednost emisije CO₂ proizvedene na termoelektranama u Republici Srpskoj od 5454876 tona. U tom slučaju procenat pokrivenosti emisije CO₂ prema jednoj procjeni biće 53% a u drugom slučaju iznosiće 78%. Uzimajući u obzir i rezultate Izvještaja za emisije gasova staklene bašte za Bosnu i Hercegovinu iz literature [12], procjenjena količina apsorbovanog CO₂ šumskom biomasom za BiH za 2023 godinu je oko 6 500 000 tona. Ako se uzme u obzir da je preraspodjela šumske biomase približno 50 % Republika Srpska, 50 % FBiH, onda se količina od 3 250 000 apsorbovanog CO₂ može pripisati Republici Srpskoj. U tom slučaju pokrivenost emisija CO₂ iz termoelektrana sa apsorbovanim CO₂ šumskom biomasom u Republici Srpskoj iznosi 59%.

4 ZAKLJUČAK

Izvedeni zaključci u okviru ovog rada odnose se samo na bilans emisija prouzrokovanih sa radom termoelektrana u Republici Srpskoj, naspram procijenjene količine apsorbovanog ugljendioksida u šumskim potencijalima. Treba imati na umu da tranzitni put prelaska na obnovljive izvore energije je vrlo zahtijevan i da Republiku Srpsku i Bosnu i Hercegovinu čeka vrlo veliko iskušenje u realizaciji

ovog zadatka ali i postizanja bliskih ciljeva CO₂ neutralnosti. Međutim, ne treba zanemariti i činjenicu da su termoelektrane u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini okosnica proizvodnje električne energije a samim time i energetike. Iz tih razloga ali i vremenskih ograničenja, potrebno je tražiti samo racionalna i razumna rješenja u koncipiranju energetske miksa da bi se pri tome ostvarili ciljevi CO₂ neutralnosti u Republici Srpskoj i BiH.

Dalje implementacije što detaljnijih procjena emisija CO₂ trebalo bi uraditi u svim oblastima: transporta, poljoprivrede, šumarstva, industrije i života, kako bi se stvorila što realističnija slika ovog problema i donio konačni sud kojim putem se treba riješavati ovaj problem.

5 LITERATURA

- [1] Pokazatelji rada TE Gacko od 1983 do 2020 godine, zvanični izvještaj iz TE Gacko, 2021.
- [2] Pokazatelji rada TE Ugljevik od 1985 do 2022 godine, zvanični izvještaj iz TE Ugljevik, 2022.
- [3] Dnevni izvještaj rukovodioca smjene TE Stanari, 22.05.2023.
- [4] Tumara, D. (2023). *Metodologija izračuna emisije ugljeničnog dioksida*, Master rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
- [5] [EFT Stanari - Energy Financing Team \(eft-stanari.net\)](http://eft-stanari.net), pristupljeno: 05.11.2023.
- [6] Doder, M. (2011). *Tehničke karakteristike, eksploatacija i održavanje opreme bloka 300MW TE Gacko*, Rudnik i termoelektrana Gacko.
- [7] Milovanović, Z., (2015). *Analiza energetske efikasnosti TE Ugljevik za period 2004-2014. godina*, ENEF 2015 Banjaluka.
- [8] USAID Sida Project. (2013). *Mogućnosti korištenja niskovrijednih drvnih sortimenata i konverzija izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini*, Završni izvještaj. Str. 1 – 97.
- [9] <https://ecotree.green/en/how-much-co2-does-a-tree-absorb>
- [10] Robert W. M., Patrick H., Steve B. Douglas C., Fred D., Christopher G., Edmund G., John A. H., Nathan C., Michael M., Steve R., Matthew S., John S. (2008). Forest Management Solutions for Mitigating Climate Change in the United States, *Journal of Forestry*, 106 (3), 115–117.
<https://doi.org/10.1093/jof/106.3.115>
- [11] Klaus J.(2022). Forests change the climate, *Max Planck Research* 4/2020. Third biennial update report on greenhouse gas emissions of bosnia and herzegovina, under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

**Case study****Hydropower potential of river Sutjeska****Hidroenergetski potencijal sliva rijeke Sutjeske**M. Kašiković^{*1}, U. Karadžić²¹ Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment, Trebinje, Bosna i Hercegovina² Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Podgorica, Crna Gora

Abstract: Energy is a very important factor of development. The need for electricity is constantly increasing. A large part of the energy produced in the world comes from non-renewable energy sources, mainly fossil fuels, which are considered to be the main reason for global warming. A well-planned and efficient use of all available energy sources, especially renewable sources, is necessary to meet the requirements of energy demand. Hydropower represents one of the most important renewable energy sources. A significant part of the hydropower potential has already been used by the construction and operation of large hydropower plants, while smaller watercourses are still largely unused. Small hydropower plants have an insignificant negative impact on the environment, unlike conventional energy plants. The paper presents the hydro potential of the Sutjeska river basin, i.e. the possibilities of building small hydropower plants are listed. The river Sutjeska largely passes through the national park of the same name. On the river Sutjeska and its tributaries Hrvavka, Jabušnica, Klobučarica and Sušica (Suha), the construction of 13 small hydropower plants with different technical solutions is planned. Based on that, it can be concluded that this basin has a significant technically usable hydro potential that is currently unused.

Keywords: hydroenergy, potential, small hydropower plants

Apstrakt: Energija predstavlja veoma važan faktor razvoja. Potrebe za električnom energijom su u stalnom porastu. Veliki dio proizvedene energije u svijetu dolazi iz neobnovljivih izvora energije, uglavnom fosilnih goriva za koje se smatra da su glavni razlog za globalno zagrijavanje. Dobro isplanirana i efikasna upotreba svih dostupnih energetske izvora, a posebno obnovljivih izvora, je neophodna da bi se ispunili zahtjevi energetske potražnje. Hidroenergija predstavlja jedan od najvažnijih obnovljivih izvora energije. Značajan dio hidroenergetskih potencijala je već iskorišten izgradnjom i radom velikih hidroelektrana, dok su manji vodotoci i dalje velikim dijelom neiskorišteni. Male hidroelektrane imaju neznatan negativan uticaj na životnu sredinu, za razliku od konvencionalnih energetske postrojenja. U radu je predstavljen hidropotencijal sliva rijeke Sutjeske, tj. navedene su mogućnosti izgradnje malih hidroelektrana. Rijeka Sutjeska velikim dijelom prolazi kroz istoimeni nacionalni park. Na rijeci Sutjesci i njenim pritokama Hrvavki, Jabušnici, Klobučarici i Sušici (Suhi) planirana je izgradnja 13 malih hidroelektrana sa različitim tehničkim riješenjima. Na osnovu toga može se zaključiti da ovaj sliv ima značajan tehnički iskoristiv hidropotencijal koji je za sada neiskorišten.

Cljučne riječi: hidroenergija, potencijal, male hidroelektrane

1 UVOD

Hidroenergija, po svojoj definiciji, predstavlja obnovljiv energetske izvor, ali ne zadovoljava sve aspekte pojma obnovljivi izvori. Velike hidroelektrane su sklone procesu eutrofikacije, zbog dugotrajnog

zadržavanja vode, pa negativno utiču na kvalitet vode, na temperature vode, na režim nanosa i na povećanje emisije ugljen-dioksida.

*milica.kasikovic@fpm.ues.rs.ba

Male hidroelektrane i male akumulacije, za razliku od srednjih i velikih mnogo se skladnije uklapaju u životnu sredinu i skoro da nemaju negativnih uticaja na okruženje. Prednost malih hidroelektrana je u tome i što svojim radom ne uzrokuju emisiju štetnih gasova u okolinu, a nivo buke svodi se na najmanju moguću mjeru. Male hidroelektrane se svojim dizajnom mogu uklopiti u pejzaž, tako da se i negativni vizuelni uticaji mogu svesti na najmanju moguću mjeru. Uopšteno se smatra da akumulacija koju koriste male hidroelektrane ne može bitno ugroziti geološke karakteristike zemljišta, za razliku od velikih akumulacija. Lokacije malih hidroelektrana su uglavnom u gornjim dijelovima vodotoka, što znači da se radi o nepristupačnim i slabo naseljenim područjima. To doprinosi poboljšanju naponskih prilika i povećanju pouzdanosti elektroenergetskog sistema [1, 2].

Iskorištenje hidroenergetskog potencijala je ograničeno različitim uslovima koje diktira priroda, ali i ljudski faktor koji je najčešće izražen kroz postojeće zakonske procedure, ali i stav određenih stručnih službi, koji je nerijetko u suprotnosti sa određenim zakonima ili uredbama. Sa ekološkog stanovišta postoje ograničenja koja se moraju uzeti u obzir prilikom izrade tehničke dokumentacije i ta ograničenja su konstantna. Tehničko-tehnološki razlozi se odnose na koeficijent korisnog dejstva turbine i generatora koji variraju od 0,87 do 0,92 za turbine a za generator od 0,92 do 0,93 [3].

Male hidroelektrane mogu se povezati sa različitim načinima korištenja vode, kao što su:

- Proizvodnja električne energije i vodosnabdjevanje. Da bi se obezbjedio transport vode kroz cijevi visokog pritiska, uglavnom podrazumijeva stavljanje ventila za smanjenje pritiska. Smanjenje pritiska u cijevi se može obezbjediti i turbinom.
- Proizvodnja električne energije i navodnjavanje: kanali koji se koriste za navodnjavanje mogu poslužiti za dotok vode u malu hidroelektranu.
- Proizvodnja električne energije i prevencija poplava. Brane koje se koriste prilikom zaštite od poplava stvaraju akumulaciju vode koja može biti korištena i za proizvodnju energije.
- Proizvodnja električne energije i zaštita životne sredine. Korištenje malih hidroelektrana za proizvodnju električne energije ima neznatan

uticaj na kvalitet vode i životnu sredinu posebno u poređenju sa drugim energetske postrojenjima [4].

Male hidroelektrane sve više privlače pažnju kao pouzdana i fleksibilna opcija obnovljivih energetske izvora. Uglavnom se ispituju nove lokacije za izgradnju malih hidroelektrana na postojećim branama i akumulacijama koje se koriste za neenergetske svrhe. Odluke o izgradnji hidroelektrana se zasnivaju na cijeni, izvodljivosti i performansama postrojenja [5].

2 SLIV SUTJESKE

Sutjeska je planinska rijeka koja se nalazi u istočnoj Hercegovini i predstavlja lijevu pritoku Drine, u koju se uliva južno od Foče. Protiče kroz jedan od najvećih kanjona Bosne i Hercegovine.

Sutjeska izvire ispod vrha Vlasulja na planini Volujak na nadmorskoj visini od 1520 m. U gornjem toku teče na sjeverozapad, u srednjem na sjeveroistok, a u donjem na istok. Utiče u Drinu kod sela Kosmana na nadmorskoj visini od 437 m. Sutjeska teče kroz usku i duboku dolinu čije su strane većim dijelom pošumljene. Zbog velikog pada od 1037 m vrlo je brza i raspolaže sa oko 20.000 kWh teorijskog hidroenergetskog potencijala [6]. Desne su joj pritoke Suški potok i Perućica, a lijeve Trlarišnica, Klobučarica, Jabušnica, Usovički potok i Hrčavka.

Slivno područje rijeke Sutjeske ima oblik raznokrakog trougla. Ovaj sliv je smješten između planinskih masiva, Lebršnika, Živnja i Zelengore na jugozapadu, Lebršnika, Volujaka i Maglića na jugoistoku i istoku, a na sjeveru sliv se oslanja na podgoru Zelengore, Trskavca i Vjetrenika. Gustina riječne mreže je 380 m/km² [7].

Sutjeska velikim svojim dijelom protiče kroz nacionalni park istog imena. U literaturi su najviše istraživani načini zaštite biljnog i životinjskog svijeta tog područja, iako postoji značajan hidroenergetski potencijal [8, 9, 10].

Vodotoci se napajaju atmosferskim padavinama i podzemnim kraškim vodama. Najviši vodostaj je u novembru, decembru, martu i aprilu., a najniži od juna do oktobra mjeseca. Klima je planinska kontinentalna. Područje karakterišu hladne i duge zime, kratka proljeća i ljeta, visoke temperaturne amplitude (max u avgustu 30-40° C, min u februaru -30°C) i visok nivo

padavina (1500 – 2000 mm) u planinskim predjelima [11].

Rijeka Sutjeska pripada slivu Drine, a njene najznačajnije pritoke, sa hidrogeloškog aspekta su Klobučarica, Jabušnica, Sušica i Hrčavka. Osnovne karakteristike vodotoka Sutjeske sa pritokama prikazane su u Tabeli 1. Te karakteristike su dužina, površina sliva, maksimalna, prosječna i minimalna kota sliva.

Tabela 1 Osnovne karakteristike vodotoka

Vodotok	L (km)	F (km ²)	Max.ks m.n.m	P.ks m.n.m	Min.ks m.n.m.
Klobučarica	5.5	11.7	21355	1170	830
Jabušnica	14,1	31.5	2014	1508	782
Sušica (Suha)	11.5	34.2	2396	1726	680
Hrčavka	13.5	53.2	2014	1310	532
Sutjeska	36.5	319	2396	1340	415

U Tabeli 2 su prikazani podaci o ukupnim padavinama i protoku vodotoka na ušću.

Tabela 2 Podaci o padavinama vodotoka

Vodotok	Srednje padavine (mm)	Zapremina (10 ⁶ m ³)	Q bruto (m ³ /s)
Klobučarica	2570	30.07	0,95
Jabušnica	2410	75.93	2,41
Sušica (Suha)	2145	73.36	2,33
Hrčavka	2385	126.89	4,02
Sutjeska	2219	707.75	22,44

Na osnovu prikazanih tabela vidi se da sliv Sutjeske posjeduje značajan teorijski hidroenergetski potencijal, koji je do sada u jako maloj mjeri iskorišten.

3 PLANIRANA HIDROENERGETSKA POSTROJENJA

Na rijeci Sutjesci su postojećom projektnom dokumentacijom predviđene tri male hidroelektrane (mHE):

- S-1 akumulaciono pribransko postrojenje

- S-2 akumulaciono derivaciono postrojenje sa malom akumulacijom za dnevno izravnanje (postoje dvije varijante ovog postrojenja)
- S-3 derivaciono postrojenje sa tirolskim vodozahvatom.

Rijeka Hrčavka je lijeva pritoka Sutjeske na kojoj je predviđena izgradnja dvije mHE:

- S-H-1 akumulaciono derivaciono postrojenje sa akumulacijom za višednevno izravnanje protoka
- S-H-2 derivaciono postrojenje sa tirolskim zahvatom

Rijeka Jabušnica je lijeva pritoka Sutjeske. Na rijeci Jabušnici predviđene su tri male hidroelektrane:

- S-J-1 akumulaciono derivaciono postrojenje (postoje tri varijante ovog postrojenja)
- S-J-2 derivaciono postrojenje sa tirolskim vodozahvatom
- S-J-3 derivaciono postrojenje sa tirolskim vodozahvatom

Na rijeci Klobučarici predviđeno je jedno pregradno mjesto (S-K-1) sa dva moguća rješenja iskorištenja tog vodnog potencijala od kojih je jedno akumulaciono derivaciono, a drugo akumulaciono pribransko postrojenje.

Rijeka Suha je desna pritoka rijeke Sutjeske. Na ovoj rijeci su predviđene četiri male hidroelektrane:

- S-S-1 derivaciono postrojenje
- S-S-2 derivaciono postrojenje
- S-S-3 akumulaciono postrojenje
- S-S-4 derivaciono postrojenje.

U Tabeli 3 navedene su osnovne karakteristike planiranih hidroelektrana. Te karakteristike su instalisani protok, pad, nominalna snaga i energija. Na osnovu prikazane tabele vidi se da bi se izgradnjom mHE proizvela značajna količina energije koja je dobijena iz obnovljivih izvora energije. Još neke od prednosti izgradnje bi bile:

- poboljšanje vodosnabdjevanja,
- uređenje vodotoka (uređenje bujica, spriječavanje nanosa...),
- navodnjavanje,
- sportski i privredni ribolov.

Tabela 3 Osnovni parametri planiranim hidroelektrana

Ozn.	Q_i (m ³ /s)	H_{kons} (m)	P (MW)	E_{sr} (GWh)
S-1	30.0	21.2	5.34	18.32
S-2	5.5	161.3	7.5	30.75
S-2a	5.5	82.63	3.8	15.77
S-3	2.0	187.1	3.2	16.68
S-H-1	5.2	312.88	13.8	49.27
S-H-2	2.2	90.61	1.7	6.98
S-J-1	6.8	158.55	9.2	42.38
S-J-1a	5.0	160.56	6.8	31.42
S-J-1b	8.0	66.33	4.4	13.52
S-J-2	2.0	91.54	1.55	6.73
S-J-3	1.0	201.41	1.7	8.21
S-K-1	2·0.9=1.8	58.25	0.9	3.92
S-K-1a	2·1.15=2.3	43.61	0.85	2.84
S-S-1	2·0.85=1.7	55.76	0.8	3.62
S-S-2	2·0.6+1·0.3		3.6	18.56
S-S-3	0.74	199.21	1.25	5.79
S-S-4	0.5	246.87	1.0	6.01
Σ			67.39	280.77

Ipak, bez obzira na prednosti koje donosi izgradnja mHE, postoje i određene prepreke koje se na posmatranom području najviše ogledaju kroz zaštitu životinjskog i biljnog svijeta i očuvanje netaknutog izgleda nacionalnog parka Sutjeska.

4 ZAKLJUČAK

Stalni porast energetske potreba zahtjeva i povećanje proizvodnje električne energije. Male hidroelektrane imaju minimalne negativne efekte na životnu sredinu tako da predstavljaju dobro energetsko rješenje. Sliv rijeke Sutjeske sa njenim pritokama ima znatan hidroenergetski potencijal koji je određenim dijelom tehnički iskoristiv. Na ovom području je planirana izgradnja 13 malih hidroelektrana (snage od 0,8 do 13,8 MW), ali do izgradnje do danas nije došlo

dijelom zbog investicionih ograničenja, a dijelom zbog potrebe za očuvanjem nacionalnog parka Sutjeska.

5 LITERATURA

- [1] Stevović, S. (2005). *Značaj i namena malih hidroelektrana i malih akumulacija*, Vodoprivreda, 37, 299-304.
- [2] Marinović, B. (2016) *Primjena multikriterijske analize u procesima planiranja i rada malih hidroelektrana*, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, str. 9
- [3] Mojić, Z., Janevski, J., Ognjević, B.B. (2018) *Iskorišćenje hidropotencijala kroz izgradnju malih hidroelektrana*, Zbornik Međunarodne konferencije o obnovljivim izvorima električne energije – MKOIEE, 1-5
- [4] Sachin Mishra; S.K. Singal; D.K. Khatod (2011). *Optimal installation of small hydropower plant—A review.*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(8), 3862–3869, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.008>
- [5] Klein, S., Fox, E. (2022) *A review of small hydropower performance and cost*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 169, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112898>
- [6] (1971) *Enciklopedija Jugoslavije: Srbija – Ž* (knjiga osma). „Jugoslavenski leksikografski zavod“, Zagreb.
- [7] (2014) *Bitka za Sutjesku, Stručna mišljenja o planiranim hidroelektranama u NP Sutjeska*, Centar za životnu sredinu, Banja Luka.
- [8] Tepić, S., Ilić, P. (2006) *Pregled alergijskih biljaka u ljekovitoj flori NP Sutjeska*, Zbornik radova, Jahorina-NP sutjeska.
- [9] Govedar, Z., Bašić, D., Zlokapa, B., Čuković, D. (2006) *Iskustva u planiranju i upravljanju šumama nacionalnog parka „Sutjeska“*, Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci.
- [10] Stevanović, O., Sekulić, Z., Nedić, D., Pavlović, I. (2022) *The presence of deer ked (Lipoptena cervi, Linnaeus, 1758) in Balkan chamois from the National park Sutjeska, Bosnia and Herzegovina*, International Journal of Parasitology, Parasites and Wildlife 17, 158-160, <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2021.12.009>
- [11] Sjeničić, J., Šćiban, M., Crnković, N. (2016) *Potencijalni uticaj hidroelektrana na ključne populacije ptica vodotoka Hrčavke i Sutjeske*, Ornitološko društvo Naše ptice, 6-16.
- [12] (2005) *Male hidroelektrane sliva rijeke Sutjeske*, Direkcija za investicije I razvoj ERS, Trebinje.
- [13] Studija (1984) *Hidroenergetska osnova pritoka sliva gornjeg toka rijeke Drine*

**Case study****Application and potential of biomass in the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina****Primjena i potencijal biomase u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini**J. Vlatković¹, O. Kašiković*¹, A. Koprivica¹¹MH »Elektroprivreda RS«, Stepe Stepanovića bb, Trebinje, Bosnia and Herzegovina

Abstract: Bosnia and Herzegovina has significant energy potential, with hydro potential standing out the most, and recently more attention has been paid to wind energy. In addition to renewable energy sources, non-renewable or conventional energy sources are represented and used to a significant extent. Due to the harmful impact on the environment and other negative factors that occur due to the burning of fossil fuels, there is a need for greater use of renewable or non-conventional energy sources. When it comes to fossil fuels, a big problem is the increasing use of fossil fuels, which, unlike non-conventional energy sources, are not renewable. In addition to the above, it is also important to note that with the introduction of new techniques and technologies, the demand for electricity and thermal energy is also increasing. Biomass is one of the renewable energy sources that is not used enough and that is not given enough attention in Bosnia and Herzegovina, and this paper will show in more detail the application and potential of biomass in the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina.

Keywords: renewable energy sources, biomass, sustainability

Apstrakt: Bosna i Hercegovina raspolaže sa značajnim energetske potencijalom, pri čemu se najviše ističe hidropotencijal, a u posljednje vrijeme nešto veća pažnja se posvećuje i energiji vjetra. Pored obnovljivih izvora energije, u značajnoj mjeri su zastupljeni ali i iskorišćeni neobnovljivi odnosno konvencionalni izvori energije. Uslijed štetnog uticaja na životnu sredinu i drugih negativnih faktora koji se javljaju uslijed sagorijevanja fosilnih goriva, nameće se potreba za što većom upotrebom obnovljivih odnosno nekonvencionalnih izvora energije. Kada su u pitanju fosilna goriva, veliki problem predstavlja i sve veća iskorišćenost fosilnih goriva koja se za razliku od nekonvencionalnih izvora energije, ne obnavljaju. Pored navedenog, bitno je još i napomenuti da uvođenjem novih tehnika i tehnologija, raste i potražnja za električnom, ali i toplotnom energijom. Jedan od obnovljivih izvora energije koji nije dovoljno iskorišćen i kome se ne posvećuje dovoljna pažnja u Bosni i Hercegovini je biomasa, te će u ovom radu biti detaljnije prikazana primjena i potencijal biomase u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, biomasa, održivost

1 UVOD

Biomasa predstavlja jedan od obnovljivih izvora energije koji se, generalno, može podijeliti na biljni i životinjski otpad. Ovaj energent je pogodan za dobijanje kako toplotne, tako i električne energije. Bio-otpad se može podijeliti na drvenu i nedrvnu biomasu. Drvena biomasa uključuje otpadno i ogrijevno drvo, otpad iz šuma itd. Nedrvna biomasa uglavnom sadrži

ostatke iz poljoprivrede. U velikoj mjeri je zastupljen kako komunalni tako i industrijski otpad [1].

U Bosni i Hercegovini se u značajnoj mjeri koristi drvena biomasa i to kao ogrijev u domaćinstvu što je posebno izraženo u ruralnim, a nešto manje u urbanim područjima. Udio vlage, tj. vlažnost biomase je najznačajnija karakteristika koji ima veliki uticaj na ogrijevnu vrijednost [2].

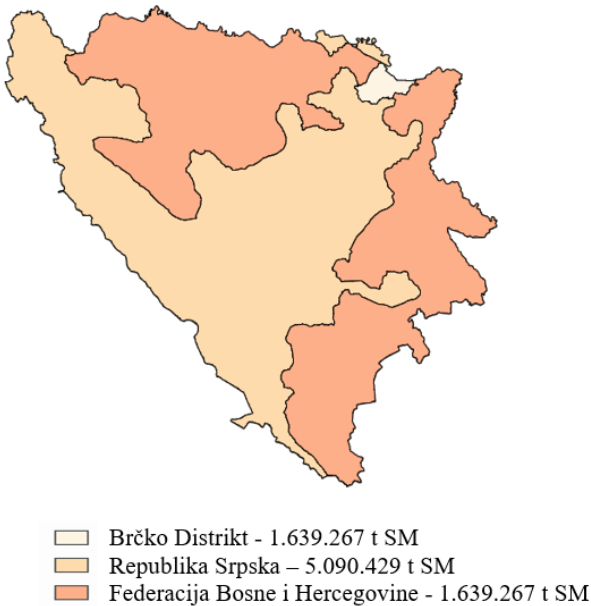
*okasikovic@ers.ba

Značaj biomase se ogleda i u tome što ima slične karakteristike kao i ugalj [3]. Ono što je bitno napomenuti jeste da prilikom sagorijevanja biomase ne dolazi do emitovanja štetnih gasova u okolinu, kao što je sumpor-dioksid koji je jedan od velikih zagađivača u termoelektranama.

2 POTENCIJAL BIOMASE U BOSNI I HERCEGOVINI

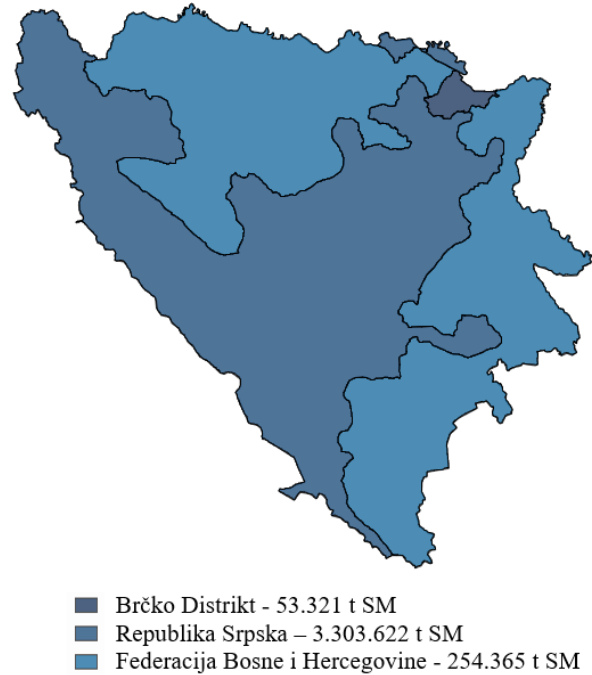
Bosna i Hercegovina je zemlja sa velikim potencijalima u pogledu biomase, jer veliki dio njene površine je pokriven šumskim prostranstvima [4]. Prema [5], oko 50% površine Bosne i Hercegovine je pokriveno šumama. Prema podacima iz 2015. godine, potencijal biomase u vidu suve materijese procijenjuje na oko 10.000.000 tona. Analiziranjem ovog podatka, došlo se do zaključka da se efikasnim iskorišćavanjem biomase, putem različitih tehnologija, skoro 25% snabdijevanja stanovništva električnom energijom u Bosni i Hercegovini mogla da pokriva enegija dobijene iz ovog energenta[5].

Prema atlasu koji daje prikaz ukupnog teorijskog potencijala biomase, Bosna i Hercegovina raspolaže sa skoro 7.000.000 tona suve materije kao što je prikazano na Slici 1.



Slika 1 Ukupan teorijski potencijal biomase u Bosni i Hercegovini [6]

Na osnovu prethodne slike, dolazimo do zaključki da Bosna i Hercegovina raspolaže sa značajnim potencijalom, te je veoma bitno napomenuti da je ovaj potencijal u velikoj mjeri neiskorišćen. Na Slici 2 je dat grafički prikaz ukupnog tehničkog potencijala biomase na teritoriji Bosne i Hercegovine.



Slika 2 Ukupan tehnički potencijal biomase u Bosni i Hercegovini [6]

2.1 Republika Srpska

Republika Srpska je bogata sa šumskim prostranstvima, gdje je više od 50% površine prekriveno šumama [7]. Pored šuma, Republika Srpska je bogata i sa drugim oblicima biomase koji su slabo iskorišćeni. Biomasa je specifičan obnovljivi izvor energije, jer je potrebno izvršiti detaljnu analizu raspoloživosti i dostupnosti pomenutog izvora energije i definisati preciznu strategiju rada. Izgradnjom velikih kogenerativnih postrojenja na biomasu, bez prethodno definisane strategije i analize, može doći do porasta cijene iste, što domaćinstva koja koriste biomasu za ogrijev dovodi u nepovoljan položaj.

Vlada Republike Srpske je u maju 2014. godine usvojila Akcioni plan Republike Srpske za korišćenje obnovljivih izvora energije kojim su definisane planirane količine za podsticanje električne energije iz

obnovljivih izvora energije koja bi se podsticala do 2020. godine [8]. Navedene količine su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1 Pregled količina podsticane električne energije iz obnovljivih izvora - biomasa u periodu 2009 – 2020 [8]

God.	Jedinica mjere	biomasa	čvrsta	biogas	biotečnosti
2009	MW	0,00	0,00	0,00	0,00
	GWh	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	MW	0,00	0,00	0,00	0,00
	GWh	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	MW	0,00	0,00	0,00	0,00
	GWh	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	MW	0,83	0,00	0,00	0,00
	GWh	2,23	0,00	0,00	0,00
2013	MW	4,13	2,50	1,63	0,00
	GWh	11,14	7,39	3,75	0,00
2014	MW	4,95	3,00	1,95	0,00
	GWh	13,37	8,87	4,50	0,00
2015	MW	5,78	3,50	2,28	0,00
	GWh	15,60	10,35	5,25	0,00
2016	MW	7,43	4,50	2,93	0,00
	GWh	20,05	13,30	6,75	0,00
2017	MW	9,08	5,50	3,58	0,00
	GWh	24,51	16,26	8,25	0,00
2018	MW	10,73	6,50	4,23	0,00
	GWh	28,97	19,22	9,75	0,00
2019	MW	14,03	8,50	5,53	0,00
	GWh	37,88	25,13	12,75	0,00
2020	MW	16,50	10,00	6,50	0,00
	GWh	44,56	29,56	15,00	0,00

Podaci iz Tabele 1 su preuzeti iz Akcionog plana Republike Srpske za korišćenje obnovljivih izvora energije, uz napomenu da za tekući period nije usvojen novi Akcioni plan. Iz prethodne tabele je moguće primjetiti da do 2012. godine nisu planirane količine za podsticaj električne energije iz biomase. U narednom periodu su se količine kontinuirano povećavale, da bi 2020. godine planirana instalisana snaga iznosila 16,50 MW, odnosno planirana proizvodnja električne energije iz biomase je iznosila 44,56 GWh.

Prema dostupnim podacima na zvaničnoj stranici MH »Elektroprivreda Republike Srpske« trenutno su dvije elektrane ostvarile pravo na podsticaj i to [9]:

- biogasna elektrana „Buffalo Energy Gold-MG“ koja je korisnik prava na premiju za električnu energiju prodatu na tržištu i
- kogenerativno proizvodno postrojenje na biomasu „Nova Toplana“ koja je korisnik prava na obavezan otkup po garantovanoj otkupnoj cijeni.

3 PREPORUKE

Podizanjem svijesti o značaju biomase u velikoj mjeri se pravi iskorak u pogledu očuvanja životne sredine. Domaćinstva bi na ovaj način smanjila potrošnju električne energije koja se koristi za grijanje, te bi se na taj način u velikoj mjeri rasteretio energetska sistem države.

Iako se drvena biomasa dosta koristi u domaćinstvima za ogrijev, i dalje su raspoloživa velika prostranstva bogata biomasom koja se mogu iskoristiti.

S druge strane, kogenerativna postrojenja imaju višestruke koristi za jedan elektroenergetski sistem. Ovakva postrojenja pružaju pozitivan efekat na ekosistem, jer se upotrebom otpada dobija električna i toplotna energija. Izgradnjom postrojenja postigle bi se značajne uštede, jer ne samo da se na ovaj način mogu iskoristiti razni oblici otpada, nego se koristi i otpadna toplota koja bi se, u suprotnom, izgubila.

Pored pomenutih prednosti kogenerativnih postrojenja, koja se odnose na proizvodnju energije, bitno je napomenuti da se izgradnjom ovakvih sistema postiže i formiranje novih radnih mjesta koja bi na različite načine uticala na proces rada postrojenja. Neka radna mjesta bi se bavila uzgojem, obradom, prikupljanjem, te transportom biomase. Pored zaposlenih, koji bi vodili računa o ovom energentu, bitno je napomenuti i radnike koji bi učestvovali u izgradnji, te održavanju samog postrojenja. Na osnovu prethodnog, evidentno je da se izgradnjom jednog ovakvog postrojenja pruža mogućnost za otvaranjem mnogo većeg broja radnih mjesta, u poređenju sa nekim drugim energetska objektima.

Investiranjem u energetska postrojenja koja proizvode električnu i toplotnu energiju na temelju biomase postižu se i značajne prednosti za lokalnu zajednicu. Neke od tih prednosti su: zadržavanje radne snage u ruralnim područjima, smanjenje upotrebe

fosilnih goriva, itd. Na ovaj način se povećava i svijest stanovništva za efikasnijom upotrebom električne energije, čime se značajno smanjuje negativan uticaj na životnu sredinu.

Bitna stavka koju ne bi trebalo zaobići kada je u pitanju biomasa jeste potrebna promocija sistema na biomasu, te edukacija stanovništva o prednostima i povoljnim karakteristikama različitih oblika biomase kao obnovljivog izvora energije.

4 ZAKLJUČAK

Bosna i Hercegovina raspolaže ogromnim prirodnim resursom u pogledu biomase koji je veoma malo iskorišćen. Iskorišćenjem ovog energenta ostvarile bi se ogromne uštede, jer se kao sirovina koriste različiti oblici otpada. Trenutno su u Republici Srpskoj u pogonu dvije elektrane koje ostvaruju pravo na podsticaj. Na osnovu prethodne konstatacije zaključeno je da, kako Republika Srpska, tako i Bosna i Hercegovina raspolažu sa značajnim potencijalom u pogledu biomase koji bi se mogao na pravilan način iskoristiti.

Edukacija stanovništva jedne lokalne zajednice takođe bi značajno uticao na veću primjenu biomase, ali i ostalih obnovljivih izvora energije. Na ovaj način bi se podstaklo stanovništvo za efikasnijom upotrebom svih oblika energije. Tako bi se značajno povećao i udio nekonvencionalnih energenata u ukupnoj proizvodnji, ali i potrošnji električne energije u Bosni i Hercegovini.

Kako bi se izgradnjom kogenerativnih postrojenja formirao značajan broj radnih mjesta, ista bi značajno uticala i na životni standard jedne lokalne zajednice. Izgradnjom kogenerativnih postrojenja značajno bi se rasteretio elektroenergetski sistem kako Republike Srpske, tako i Bosne i Hercegovine što u velikoj mjeri biomase kao obnovljivog izvora energije.

5 LITERATURA

- [1] Izvještaj o trenutnom stanju i potencijalu u BiH za izgradnju kogeneracijskih postrojenja i elektrana na biomasu (2016). USAID Bosnia and Herzegovina, Energy Investment Activity – EIA Project.
- [2] Pregled kogenerativnih tehnologija korištenja biomase sa uputstvom sa korištenje softvera za analizu isplativosti – 2. izdanje (2017). USAID Bosnia and Herzegovina, Energy Investment Activity – EIA Project.
- [3] Osmanovski, T., Valdevit, D., Karličić, N. (2016). Tehnički i ekološki aspekti prelaska kotlovskeg postrojenja sa uglja na biomasu. *Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing*, [S.l.], 29(1), 195-208.
- [4] Pfeiffer, A., Krause, T., Horschig, T., Avdibegović, M., Čustović, H., Melisa Lj., Čomić, D., Mrkobrada, A., Mitschke, T., Mutabdzija Bećirović, S., Ponjavić, M., Karabegović, A., Brosowski, A. (2019). Izvještaj o praćenju potencijala biomase u Bosni i Hercegovini. Preuzeto 10.12.2023. sa: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/0e4d5650f772d17e255d9189a6b5abf85eaf8369cc55eda47ca01844df764536.pdf>
- [5] Gvero, P. (2023). Obnovljivi izvori energije i uloga u budućnosti energetskog sistema Republike Srpske. Preuzeto 30.11.2023. sa: https://www.researchgate.net/publication/374554262_Obnovljivi_izvori_energije_i_uloga_u_buducnosti_energetskog_sistema_Republike_Srpske
- [6] Biomass Potential Mapping in Bosnia and Herzegovina. Preuzeto 15.12.2023. sa: <http://atlasbm.bhas.gov.ba/>
- [7] Čomić, D. (2023). *Sustainable forest management in Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina*. Sustainable forest management in the Western Balkan region. Standing working group for regional rural development (SWG), Skopje.
- [8] Akcioni plan Republike Srpske za korišćenje obnovljivih izvora energije (2014) Preuzeto 01.12.2023. sa: https://ers.ba/wp-content/uploads/2019/07/akcioni_plan.pdf
- [9] Evidencija o količinama električne energije u sistemu podsticaja – Obnovljivi izvori energije. Preuzeto 15.12.2023. sa: <https://ers.ba/wp-content/uploads/2023/07/%D0%95%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%98%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0.pdf>
- [10] Čehajić, N; Fejzić, J; Hodžić, M; Ganibegović, N. (2017). *Mogućnosti korištenja biomase u kogeneracijskim postrojenjima*. Bosanskohercegovački komitet međunarodnog vijeća za velike električne sisteme – BH K CIGRE, Sarajevo.



Benchmarking as a Part of Business Improvement Strategy – Empirical Research of Knowledge and Implementation by Managers in the SME Sector in Montenegro

Benchmarking kao dio strategije unapređenja poslovanja – empirijsko istraživanje poznavanja i primjene od strane menadžera u MSP sektoru u Crnoj Gori

B. Melović^{*1}, S. Šekularac-Ivošević²

¹University of Montenegro, Faculty of Economics Podgorica, Street Jovana Tomaševića 37, 81000 Podgorica, Montenegro

²University of Montenegro, Faculty of Maritime Studies Kotor, Put I Bokeljske brigade 44, 85331 Kotor, Montenegro

Abstract: Strengthening competitive advantage in conditions characterized by extremely complex environmental influences and continuous changes necessitates a more precise measurement of business performance and improvement. The relevant knowledge required for managers to make optimal business decisions can, to some extent, be acquired through the application of benchmarking. Therefore, the subject of research in this study pertains to analyzing the degree of familiarity with and application of benchmarking in the sector of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Montenegro, which constitute the largest percentage of the Montenegrin economy. Empirical research was conducted on a sample of 42 companies from the SME sector. The research results indicate that managers in Montenegro consider benchmarking important for improving business. However, the level of its application is unsatisfactory due to a lack of knowledge needed for its proper implementation. Managers are more familiar with and consequently apply internal and competitive benchmarking more than other types, while benchlearning has the lowest degree of application. The majority of respondents believe that the main advantages of using the benchmarking concept include gaining a competitive advantage, opening new business opportunities, and focusing on achieving maximum efficiency in business. The obtained results can serve managers in further improving business operations and strengthening competitive advantage.

Keywords: benchmarking, business, competitiveness, SMEs, Montenegro.

Apstrakt: Jačanje konkurentske prednosti, u uslovima koje karakterišu izuzetno kompleksni uticaji iz okruženja i kontinuirane promjene, nameću potrebu za preciznijim mjerenjem poslovnih performansi kompanija i njihovim unapređenjem. Relevantna znanja neophodna menadžerima za donošenje optimalnih poslovnih odluka, jednim dijelom mogu se dobiti primjenom benchmarkinga. Otuda se predmet istraživanja u ovom radu odnosi na analizu stepena poznavanja i primjene benchmarkinga u sektoru malih i srednjih preduzeća (MSP) u Crnoj Gori, koja čine najveći procenat crnogorske privrede. Empirijsko istraživanje je sprovedeno na uzorku od 42 preduzeća iz MSP sektora. Rezultati istraživanja pokazuju da menadžeri u Crnoj Gori benchmarking smatraju važnim za unapređenja poslovanja. Međutim, nivo njegove primjene nije na zadovoljavajućem nivou usled nedostatka znanja koje je potrebno za njegovu adekvatnu implementaciju. Menadžeri bolje poznaju i shodno tome više primjenjuju interni i konkurentski benchmarking, u poređenju sa ostalim vrstama, dok benchlearning ima najmanji stepen primjene. Najveći broj ispitanika smatra da su glavne prednosti korišćenja benchmarking koncepta postizanje konkurentske prednosti, otvaranje novih poslovnih mogućnosti i usmjeravanje na postizanje maksimuma u poslovanju. Dobijeni rezultati mogu poslužiti menadžerima u cilju daljeg unapređenja poslovanja i jačanja konkurentske prednosti.

Ključne riječi: benchmarking, poslovanje, konkurentnost, MSP, Crna Gora.

1 UVOD

Savremeni uslovi poslovanja, koje karakterišu izuzetno jaka konkurencija i kontinuirane promjene, razlog su porasta broja preduzeća koja se susreću sa problemom stagnacije i nazadovanja u poslovanju. Uzimajući u obzir broj i brzinu promjena u poslovnom okruženju, neulaganje u sopstveni razvoj i nerazlikovanje od konkurenata direktno mogu ugroziti poslovanje i opstanak preduzeća. Otuda kompanije moraju tražiti različite poslovne strategije, metode i tehnike za unapređenje poslovanja. Jedna od varijanti unapređenja poslovanja je primjena benchmarkinga. Benchmarking je praksa poređenja poslovnih procesa i metrika učinka sa najboljim industrijskim, odnosno najboljim praksama drugih kompanija [1]. Dimenzije koje se najčešće mjere su kvalitet, vrijeme i cijena, pri čemu treba imati u vidu da je širok dijapazon varijabli koje mogu biti predmet poređenja.

Cilj benchmarkinga je identifikovati najbolje metode rada ili postizanje najboljih rezultata kako bi se preduzeće poboljšalo i postalo konkurentnije. Kako bi se adekvatno primijenio benchmarking, menadžerima su potrebna napredna znanja i detaljnije analize. Suština benchmarkinga je u razumijevanju kako se postižu bolji rezultati i prilagođavanje tog „kako“ sopstvenoj organizaciji da bi se prestigla konkurencija u smislu rezultata [2]. U zavisnosti od cilja preduzeća, razlikuju se i vrste benchmarkinga. Tako postoje interni benchmarking, eksterni (konkurentski) benchmarking, funkcionalni benchmarking, industrijski (sektorski) benchmarking, benchlearning, generički (osnovni) benchmarking, strategijski benchmarking, procesni benchmarking, međunarodni (globalni) benchmarking i slično [3, 4, 5, 6].

Sa druge strane, primjena benchmarkinga fokusira se na poređenje poslovnih performansi i proučavanje studija slučaja. Otuda ovaj proces uključuje proučavanje prakse benchmarkinga, diskusiju o primjeni benchmarking učinka, mjerenje performansi za izgradnju najboljih praksi i studije slučaja mjerenja performansi, a često se u obzir uzimaju sljedeći indikatori: performanse poslovanja, performanse

organizacije, poslovni učinak i upravljanje kvalitetom [7]. Konačno, benchmarking se može primijeniti u različitim privrednim sektorima od kojih se najčešće izdvajaju proizvodni sektor, građevinska industrija, sektor zdravstvenih usluga, finansijske institucije, ali i oblasti poput turizma, proizvodnje namještaja, IT industrije itd.

Polazeći od činjenice da 99,8% svih preduzeća u Crnoj Gori pripada kategoriji MSP [8], primjena benchmarkinga posebno dobija na značaju kada je riječ o ovim preduzećima. Međutim, u Crnoj Gori nedostaje istraživanja koja analiziraju koncept benchmarkinga, posebno kada su u pitanju mala i srednja preduzeća. Ovakva realnost nameće potrebu za istraživanjem u datoj oblasti, kako bi se u potpunosti razumjeli međuzavisni efekti niza faktora koji utiču na stepen poznavanja benchmarking procesa, stepen njegove primjene i ocjene važnosti za unapređenje poslovanja.

Imajući u vidu ulogu i značaj benchmarkinga za unapređenje poslovanja MSP, u ovom radu su prikazani rezultati istraživanja sprovedenog na crnogorskom tržištu o poznavanju, primjeni i značaju benchmarkinga za unapređenje poslovanja i konkurentske prednosti.

2 PREGLED LITEATURE

Benchmarking možemo posmatrati sa različitih aspekata, s obzirom da se radi o poslovnoj tehnici koja ima interdisciplinarni karakter primjene. Prije svega, ako govorimo o njegovom određenju, valja istaći da postoje mnogobrojne definicije i tumačenja pojma benchmarking, kao i onoga što on obuhvata. Tako je, na primjer, Kemp dao jedno od prvih i najprihvatljivijih određenja ističući da je benchmarking „proces pretrage i primjene prakse koja predstavlja referencu za određenu industriju, a rezultat toga su aktivnosti poboljšanja“ [9]. Slično navedenom, Spendolini ističe da „benchmarking predstavlja kontinuiran sistematski proces evaluacije proizvoda, usluga i proizvodnih procesa organizacija koje su prepoznate kao reprezentativne “najbolje prakse“, kako bi unaprijedili sopstvenu organizaciju“ [10]. Slična su i novija određenja ovog koncepta, pa

tako Moffett ističe da je benchmarking strukturirani proces koji olakšava poboljšanje trenutnih organizacionih standarda usvajanjem superiornih praksi drugih kompanija [11]. Pregledom mnogih različitih definicija benchmarkinga, koje su date u literaturi, Hong i saradnici izdvojili su kontinuitet, mjerenje, poređenje, poboljšanje i učenje kao zajedničke karakteristike svih pristupa benchmarkingu [12].

Bez sumnje, benchmarking je više od prostog upoređivanja poslovne prakse jedne organizacije sa drugom, radi poboljšanja sopstvenog procesa.

Međutim, nerijetko se benchmarking poistovjećuje sa kopiranjem, nekom vrstom poslovne špijunaže i otkrivanjem strogo čuvanih tajni konkurenata, što su zapravo zablude kada je ovaj koncept u pitanju [13].

U zavisnosti od ciljeva koji se žele postići, prirode stvari koje se porede, kao i načina poređenja, moguće je razlikovati nekoliko vrsta benchmarkinga. Dakle, postoje različite vrste benchmarkinga, a preduzeća i organizacije biraju one koje najbolje odgovaraju njihovim specifičnim potrebama i ciljevima. Neke od osnovnih vrsta benchmarkinga date su u tabelarnom prikazu koji slijedi:

Tabela 1 Vrste benchmarkinga, suština poređenja i cilj

Vrsta	Fokus	Cilj
Interni benchmarking	Upoređivanje performansi i praksi različitih sektora ili timova unutar iste organizacije.	Cilj je identifikacija internih najboljih praksi i promovisanje njihove primjene u drugim djelovima organizacije radi poboljšanja performansi.
Eksterni (konkurentski) benchmarking	Upoređivanje performansi i praksi sa konkurentskim organizacijama u istoj industriji.	Cilj je identifikacija razlika u performansama između organizacije i konkurencije, kako bi se postigle konkurentske prednosti.
Funkcionalni benchmarking	Fokusira se na specifične funkcionalne oblasti ili procese, bez obzira na industriju.	Organizacije traže najbolje prakse u sličnim funkcijama u drugim industrijama, kako bi unaprijedile određeni dio svog poslovanja.
Industrijski (sektorski) benchmarking	Upoređivanje performansi organizacije sa standardima i praksama u cijeloj industriji.	Cilj je postizanje najviših standarda u okviru određenog sektora.
Benchlearning	Podrazumijeva direktnu saradnju i dijeljenje informacija između organizacija radi zajedničkog učenja i postizanja najboljih rezultata.	Organizacija teži saradnji, razmjeni iskustava i zajedničkom napretku.
Generički (osnovni) benchmarking	Ova vrsta benchmarkinga uključuje upoređivanje sa organizacijama koje su poznate po svojim izuzetnim performansama i standardima u bilo kojoj industriji.	Cilj je identifikacija opštih principa i praksi koje mogu biti primijenjene u organizaciji.
Strategijski benchmarking	Fokusira se na upoređivanje strategijskih elemenata organizacije sa najboljim praksama u industriji ili sa konkurencijom.	Cilj je identifikacija i primjena najboljih strategijskih praksi koje će doprinijeti dugoročnom uspjehu organizacije.

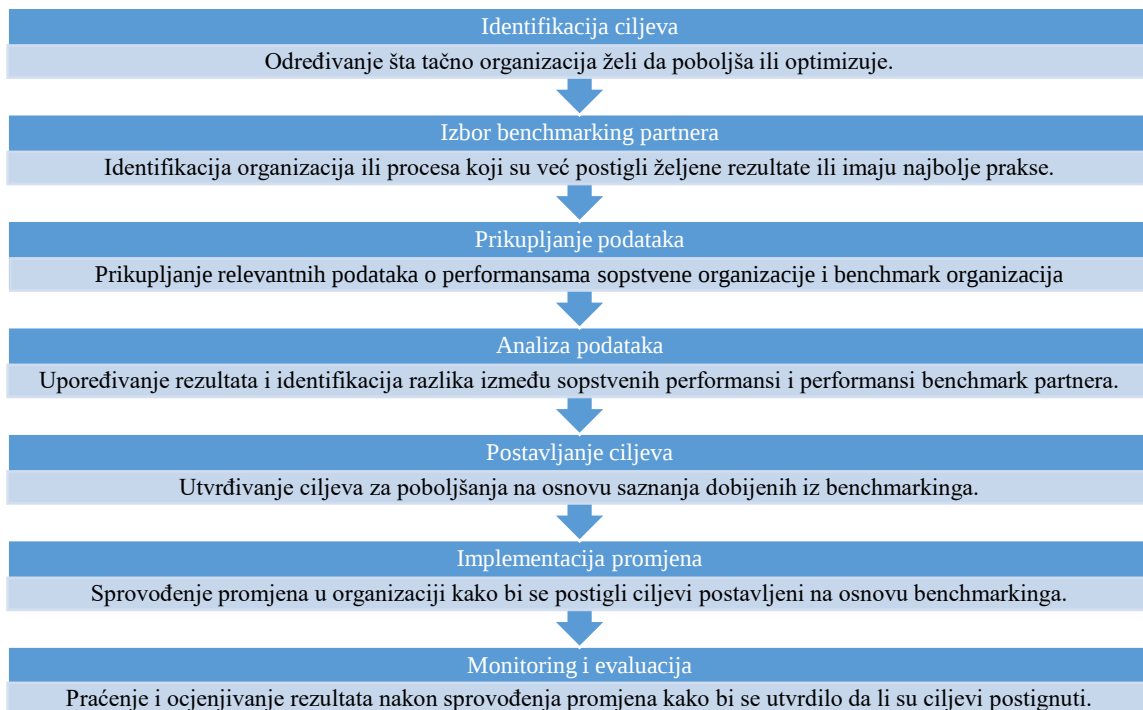
Procesni benchmarking	Fokusira se na upoređivanje specifičnih poslovnih procesa.	Cilj je identifikacija najefikasnijih procesa i usvajanje najboljih praksi kako bi se poboljšala efikasnost i produktivnost.
Međunarodni (globalni) benchmarking	Upoređivanje performansi i praksi sa organizacijama širom svijeta.	Cilj je postizanje globalne izvrsnosti i prepoznavanje svjetskih lidera u određenim oblastima.

Izvor: Obrada autora, prilagođeno prema [4, 6, 13]

Odabir odgovarajuće vrste benchmarkinga zavisi od specifičnih potreba, ciljeva i konteksta preduzeća. Iskustvo u primjeni benchmarkinga pokazuje da ne postoji najbolji tip benchmarkinga, jer svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke. Otuda je izbor određene vrste benchmarkinga od strane preduzeća određen sledećim uslovima: priroda zadataka koje treba riješiti i aspekti problema koji se razmatra; raspoloživi resursi i vrijeme za benchmarking; iskustvo benchmarkinga; dovoljno sredstava za implementaciju mjera za sprovođenje poslovnih strategija [14].

Nadalje, treba imati u vidu da je benchmarking proces, koji zahtijeva vrijeme i uključuje određeni

broj faza. Pojedini autori predlažu, a kompanije koriste raznovrsne modele benchmarking procesa, a broj faza iz kojih se sastoje ti procesi varira. Tako, na primjer, pojedini autori ističu da se primjena benchmarkinga sastoji od četiri uzastopne radnje: razumijevanje detalja vlastitih poslovnih procesa, analiziranje poslovnih procesa drugih kompanija, upoređivanje rezultata vlastitih procesa sa rezultatima analiziranih kompanija i sprovođenje neophodnih promjena radi smanjenja razlike [15]. Pregledom većeg broja različitih pristupa, možemo konstatovati da proces benchmarkinga uključuje sledeće korake:



Šema 1 Suština benchmarking procesa, Izvor: Obrada autora, prilagođeno prema [4, 6, 13]

U cilju poboljšanja poslovnih performansi, veliki broj preduzeća se odlučuje za primjenu neke od vrsta benchmarkinga. Uzimajući u obzir prethodno navedeno, jasno je da je primjena benchmarkinga jedan od ključnih preduslova zadržavanja i jačanja konkurentnosti preduzeća (organizacije), posebno kada je riječ o sektoru MSP. MSP se, po definiciji, oslanjanju na manji broj zaposlenih, što otežava razvoj svih neophodnih stručnosti unutar same kompanije [16]. Sa druge strane, značaj primjene benchmarkinga naročito je izražen u zemljama u razvoju, koje obično karakterišu relativno jaka inostrana konkurencija i domaća preduzeća koja često nemaju zadovoljavajuću konkurentsku poziciju. Iz tog razloga je u ovom istraživanju fokus upravo stavljen na poznavanje i upotrebu benchmarkinga u malim i srednjim preduzećima u Crnoj Gori. MSP igraju izuzetno važnu ulogu u ekonomiji Crne Gore, polazeći od njihove zastupljenosti [8] i potencijala da, uvažavajući princip fleksibilnosti, prilagode svoje poslovanje u cilju poboljšanja [17, 18]. Otuda je cilj ovog rada istražiti da li menadžeri malih i srednjih preduzeća u Crnoj Gori poznaju koncept i određene vrste benchmarkinga, da li iste primjenjuju i koliko ih smatraju važnim za unapređenje poslovanja, odnosno konkurentске prednosti. Metodologija istraživanja i dobijeni rezultati predstavljeni su u nastavku rada.

3 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Uzimajući u obzir važnost benchmarkinga, uočeni istraživački jaz i cilj rada, formulisano je nekoliko istraživačkih pitanja:

IP1: Da li i koliko su menadžeri u malim i srednjim preduzećima upoznati sa konceptom benchmarkinga?

IP2: Koje su glavne prednosti primjene koncepta benchmarkinga?

IP3: Da li je benchmarking važan za unapređenje poslovanja i konkurentnosti preduzeća?

Za potrebe prikupljanja podataka, odnosno dobijanja odgovora na postavljena istraživačka pitanja, sprovedeno je empirijsko istraživanje u novembru 2023. godine na uzorku od 42 preduzeća.

Empirijsko istraživanje zasniva se na podacima prikupljenim putem onlajn anketiranja, a kojim su, shodno evropskim kriterijumima klasifikacije preduzeća bila obuhvaćena mala i srednja preduzeća koja posluju na crnogorskom tržištu. Preduzeća su odabrana metodom slučajnog uzorka i bez obzira na djelatnost kojoj pripadaju, a stopa kompletno dobijenih odgovora je iznosila 35%.

U cilju prikupljanja podataka korišćen je upitnik koji se sastojao od 10 pitanja. Osim pitanja zatvorenog tipa, upitnik je sadržao i pitanja za mjerenje stavova u vidu Likertove skale sa 5 stepeni. U cilju odabira vrsta benchmarkinga, analizirani su rezultati prethodnih istraživanja u ovoj oblasti [3, 4, 5]. Vrste benchmarkinga posmatrane su kroz tri segmenta. Pitanja iz prvog segmenta odnosila su se na nivo poznavanja pojedinih vrsta benchmarkinga od strane menadžera, mjereno Likertovom skalom sa 5 stepeni, pri čemu ocjena 1 ukazuje da ispitanik uopšte nije upoznat, dok ocjena 5 znači da je veoma upoznat sa navedenim vrstama. Drugi segment pitanja odnosio se na istraživanje nivoa primjene navedenih vrsta, dok su pitanja iz trećeg segmenta bila usmjerena na utvrđivanje koliko su ponuđene vrste benchmarkinga značajne za donošenje poslovnih odluka u malim i srednjim preduzećima. I u ovim segmentima primijenjena je navedena Likertova skala.

U istraživanju je korišćena kombinacija kvalitativnog i kvantitativnog istraživačkog pristupa. Dobijeni podaci su analizirani pomoću deskriptivne statistike, a korišćen je abduktivni istraživački pristup. Naime, stavovi menadžera ispitivani su koristeći induktivnu metodu, dok su opšti zaključci o njihovoj percepciji izvedeni koristeći deduktivni pristup. Primjenom metode analize identifikovane su pojedine sličnosti i razlike u nivoima poznavanja, primjene i važnosti vrsta benchmarkinga, dok je primjenom metode sinteze omogućeno objedinjavanje rezultata dobijenih metodom analize i identifikovanje najvažnijih specifičnosti primjene benchmarkinga. Rezultati istraživanja predstavljeni su u narednom dijelu rada.

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Sprovedeno empirijsko istraživanje pokazalo je da menadžeri u malim i srednjim preduzećima ne poznaju u dovoljnoj mjeri koncept benchmarkinga, te odatle proističe da se relativno slabo sprovodi i u praksi. Na osnovu istraživanja sprovedenog u Crnoj Gori proističe da je vodeća barijera sprovođenja benchmarkinga u sektoru MSP nedostatak znanja. Pored toga, potrebno je istaći da je primjena koncepta benchmarkinga u malim i srednjim preduzećima u Crnoj Gori prepozanta kao veoma važna. Međutim, kako je istaknuto, stepen poznavanja benchmarking

procesa nije na odgovarajućem nivou. Naime, iznenađujući je rezultat dobijen odgovorom na pitanje koje se odnosilo na stepen poznavanja koncepta benchmarkinga, gdje je od ukupnog broja ispitanika njih 31% odgovorilo da im koncept benchmarkinga nije dovoljno poznat i da nikada isti nisu primjenjivali, dok 12% ispitanika ima saznanja o ovom konceptu, ali ga nikad nisu primjenjivali. Ostali ispitanici (57%) poznaju ovaj koncept i koriste ga u svom poslovanju. Da bismo izmjerili stepen poznavanja, primjene i važnosti benchmarking tehnike, koristili smo prosječnu ocjenu, čiji rezultati su dati u tabeli koja slijedi.

Tabela 2: Prosječne ocjene poznavanja, primjene i važnosti benchmarking tehnike

	Prosječna ocjena
Stepen poznavanja benchmarking koncepta	3.57
Stepen primjene benchmarkinga	3.38
Stepen važnosti benchmarkinga za unapređenje poslovanja	4.02

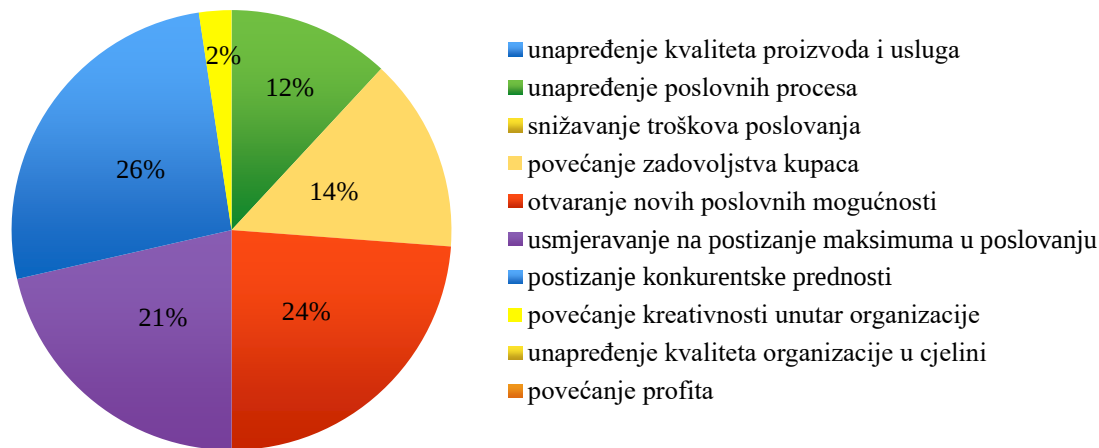
Izvor: Obrada autora

Rezultati pokazuju da oko trećine ispitanika nije upoznato sa ovim konceptom, te se u početku istraživanja već dobija odgovor na prvo istraživačko pitanje o nivou informisanosti i znanja o konceptu benchmarkinga u MSP sektoru u Crnoj Gori. Dakle, rezultati istraživanja pokazuju da donosioci odluka donekle prepoznaju značaj primjene benchmarkinga, te da ovaj koncept smatraju veoma važnim za unapređenje poslovanja, ali nemaju dovoljno znanja i iskustva koje je neophodno za njegovu adekvatnu primjenu. S tim u vezi, ispitanicima je pojašnjen pojam benchmarkinga poslije odgovora na prvo pitanje, kako bi na osnovu toga mogli da odgovore na pitanja koja slijede.

Dalje, istraživanjem se željelo utvrditi u kojoj mjeri ispitanici prepoznaju karakteristike benchmarkinga. U skladu sa odgovorima na prethodno pitanje, i ovdje imamo donekle iznenađujući rezultat, a to je da čak 24% ispitanika smatra da je proces benchmarkinga neisplativ u odnosu na učinak koji se njime ostvaruje, što se svakako može povezati sa njihovim

nepoznavanjem ovog koncepta. Pored toga, svega 19% ispitanika smatra da je benchmarking kontinuirani proces koji je fokusiran na dobrim praksama. Nadalje, ostali ispitanici smatraju da je benchmarking multifunkcionalan i isplativ (38%), kao i veoma složen proces (19%).

Pored prepoznavanja karakteristika benchmarking procesa, ispitanicima je data mogućnost da odrede, prema njihovom mišljenju, glavnu prednost primjene ovog koncepta. Na grafiku koji slijedi prikazani su odgovori na navedeno pitanje, gdje su ponuđene sledeće prednosti benchmarkinga: unapređenje kvaliteta proizvoda i usluga, unapređenje poslovnih procesa, snižavanje troškova poslovanja, povećanje zadovoljstva kupaca, otvaranje novih poslovnih mogućnosti, usmjeravanje na postizanje maksimuma u poslovanju, postizanje konkurentske prednosti, povećanje kreativnosti unutar organizacije, unapređenje kvaliteta organizacije u cjelini i povećanje profita. Rezultati ovog segmenta su prikazani na grafiku koji slijedi.

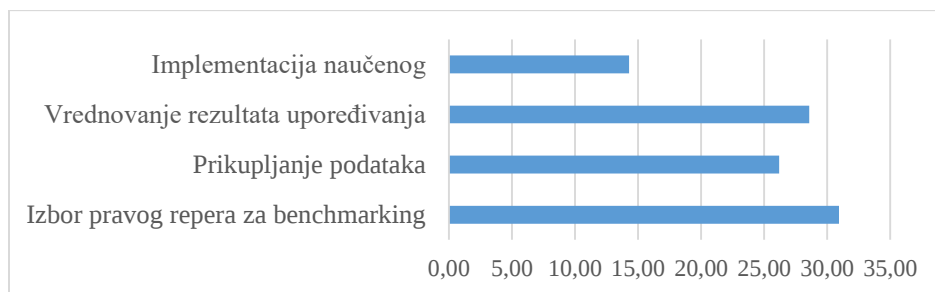


Grafik 1: Prednosti primjene benchmarkinga

Za analizu ovog pitanja su uzeti u obzir i odgovori ispitanika koji su naveli da nisu upoznati sa konceptom benchmarkinga, upravo iz razloga pojašnjenja navedenog koncepta poslije datog odgovora na prvo pitanje. Kao što možemo vidjeti na grfiku br. 1, najveći broj ispitanika (71%) smatra da su glavne prednosti korišćenja benchmarking koncepta postizanje konkurentske prednosti, otvaranje novih poslovnih mogućnosti i usmjeravanje na postizanje maksimuma u poslovanju. Posebno iznenađuje rezultat da svega 2% ispitanika smatra da benchmarking doprinosi povećanju kreativnosti unutar preduzeća/organizacije, iako se u literaturi glavne koristi od ovog koncepta ogledaju upravo u

podsticanju inovativnih i kreativnih sposobnosti [19]. Ono u čemu ispitanici uopšte ne vide prednost benchmarkinga ogleda se u unapređenju kvaliteta proizvoda i usluga, kao i organizacije u cjelini, snižavanju troškova poslovanja i povećanju profita, što upravo potvrđuje njihovu neinformisanost odnosno nedovoljno poznavanje ovog koncepta. Ovim su dati odgovori na drugo i treće istraživačko pitanje.

Sledeći grafik pokazuje koji problemi praktične primjene benchmarkinga se izdvajaju kao najvažniji prema mišljenju ispitanika.



Grafik 2 Problemi za primjenu benchmarkinga

S obzirom na uvjerenje koje je nerijetko prisutno da se benchmarking zasniva na “imitiranju najboljih rješenja”, ne iznenađuje rezultat da najveći broj ispitanika smatra da se kao glavni problem primjene ovog koncepta izdvaja izbor pravog repera (objekta) za benchmarking. Naime, pomoću imitiranja često nije moguće ostvariti konkurentske prednost i tu se upravo i ogleda najveće ograničenje u primjeni ovog koncepta

[20]. Pored toga, prikupljanje podataka, vrednovanje rezultata upoređivanja i implementacija naučenog predstavljaju, takođe, ključne probleme primjene benchmarkinga u praksi MSP.

Za naredni segment analize uzeti su u obzir ispitanici koji su se na prvom pitanju izjasnili da su upoznati sa konceptom benchmarkinga (69% ispitanika). Posmatrano po vrstama benchmarkinga,

ispitanici su djelimično bolje upoznati sa internim i konkurentskim benchmarkingom, u poređenju sa funkcionalnim, generičkim i ostalim vrstama, te ih shodno tome i više koriste u procesu donošenja odluka za unapređenje poslovanja i konkurentske prednosti. Takođe, analiza prosječnih ocjena, prikazanih u

narednoj tabeli, pokazuje da ispitanici i funkcionalni, strategijski i generički benchmarking smatraju relativno važnim u procesu unapređenje poslovanja, ali ih ne primjenjuju u dovoljnoj mjeri.

Tabela 3: Prosječne ocjene poznavanja, primjene i važnosti vrsta benchmarkinga

PROSJEČNA VRIJEDNOST			
Vrsta benchmarkinga	Stepen poznavanja	Stepen primjene	Važnost za unapređenje poslovanja
Interni benchmarking	4.13	3.55	4.24
Eksterni (konkurentski) benchmarking	4.45	3.86	4.65
Funkcionalni benchmarking	3.75	3.31	3.89
Industrijski benchmarking	2.51	2.03	2.58
Benchlearning	2.96	1.96	2.89
Generički benchmarking	3.45	2.89	3.62
Strategijski benchmarking	2.75	2.89	3.89
Procesni benchmarking	2.75	2.13	3.10
Međunarodni benchmarking	3.03	2.55	3.24

Izvor: Obrada autora

Nadalje, istraživanje je pokazalo da najmanji stepen poznavanja od strane menadžera malih i srednjih preduzeća u Crnoj Gori bilježe strategijski, procesni i industrijski benchmarking, a kao potencijalni razlog može se navesti potrebno specifično znanje za primjenu ovih vrsta benchmarkinga. Sa druge strane, benchlearning ima najmanji stepen primjene, a kao razlog može biti taj što ovaj koncept podrazumijeva da preduzeća direktno i aktivno sarađuju i dijele informacije, iskustva i znanje međusobno, za šta očito još uvijek ne postoji dovoljna spremnost kada su u pitanju MSP u Crnoj Gori. Konačno, menadžeri prepoznaju važnost za unapređenje poslovanja i konkurentske prednosti gotovo svih vrsta benchmarkinga, međutim činjenica da je stepen primjene, izuzimajući interni i eksterni benchmarking, relativno mali, upućuje zapravo

na nedovoljno suštinsko razumijevanje načina njihovog funkcionisanja.

5 ZAKLJUČAK

Kako bi odgovorila na sve rastuće izazove savremenog poslovnog okruženja, preduzeća moraju kontinuirano da unapređuju svoje poslovanje. Jedan od načina za unapređenje poslovanja i konkurentnosti je benchmarking, koji predstavlja proces mjerenja proizvoda, usluga i aktivnosti u odnosu na one organizacije za koje se zna da su lideri u jednom ili više aspekata svog poslovanja. I pored brojnih prednosti koje koncept benchmarkinga uključuje, ipak u velikom broju malih i srednjih preduzeća, pogotovo kada je riječ o manje razvijenim zemljama, njegova primjena nije na adekvatnom nivou.

Polazeći od prethodno navedenog, cilj istraživanja je bio utvrditi koliko MSP menadžeri u Crnoj Gori poznaju i primjenjuju koncept benchmarkinga, te koliko ga smatraju važnim za unapređenje poslovanja. Istraživanje je obuhvatilo mala i srednja preduzeća, bez obzira na djelatnost kojom se bave. U skladu sa tim, na osnovu prethodnih istraživanja na ovu temu formulisana su tri istraživačka pitanja, na koja su dati odgovori.

Rezultati istraživanja su pokazali da su menadžeri svjesni važnosti primjene benchmarkinga za unapređenje poslovanja. Međutim, i pored toga, oni ne poznaju dovoljno način njegove primjene, što je jedan od ključnih problema na putu ka poboljšanju poslovnih performansi, rezultata i konkurentnosti. Nadalje, istraživanje je pokazalo da su menadžeri bolje upoznati sa internim i konkurentskim benchmarkingom, u poređenju sa ostalim vrstama, te ih shodno tome i više koriste u poslovanju. Sa druge strane, najmanji stepen poznavanja od strane menadžera malih i srednjih preduzeća u Crnoj Gori bilježe strategijski, procesni i industrijski benchmarking, a benchlearning ima najmanji stepen primjene. Otuda se nameće zaključak da je potrebno posvetiti više pažnje osposobljavanju menadžera da koriste i druge vrste benchmarkinga, kao i da u proces analize uključe različite vrste performansi, odnosno varijabli za poređenje. Konačno, menadžeri prepoznaju važnost za unapređenje poslovanja i konkurentne prednosti gotovo svih vrsta benchmarkinga, međutim stepen njihove primjene, izuzimajući interni i eksterni benchmarking, je relativno mali.

Imajući u vidu dobijene rezultate, zaključuje se da je potrebno dodatno unaprijediti menadžersko znanje i način primjene benchmarkinga, a u cilju povećanja konkurentnosti malih i srednjih preduzeća koja posluju na crnogorskom tržištu. Svakako da

treba imati u vidu da mogućnost primjene benchmarkinga može varirati u zavisnosti od djelatnosti preduzeća, pa je i preporuka za buduća istraživanja da se napravi komparativna analiza primjene za pojedine privredne sektore, kao i da se uzmu u obzir troškovi sprovođenja benchmarkinga, što je prepoznato kao jedna od barijera njegove intenzivnije primjene, posebno za mala preduzeća u prvim godinama njihovog poslovanja.

6 LITERATURA

- [1] Barkun, J., Clavien, P., & Pawlik, T. M. (2023). The Benefits of Benchmarking - A New Perspective on Measuring Quality in Surgery. *JAMA surgery*, 158(4), 341-342.
- [2] Pemberton, J. D., Stonehouse, G. H., & Yarrow, D. J. (2001). Benchmarking and the role of organizational learning in developing competitive advantage. *Knowledge and Process Management*, 8(2), 123-135.
- [3] Jetmarová, B. (2011). Comparison of best practice benchmarking models. *Problems of Management in the 21st Century*, 2(2), 76-84.
- [4] Anand, G., & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking: An international journal*, 15(3), 257-291.
- [5] Francis, G., & Holloway, J. (2007). What have we learned? Themes from the literature on best-practice benchmarking. *International Journal of Management Reviews*, 9(3), 171-189.
- [6] Melović B., (2007), *Međunarodni benchmarking*, Ekonomski fakultet Podgorica, Crna Gora.
- [7] Tian, Z., & Ketsaraporn, S. (2013). Performance benchmarking for building best practice in business competitiveness and case study. *International Journal of Networking and Virtual Organisations* 11, 12(1), 40-55.
- [8] Monstat (2022), *Broj i struktura poslovnih subjekata u Crnoj Gori*, dostupno na: https://monstat.org/uploads/files/publikacije/registri/Saopštenje_Broj_Poslovnih_Subjekata_2022.godina.pdf, pristupljeno decembar 2023.

- [9] Camp, R. C, (1989). „Benchmarking: The search for Industry Best Practices That lead to Superior Performance“, ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, SAD, str.16
- [10] Spendolini M. J. (2003). The Benchmarking Book. 2nd edition. Amacom
- [11] Moffett, S., Anderson-Gillespie, K. and McAdam, R. (2008), “Benchmarking and performance measurement: a statistical analysis”, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 15, No. 4, pp. 368 – 381.
- [12] Hong, P., Hong, S., Roh, J. and Parl, K. (2012), “Evolving benchmarking practices: a review for research perspectives”, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 19, No. 4/5, pp. 444-462.
- [13] Stapenhurst, T. (2009). *The benchmarking book*. Routledge.
- [14] Dubodulova A. V. (2013) Features and technology of internal benchmarking at industrial enterprises. No. 2., pp. 64-73., available at:
http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mimi_2013_2_7
- [15] Khadzhynova, O., & Khadzhynova, M. (2021). Benchmarking as a Tool for Managing Industrial Enterprises. *Public Security and Public Order*, (26).
- [16] Taschner, A. (2016). Improving SME logistics performance through benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 23(7), 1780-1797.
- [17] Melović, B., Veljković, S. M., Čirović, D., & Vukčević, M. (2021), Uticaj pandemije Covid-19 na poslovanje mikro, malih i srednjih preduzeća u Crnoj Gori. *X Scientific Conference With International Participation - Jahorina Business Forum 2021*, Jahorina, BiH., p. 121.
- [18] Cassell, C., Nadin, S., & Older Gray, M. (2001). The use and effectiveness of benchmarking in SMEs. *Benchmarking: An International Journal*, 8(3), 212-222.
- [19] Kovač, R. (2014). Benchmarking process and its participants in function of improvement of modern business company. *Univerzitetska hronika*, 6(2), 69-81.
- [20] Đuričić, Z., Jovanović, K., Đuričić, R. (2010). Benchmarking as an instrument of contemporary management. *International Scientific Conference Management 2010*, Kruševac, Srbija



Synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management processes in small and medium enterprises

Sinergija između marketing strategija 4.0 i procesa menadžmenta znanja u malim i srednjim preduzećima

S. Ugrinov¹, M. Nikolić¹, M. Kavalić², E. Terek Stojanović¹, V. Gluvakov*¹

¹ University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Serbia

² University of Novi Sad, Faculty of Science, Novi Sad, Serbia

Abstract: In an era marked by digital transformation, SMEs face the imperative of embracing Marketing Strategies 4.0 to remain competitive and sustainable. This paper, grounded in an extensive literature review, explores the profound impact of Marketing Strategies 4.0 on SMEs. Challenges encountered by SMEs in adopting Marketing Strategies 4.0 are discussed, including financial limitations and resistance to technological change. This scientific paper investigates the convergence of Marketing Strategies 4.0 and Knowledge Management Processes within the context of Small and Medium Enterprises (SMEs). In today's digital landscape, SMEs face unique challenges in harnessing the power of data-driven marketing while effectively managing their organizational knowledge. Marketing Strategies 4.0 are explored, shedding light on how SMEs can position themselves for continued success. In conclusion, this paper underscores the pivotal role of Marketing Strategies 4.0 in the SME landscape and offers guidance for SMEs to navigate the digital marketing terrain, drawing from the wealth of knowledge within the literature. As SMEs play a pivotal role in economic development, understanding the symbiotic relationship between modern marketing strategies and knowledge management is essential for sustainable growth in the 21st century.

Keywords: Strategies, Marketing, Synergy, Management, Knowledge.

Apstrakt: U eri obeleženoj digitalnom transformacijom, MSP se suočavaju sa imperativom prihvatanja marketinških strategija 4.0 kako bi ostala konkurentna i održiva. Ovaj rad, zasnovan na opsežnom pregledu literature, istražuje dubok uticaj Marketinških strategija 4.0 na MSP. Razmatraju se izazovi sa kojima se MSP susreću prilikom usvajanja Marketinških strategija 4.0, uključujući finansijska ograničenja i otpor tehnološkim promenama. Ovaj naučni rad istražuje konvergenciju marketinških strategija 4.0 i procesa upravljanja znanjem u kontekstu malih i srednjih preduzeća (MSP). U današnjem digitalnom okruženju, mala i srednja preduzeća se suočavaju sa jedinstvenim izazovima u iskorištavanju moći marketinga zasnovanog na podacima dok efikasno upravljaju svojim organizacionim znanjem. Marketinške strategije 4.0 se istražuju, ističući to kako MSP mogu da se pozicioniraju za nastavak uspeha. U zaključku, ovaj rad naglašava ključnu ulogu Marketinških strategija 4.0 u okruženju malih i srednjih preduzeća i nudi smernice za mala i srednja preduzeća za kretanje kroz teren digitalnog marketinga, crpeći iz bogatstva znanja u literaturi. Kako MSP igraju ključnu ulogu u ekonomskom razvoju, razumevanje simbiotske veze između savremenih marketinških strategija i upravljanja znanjem je od suštinskog značaja za održivi rast u 21. veku.

Ključne riječi: Strategije, Marketing, Sinergija, Menadžment, Znanje.

1 INTRODUCTION

The advent of Industry 4.0 technologies has revolutionized conventional approaches across multiple

fields of study. Knowledge Management Processes refer to systematic activities and strategies employed by organizations to capture, create, store, disseminate,

and apply knowledge effectively, facilitating its use for decision-making, problem-solving, and innovation. Through digitalization, these technologies promote sustainability and usher in innovative infrastructures. In today's landscape, it is imperative for every organization to devise a unique marketing strategy to align with the evolving needs of customers and the market, encompassing both products and services. The perception of knowledge management (KM) practice has shifted away from being viewed as merely a supportive activity, as knowledge management processes (KMP) have become integral and inseparable components of critical business processes (BP).

In the current era of Industry 4.0 and the circular economy, businesses with morally sound and environmentally friendly practices are in high demand. Due to different operational and budgetary restrictions, small and medium-sized enterprises (SMEs) find it difficult to adopt Industry 4.0 technology. In the context of developing nations such as India particularly, the issue is more serious (Kumar, 2020). Companies need to enhance their marketing performance to not only thrive but also to outperform their competition. Enhancing an organization's productivity hinges on several critical factors: customer stratification, customer retention, customer profiling, and customer behavior analysis. In this context, Industry 4.0 technologies like the Internet of Things (IoT), cloud computing, artificial intelligence (AI)/machine learning (ML), big data, blockchain, robots, digital twin, and the metaverse assume pivotal roles. These technologies, as already evidenced in various domains, facilitate real-time monitoring, predictive analytics, intelligent insights, virtual representation, secure transactions, and the development of digital ecosystems.

The implementation of digitalization comprises sociotechnical processes at social and institutional level. Here, we discuss the few studies that present the importance of digitalization to sustainability. Digitalization of any field is driven by Industry 4.0 technologies (Bradley, 2007). Marketing Strategies 4.0 rely heavily on data analytics and customer insights. Effective knowledge management ensures that relevant internal knowledge and external market data are accessible, enabling SMEs to make data-driven marketing decisions, refine their target audience understanding, and tailor campaigns more precisely.

Marketing's core activities are understanding customer needs, matching them to products and services, and persuading people to buy— capabilities that AI can dramatically enhance (Davenport, 2021).

As the digital realm melds seamlessly with the marketing domain, the significance of tailored strategies becomes apparent, bridging the gap between resource limitations and ambitious aspirations. We delve into the intricacies of these strategies, uncovering their potential to revolutionize SME marketing, bolstering their competitiveness in an ever-evolving marketplace. The integration of knowledge management with Marketing Strategies 4.0 encourages cross-functional collaboration within SMEs. Marketing teams can work closely with R&D, sales, and customer service departments to harness collective knowledge for more effective marketing campaigns and customer support.

As we progress, we unveil the arsenal of tools and technologies at the disposal of SMEs, empowering them to implement Marketing Strategies 4.0 with precision and efficacy. From marketing automation to customer relationship management systems, we decipher the technological enablers that pave the way for success. This paper endeavors to equip SMEs with the knowledge and guidance required to navigate the complex terrain of Marketing Strategies 4.0. Grounded in research and empirical evidence, it serves as a compass for SMEs seeking to not only survive but thrive in a digital age that demands nothing less than strategic excellence.

2 METHODOLOGY

2.1 The subject and the problem of research

Main focus on this paper will be on how marketing strategies 4.0 in small and medium enterprises synergize with knowledge management processes. This paper will also present how marketing strategies 4.0 in small and medium enterprises benefits them upon implementation.

2.2 Research goal

Goal of this paper is to present importance of synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management processes in order to achieve goals.

2.3 Research question

Main question will be how to best implement marketing strategies 4.0 in order to achieve competitive edge through knowledge management. Following main research question we have 3 sub-questions.

First sub-question is how does implementation of IoT and cloud computing impact decision making in SME?

Second sub-question is how does Big Data and AI/ML help SME learn more about consumer behavior.

Third sub-question is how does implementing Blockchain and Digital Twin help SME with retention of customers.

2.4 Research method

This is a form of theoretical research in which conclusions are made by studying previous conducted researches. Research will consider different methodologies of other authors and analyze their results in order to make universal conclusions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 How to best implement marketing strategies 4.0 in order to achieve competitive edge through knowledge management?

The term “Industry 4.0” refers to a broad spectrum of contemporary notions whose precise differentiation and clear classification within a discipline are not always attainable (Salah, 2022). Nonetheless, it can be perceived as a fusion of diverse technologies, including but not limited to IoT, cloud computing, big data, AI/ML, blockchain, digital twin, robots/drones, and the metaverse. Industry 4.0 has ushered in significant advancements across multiple sectors, spanning medicine, management, agriculture, military, construction, and beyond. This fourth-generation industrial revolution has left an indelible mark on the world.

As authors is (Ramesh, 2020) mention the central idea of Industry 4.0 is the trend of digitization, automation, and increased use of information and communications technology.

Some authors noticed that people’s lives and workplaces are radically changing as a result of the digital revolution, but the public is nevertheless hopeful about the prospects that Industry 4.0 may present for sustainability (Ganji, 2018). Things we must understand that these authors want us to understand is main objective and idea of Industry 4.0. As we understand there are three main pillars of it. First one would be digitalization, second one would be automation and last one would be increased use of information and communications technology (ICT). It is also important to stress what kind of impact does it have on lives and workplace.

They are heavily impacted by it. Individuals live and work is undergoing substantial changes due to the integration of digital technologies. We must pay attention to public’s hopefulness for sustainability. Industry 4.0 may disrupt existing norms, it also holds promise for addressing environmental and societal challenges.

As we mentioned before there are quite a few things we must consider under marketing strategies 4.0. Now we are going to list things that we have done literature review about:

- internet of things (IoT)
- cloud computing
- AI
- big data
- blockchain
- digital twin
- metaverse

3.2 How does implementation of IoT and cloud computing impact decision making in SME?

Implementing the Internet of Things (IoT) in Small and Medium Enterprises (SMEs) can be a transformative process that enhances operational efficiency, customer service, and competitiveness. It’s main goal is to gather strategic information for customer satisfaction of targeted audiences. It allows the connection of physical devices, resulting in information exchange that enables organizations to strategically become more efficient in the rising market dynamics, which has resulted in the creation of a long-lasting relationship with the customers (Roy, 2016).

Building long lasting relationships is of utmost importance to SMEs, especially when we compare costs of retaining current customers to cost of acquiring new customers. It is in nature of any SME to strive to get new customers but main foundation is keeping current customers satisfied.

To build these long-lasting relationships, IoT technology is used to forecast the demands of customers by analyzing their purchase patterns through the data collected by the organization. IoT has brought about new opportunities and methods for how customers experience shopping. When customers interact with the IoT technology, it culminates in value co-creation, which greatly affects customers' continuance intention and word-of-mouth intention (Tsai, 2017). Many experts assert that word-of-mouth communication plays a pivotal role in influencing consumers' purchase choices. Additionally, within the realm of the shopping experience, mobile commerce has significantly benefited from the impact of the IoT.

IoT has made a lasting imprint in this domain by enabling the seamless integration of data, considering factors like time, location, and context, primarily through the utilization of location-based services. SMEs can leverage the data acquired through IoT to gain valuable insights into customer behavior and product usage patterns. Furthermore, this data can serve as a foundation for designing new products by providing insights into the existing landscape of internet-enabled products in the market and gathering feedback on customer preferences and opinions regarding these products. SMEs longevity can be achieved by enabling IoT devices in the products which are designed for the market.

Cloud computing is a technology employed by SMEs to centralize and integrate a shared pool of resources, resulting in more efficient management and scheduling. E-commerce, in particular, has experienced substantial growth and advancement thanks to the utilization of cloud computing. It is believed that cloud computing utilization (CCU) is beneficial in reducing the various marketing barriers that can be experienced by various SMEs.

It can also be used to reduce the international barriers which are encountered by EM-SMEs (Fan, 2015). Main goal of cloud computing in SMEs is to develop digital infrastructure for accessing essential data at any time and from any location and also be able to receive real time feedback on products and services.

3.3 How does Big Data and AI/ML help SME learn more about consumer behavior?

Constructing the right business case is often a critical determinant of a company's success in implementing AI. These solutions ultimately aim to streamline decision-making processes and improve communication as a result of information analysis (Rutkowski, 2020). From this we can conclude that implementation of artificial intelligence in a SMEs requires the precise establishment of business objectives, as well as access to data and appropriate tools, together with techniques for their analysis.

Main goal of implementing AI as part of creating new marketing strategies is developing artificial agents that analyze data regarding customers, focal companies and competitors in order to recommend marketing actions to achieve the best results.

Forecasting customers behavior is important because it helps creating marketing plans and adjusting future actions accordingly. AI and ML go hand in hand. ML as part of Industry 4.0 also greatly helps and improves creation of new marketing strategies. AI/ML finds application not only in the B2B sector but also in the B2C domain. Machines endowed with enhanced learning capabilities outperform those lacking such learning abilities, often even surpassing human capabilities.

Big data refers to vast and complex datasets that cannot be easily processed or analyzed using traditional data management tools and methods. Marketing in the contemporary world is largely dependent on big data. Big data is a disruptive technology that has proved to be helpful in decision-making, and may be applied to the various elements of the marketing mix such as product, price, place, promotion, and people (Gandomi, 2015). Main goal of big data is to obtain concealed knowledge about consumer behavior. Using business

analytics to strengthen the quality of a product or service. Identifying target customers and marketplaces to establish strategies. As marketing shifts from offline to online, there is a greater need to make strong marketing decisions, and one way to do so is by segmenting online customers. The data obtained from these customers is quite exhaustive and it needs advanced technologies such as big data for its analysis (Ducange, 2018).

3.4 How does implementing Blockchain and Digital Twin help SME with retention of customers?

Blockchain is a decentralized and distributed digital ledger technology that records transactions across multiple computers in a way that ensures the security, transparency, and immutability of the data. Blockchain is viewed as a tool that can revolutionize systems in a variety of industries. It is popular right now, due to its strong foundation (Tan, 2022). Blockchain technology holds the potential to be advantageous for SMEs in marketing, especially in areas such as supply chain management and internal control of marketing operations, enabling professionals to enhance internal management systems and marketing strategies, thereby fortifying the competitive edge of businesses. Goal that blockchain wants to reach is to improve consumer retention, SMEs have begun gathering and retaining customer data systematically, usually through loyalty programs. Consumers can transact directly without going through intermediary layers in unintermediated markets.

A digital twin is a virtual representation or digital replica of a physical object, system, or process, often used for simulation, monitoring, and analysis to improve efficiency, performance, and decision-making in real-world applications. SMEs can create digital twins of their products to simulate and test their designs virtually, reducing the need for physical prototypes, which can be costly and time-consuming. Digital twins generate a wealth of data that can be analyzed to gain insights into product performance, customer behavior, and market trends, helping SMEs make data-driven decisions. They can also be employed to simulate market scenarios and test new

products or strategies before launching them, reducing risks associated with market entry.

4 REVIEW RESULTS

4.1 Qualitive analysis

Knowledge management facilitates the creation, organization, and sharing of content within SMEs. This content can be used for content marketing, thought leadership, and demonstrating industry expertise, aligning with the content-centric nature of Marketing Strategies 4.0. SMEs need to adapt to changing market dynamics rapidly. Knowledge management processes enable the storage and dissemination of market intelligence, competitive analysis, and emerging trends, aiding SMEs in adjusting their marketing strategies promptly and innovating their products or services.

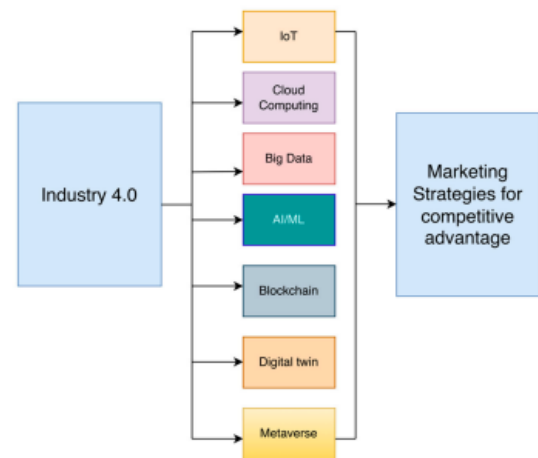


Figure 1. Technologies of Industry 4.0 that affect Marketing Strategies (Kaur, 2022).

Integrating AI, ML, IoT, blockchain, big data, the metaverse, and cloud computing into marketing strategies for SMEs can offer several compelling reasons and advantages:

- enhanced customer understanding: AI and ML these technologies can analyze customer data to identify patterns, preferences, and trends, allowing SMEs to tailor marketing efforts more effectively.
- personalization: AI and ML enable personalized marketing campaigns, product recommendations, and content delivery, enhancing customer engagement and satisfaction.

- Efficient data handling: Big Data helps SMEs manage and extract valuable insights from large datasets, enabling data-driven decision-making for marketing strategies.
- real-time insights: IoT provides real-time data on customer behavior and product usage, allowing SMEs to make instant adjustments to marketing tactics.
- security and transparency: Blockchain ensures secure and transparent transactions, which can be particularly valuable in e-commerce and loyalty programs.
- cost efficiency: Cloud Computing: Reduces the need for extensive IT infrastructure investments, enabling SMEs to access scalable resources and solutions on a pay-as-you-go basis.
- innovation and competitive edge: Metaverse offers opportunities for immersive customer experiences, virtual showrooms, and innovative marketing campaigns that can set SMEs apart from competitors.
- supply chain optimization: IoT and Blockchain enable better supply chain visibility and traceability, helping SMEs ensure product quality and authenticity, which can be a valuable marketing point.
- data security and privacy: Blockchain provides enhanced data security and privacy, which is essential for building trust with customers in an era of increasing data concerns.
- improved customer engagement: Metaverse allows SMEs to engage with customers in new and immersive ways, such as virtual events or experiences, strengthening brand loyalty.
- predictive analytics: AI, ML, and Big Data enable SMEs to predict customer behavior, market trends, and inventory needs, optimizing marketing strategies and resource allocation.
- scalability: Cloud Computing offers the flexibility to scale marketing initiatives up or down as needed, accommodating growth or seasonal fluctuations.
- efficient resource allocation: AI and ML helps SMEs allocate marketing resources more

efficiently by targeting the right audiences and channels.

While implementing advanced marketing strategies involving AI, ML, IoT, blockchain, big data, the metaverse, and cloud computing can offer significant benefits to SMEs, there are also potential drawbacks and challenges to consider:

- costs: high initial investment, implementing these technologies can be expensive, and SMEs may struggle with the initial upfront costs.
- complexity: technical complexity, these technologies often require technical expertise, which SMEs may lack or find challenging to acquire.
- data privacy and security: data risks, collecting and storing customer data can pose security and privacy risks, and SMEs may not have robust cybersecurity measures in place.
- integration challenges: compatibility issues, integrating various technologies may be challenging, and ensuring they work seamlessly together can be complex.
- resource constraints: lack of resources: SMEs may lack the financial and human resources needed for successful implementation and ongoing management.
- overreliance on technology :loss of personal touch, overreliance on technology can lead to a loss of the personal touch that SMEs are known for, potentially alienating customers.
- data overload: information overload, collecting extensive data can lead to information overload, making it difficult to extract meaningful insights.
- regulatory compliance: compliance challenges, SMEs must navigate complex regulations related to data privacy and consumer rights, which can be time-consuming and costly.
- resistance to change: employee resistance, employees may resist adopting new technologies, causing internal friction and hindering successful implementation.
- customer privacy concerns: privacy worries, customers may be concerned about how their data is being used, potentially damaging trust and reputation.

- technical issues: downtime and glitches, technical issues, downtime, or system glitches can disrupt marketing efforts and customer experiences.
- limited expertise: skill shortage, finding and retaining employees with expertise in these technologies can be challenging, especially in competitive job markets.
- misinterpretation of data: misguided decision-making, misinterpreting data or relying too heavily on algorithms can lead to misguided marketing decisions.

The success of Marketing 4.0 initiatives hinges upon organizations' commitment to empowering their employees through ongoing education and training, enabling them to leverage the transformative potential of emerging technologies. In the era of Marketing 4.0, continuous education and training are paramount to equip professionals with the skills needed to navigate the evolving digital landscape, make informed decisions, and deliver personalized customer experiences

Knowledge-intensive organizations facing sustainability and social responsibility challenges should consider economic, social, and environmental goals (Dima, 2022). It can be achieved through synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management processes.

4.2 Developed model

Based on the thorough literature analysis a model for improving competitive edge for SME through synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management processes.

This model is generic in nature and is applicable in various small and medium enterprises. Based on the depicted model we can understand that small and medium enterprises can achieve competitive advantage through implementation of marketing strategies 4.0 and knowledge management. Synergy between those two almost guarantees competitive advantage.

By implementing AI and ML SME can significantly enhance their customer understanding. It helps them tailor their marketing strategy according to their

consumers needs. AI and ML also have great role to play when it comes to personalization. Personalization is great way to achieve even deeper relation with consumers and deepen the bond between SME and consumer.

Big Data helps SME manage and extract valuable insights from large datasets, enabling better and more precise data-driven decision-making for marketing strategies.

Implementation of IoT as core part of marketing strategy 4.0 greatly helps SME with providing real time insight. It helps SME adjust to current market much faster.

Most SMEs don't boast with almost unlimited resources that huge corporations have. Because of that they have to be extremely smart when it comes to resource allocation. Implementing marketing strategies 4.0 and knowledge management helps them greatly. It provides them with platform to be much more efficient with their limited resources.

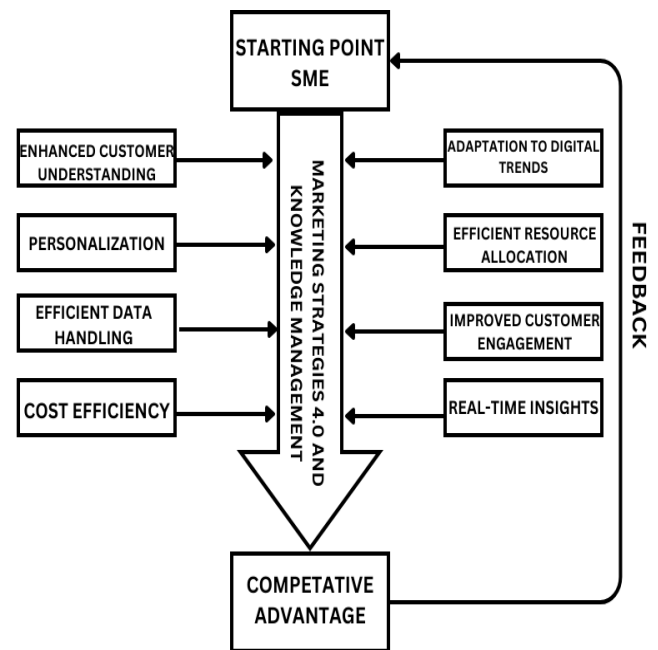


Figure 2. Model for improving competitive advantage through synergy between marketing strategies 4.0 and knowledge management

Improved customer engagement is one of the most important aspects of modern SME. They greatly value each and every customer. As previously mentioned they have limited resources and it's much more valuable for them to retain current customers than to

constantly search for new customers because they lost their current customers. Improved customer engagement has many benefits. It helps SME to grow organically.

Implementing these technologies can give SMEs a competitive edge by staying ahead of the curve in marketing innovation.

5 GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS

Based on the research and analysis presented in this paper, the following guidelines and recommendations are offered for SMEs that want to base their marketing strategies on Industry 4.0 technologies:

- implementation of marketing strategies 4.0 can lead to many benefits such as efficient data handling, enhanced customer understanding and improved customer engagement just to name a few. They are all absolutely important for SMEs that want to be competitive in the market.
- although marketing strategies 4.0 come with many benefits, they must be implemented in certain way and require certain level on knowledge amongst employees in order to gain benefits from it.
- in order to properly implement marketing strategies 4.0 SMEs need to have certain level of resources in order to make most out of it. If given SME lacks resources or employees who lack knowledge these marketing strategies can't be implemented.
- in some cases implementation of these strategies can raise important questions about breaching data privacy and security or it can lead to data overload and even cause technical issues and glitches that can lead to disruption of marketing efforts.
- Marketing 4.0 often involves experimenting with new digital marketing channels and technologies. Knowledge management captures the lessons learned from these experiments, promoting continuous organizational learning and improvement in marketing strategies.

Efficient knowledge management reduces duplication of effort and the need to reinvent the wheel, which can lead to cost savings. In Marketing 4.0,

optimizing resources is essential, and knowledge management helps SMEs achieve this by streamlining processes and knowledge sharing.

6 CONCLUSIONS

These technologies offer SMEs the power to unlock deeper customer insights, enhance personalization, optimize operations, and stay competitive in a dynamic marketplace. However, the journey towards harnessing these capabilities is not without its challenges, including costs, technical complexities, and data privacy concerns. Yet, the potential rewards far outweigh the risks. SMEs that embrace these technologies can elevate their customer engagement, adapt to evolving market trends, and make data-driven decisions that fuel innovation. As the digital landscape continues to evolve, SMEs must embrace the opportunities presented by Industry 4.0 technologies to not only survive but thrive in an increasingly digital world.

In this era of rapid change and heightened competition, SMEs must recognize that knowledge is not just an adjunct to business processes but a central driver of success. Effective knowledge management is a prerequisite for the effective implementation of data-centric marketing strategies. As SMEs strive for growth and resilience, integrating knowledge management into their core processes is no longer an option but a necessity. In conclusion, the fusion of these technologies with marketing strategies is not merely a choice; it is an imperative for SMEs aspiring to carve their niche in the digital age and secure their position as agile, innovative, and customer-centric enterprises. Effective employee education and training in the principles and practices of Marketing 4.0 are indispensable. While challenges and investments accompany the endeavor to educate employees, the rewards are manifold. Well-trained staff can unlock deeper customer insights, enhance personalization, optimize operations, and stay competitive in a dynamic marketplace. As the digital landscape continues to evolve, SMEs that prioritize employee education are better positioned to adapt, innovate, and succeed. The symbiotic relationship between these elements holds the key to unlocking new horizons of growth,

adaptability, and strategic innovation in the ever-evolving business landscape.

It is our hope that this research serves as a catalyst for further exploration and practical implementation, propelling SMEs toward sustained success in the age of Marketing Strategies 4.0.

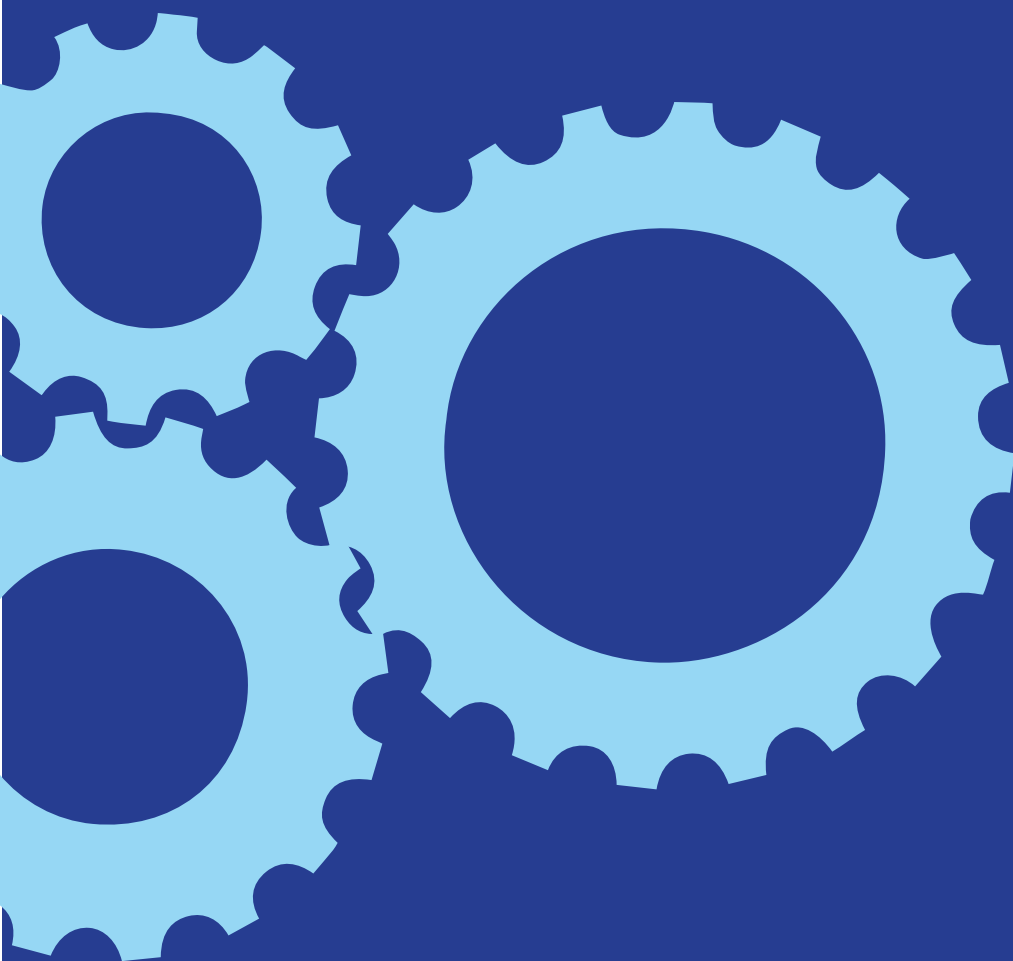
Acknowledgment

This paper was supported by the Provincial Secretariat for Science and Technological Development, Autonomous Province of Vojvodina; Project number: 142-451-2706/2021; Project name: Analysis of entrepreneurial activity aspects in the context of society 5.0 - the possibility of implementation in AP Vojvodina; Project manager: PhD Sanja Stanisavljev, Associate professor.

7 REFERENCES

- [1] Kumar, R., Singh, R.K., & Dwivedi, Y.K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124063.
- [2] Bradley, K. (2007). Defining Digital Sustainability. *Library Trends*, 56, 148–163.
- [3] Davenport, T. H., Guha, A., & Grewal, D. (2021, January 1). How to Design an AI Marketing Strategy What the technology can do today—and what's next. *Harvard Business Review*, 99(4), 42–47.
- [4] Salah, W., & Alaloul, M.N. (2022). Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. *Ain Shams Engineering Journal*, 225–230.
- [5] Ramesh, B. (Ed.) (2020). Innovation, Technology, and Market Ecosystems: Managing Industrial Growth in Emerging Markets. *Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany*.
- [6] Ganji, E.N., Shah, S., Coutroubis, A., & Gestring, I. (2018). Towards a Sustainable Demand Chain Framework: Successful Product Development Integration and Drivers. In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)*, Marrakech, Morocco, 21–23 November 2018, 166–171.
- [7] Roy, M.S. (2016). Value co-creation with Internet of things technology in the retail industry. *Journal of Marketing Management*, 33, 7–31.
- [8] Tsai, Y.T., Wang, S.C., Yan, K.Q., & Chang, C.M. (2017). Precise Positioning of Marketing and Behavior Intentions of Location-Based Mobile Commerce in the Internet of Things. *Symmetry*, 9, 139.
- [9] Fan, S., Lau, R.Y., & Zhao, J.L. (2015). Demystifying big data analytics for business intelligence through the lens of marketing mix. *Big Data Research*, 2, 28–32.
- [10] Rutkowski, I. (2020). Inteligentne technologie w marketingu i sprzedaży — zastosowania, obszary i kierunki badań. *Marketing i Rynek*, 27(6), pp. 3-12. [doi: 10.33226/1231-7853.2020.6.1](https://doi.org/10.33226/1231-7853.2020.6.1).
- [11] Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35, 137–144.
- [12] Ducange, P., Pecori, R., & Mezzina, P. (2018). A glimpse on big data analytics in the framework of marketing strategies. *Soft Computing*, 22, 325–342.
- [13] Tan, T.M., & Saraniemi, S. (2022). Trust in blockchain-enabled exchanges: Future directions in blockchain marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*.
- [14] Kaur R, Singh R, Gehlot A, Priyadarshi N, & Twala B. (2022). Marketing Strategies 4.0: Recent Trends and Technologies in Marketing. *Sustainability (2071-1050)*, 14(24), 16356. [doi:10.3390/su142416356](https://doi.org/10.3390/su142416356).
- [15] Dima, A., Bugheanu, A.-M., Dinulescu, R., Potcovaru, A.-M., Stefanescu, C.A., & Marin, I. (2022). Exploring the research regarding frugal innovation and business sustainability through bibliometric analysis. *Sustainability*, 14, 1326.

University of East Sarajevo,
Faculty of production and management Trebinje



ISSN 2831-1434