



ZBORNİK

**RADOVA DRUGE MEĐUNARODNE
NAUČNO-STRUČNE KONFERENCIJE**



saobraćaj, transport i logistika

2026.

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET
„PRIVREDNA AKADEMIJA” BRČKO DISTRIKT
BOSNA I HERCEGOVINA

ZBORNIK RADOVA

druge međunarodne naučno-stručne konferencije **ISCTTL 2026**



**ZBORNİK RADOVA DRUGE MEĐUNARODNE NAUČNO-STRUČNE KONFERENCIJE ISCTTL
2026. godine, VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET „PRIVREDNA AKADEMIJA“ BRČKO
DISTRIKT BIH**

Izdavač:

Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH
Primaprom Banja Luka

Za izdavača:

Prof.dr ŽELJKO Petrić, DUŠKO Vrhovac

Naziv konferencije:

Druga međunarodna naučno-stručna konferencija ISCTTL – saobraćaj, transport i logistika

Glavne teme konferencije:

- Tehnologija i inženjering - razvoj saobraćajne infrastrukture, bezbjednost saobraćaja i inteligentni transportni sistemi (ITS).
- Logistika i lanci snabdijevanja - logistika 4.0, upravljanje zalihama, zelena logistika i e-mobilnost.
- Pravo i ekonomija u transportu - regulatorni okviri, osiguranje u saobraćaju, carinske procedure i ekonomski aspekti transportnih mreža.
- Ekologija i održivi razvoj - dekarbonizacija, alternativna goriva i uticaj transporta na životnu sredinu.

Održavanje konferencije:

Datum: 25.04.2026. godine

Mjesto: **VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET „PRIVREDNA AKADEMIJA“
BRČKO DISTRIKT BIH, Petra Kočića 6**

Urednici zbornika:

prof. dr ŽELJKO Petrić, prof. dr CVIJETIN Živanović,
prof. dr ESMA Hasanbašić, prof. dr STOJAN Aleksić

Tiraž: 50

Štampa:

Markos Graphic & Design studio

Godina izdavanja:

2026.

ISBN: 978-99997-43-12-9

Napomena:

Mišljenja, stavovi i zaključci iznijeti u radovima predstavljaju isključivo stavove autora i ne odražavaju nužno stavove uredništva, organizatora ili izdavača Zbornika konferencije.

PROGRAMSKI ODBOR

DRUGE MEĐUNARODNE NAUČNO-STRUČNE KONFERENCIJE ISCTTL 2026 – SAOBRAĆAJ, TRANSPORT I LOGISTIKA,

Prof. dr ŽELJKO Petrić, BiH
Prof. dr MILOMIR Čodo, BiH
Prof. dr BOGDAN Mirković, BiH
Prof. dr DRAGAN Škobalj, Republika Srbija,
Prof. dr ŽIVORAD Milošević, Republika Srbija,
Prof. dr VLADIMIR Šimović, Republika Hrvatska,
Prof. dr PETAR Tamamović, BiH
Prof. dr SUAD Hasanović, BiH
Prof. dr SLAĐANA Vujičić, Republika Srbija
Prof. dr MIRJANA Radović Marković, USA, China,
Prof. dr ALEKSANDAR Gajić, Republika Srbija,
Prof. dr MIROSLAV Nedeljković, Republika Srbija,
Prof. dr MILIVOJE Ćosić, Republika Srbija,
Prof. dr MLADEN Ivić, BiH
Prof. dr NIKŠA Grgurević, Crna Gora,
Prof. dr VELEMIR Zekić, BiH
Prof. dr ESMA Hasanbašić, BiH
Prof. dr CVIJETIN Živanović, BiH
Prof. dr STOJAN Aleksić, BiH
Prof. dr OSMAN Lindov, BiH
Prof. dr ŽIVOSLAV Adamović, Republika Srbija
Prof. dr DRAGAN Jovanović, Republika Srbija,
Prof. dr NENAD Zuber, Republika Hrvatska,
Prof. dr TAMARA Gvozdenović, BiH
Prof. dr ELEN TWRDDY, Republika Slovenija
Prof. dr JASNA Blašković Zavada, Republika Hrvatska
doc. dr FATIMA Ribić, BiH
doc. dr RATOMIR Antonović, Republika Srbija
doc. dr BRANISLAVA Narančić Joveljić, BiH
doc. dr ADMIR Muslija, BiH
doc. dr AMER Hodžić, BiH
doc. dr REFIK Trumić, BiH
doc. dr MUHAMED Šemoski, BiH
doc. dr ELVEDIN Šabanović, BiH
doc. dr ERNAD Jabandžić, BiH
doc. dr PREDRAG Kuzmanović, Republika Srbija,
doc. dr MILOŠ Nikolić, Republika Srbija
doc. dr MARKO Milić, BiH

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE

Prof. dr CVIJETIN ŽIVANOVIĆ, prorektor za NIR, predsjednik

Prof. dr ESMA HASANBAŠIĆ, prorektor za akademska pitanja, zamjenik predsjednika

Prof. dr MILOMIR Čodo, dekan Pravnog fakulteta

Prof. dr RAHIM Gadžić, dekan Fakulteta za ekonomiju, menadžment i biznis,

Prof. dr ALEKSA Macanović, v.d. dekana Fakulteta tehničkih nauka

Prof. dr BOGDAN Mirković, dekan Fakulteta pedagoških nauka i umjetnosti

doc. dr SAŠA Žigić, organizacijski savjetnik

mr. NEMANJA Gavrić, medijski i muzički savjetnik

mr. MILOŠ Krsmanović, pravni savjetnik

mr. ALEKSANDRA Stoparić, prijem i evidencija gostiju

mr. ERMIN Ibrišimović, informatička podrška

NEMANJA Mitrović – operativno-servisna podrška

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA
UNIVERZITET „PRIVREDNA
AKADEMIJA” BRČKO DISTRIKT

BOSNA I HERCEGOVINA



ZBORNİK

radova druge međunarodne
naučno-stručne
konferencije **ISCTTL 2026**

Brčko distrikt BiH, 2026. godine

SADRŽAJ

SAOBRAĆAJ

COMMUNICATION IN AIR TRAFFIC AND MULTI-CREW OPERATIONS: A STUDY OF STUDENT NEEDS AND TRAINING APPROACHES

Dragana Rankov, Dragana Raičević Bajić 13

STUDY ON 5G INTERNET OF THINGS SATELLITE COMMUNICATIONS: 3GPP IOT NTN PERFORMANCE EVALUATION

Dragorad Milovanović 21

SOCIOLINGVISTIČKE PERSPEKTIVE LEKSEMA VEZANIH ZA SAOBRAĆAJNU TERMINOLOGIJU

Gordana Bursać 29

PREVENTION AND MAINTENANCE OF FIRE PROTECTION SYSTEMS IN GAS TURBINE ENGINES

Milica Gerasimović, Dragana Velimirović, Snežana Bećirić 43

AKTIVNOSTI I UTICAJ AUTO-MOTO DRUŠTVA “TESLIĆ” TESLIĆ, NA POVEĆANJE STEPENA BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA GRADA TESLIĆ

Mladen Klječanin, Gordana Blagojević 51

OPTIMIZACIJA VAZDUHOPLOVNE NAVIGACIJE U MISIJAMA TRAGANJA I SPASAVANJA (SAR): REGULATIVNI OKVIR ICAO ANEKSA 12 I IZAZOVI UPRAVLJANJA KRIZNIM SITUACIJAMA

Nataša Stevanović, Tatjana Dolžan-Milisavljević, Vojkan Dimitrijević 63

METODOLOGIJA PRAĆENJA VIBRACIJA NA TEHNIČKIM SISTEMIMA

Stevan Petrović. 73

NUŽNOST DETALJNIJE ANALIZE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA KAO OSNOVE ZA UTVRĐIVANJE STVARNIH UZROKA U CILJU SMANJENJA NJIHOVOG BROJA

Stević Stevo, Petrić Željko. 87

PROJEKTOVANJE I ANALIZA KRUŽNE RASKRSNICE NA MAGISTRALNOM PUTU M16 – STUDIJA SLUČAJA

Stojan Aleksić, Nebojša Teonić, Saša Džigerović, Gordana Aleksić-Blagojević 99

ISPITIVANJE SNAGE MOTORNIH VOZILA NA ŠASIJSKOM DINAMOMETRU

Svetko Milutinović, Stojan Aleksić, Gordana Aleksić-Blagojević 109

MODEL UPRAVLJANJA RIZIKOM U VANREDNIM SITUACIJAMA NA ŽELEZNIČKIM VAGONIMA I LOKOMOTIVAMA

Svetozar Bugarin, Živoslav Adamović, Vesna Neborišević Nešić 119

TRANSPORT

TRANSPORT OPASNIH ROBA U CESTOVNOM SAOBRAĆAJU U BOSNI I HERCEGOVINI: REGULATORNI OKVIR I BEZBJEDNOSNI ASPEKTI Branislava Narančić Joveljić, Marko Milic	129
PEDAGOŠKI MODELI ZA RAZVOJ KOMPETENCIJA U INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA: IZAZOVI I PERSPEKTIVE SAVREMENOG OBRAZOVANJA Esma Hasanbašić, Miloš Đurković	145
GEOPOLITIČKI POREMEĆAJI I TRANSFORMACIJA TRANSPORTNIH TOKOVA: PROCJENA EFEKATA NA BIH, ZAPADNI BALKAN I EVROPU Kemal Jaganjac, Danislav Drašković, Stojan Aleksić	157
УТИЦАЈ ПРОФЕСИОНАЛНИХ ЖАЛИЛАЦА НА РЕАЛИЗАЦИЈУ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЈЕКТА У СЕКТОРУ ТРАНСПОРТА У БИХ Милан Матић	181

LOGISTIKA

OPTIMIZACIJA RADNIH PROCESA U TRANSPORTNOJ LOGISTICI Aleksandar Jovanović, Gordana Blagojević	199
ECONOMIC AND FINANCIAL ANALYSIS OF INVESTMENT IN SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS Aleksandar Lukić	205
MENADŽMENT RIZIKA U LOGISTICI „POSLEDNJEG KILOMETRA“ UNUTAR URBANE AGLOMERACIJE Besim Duraković, Borislav Bojić, Cvijetin Živanović.	213
OTPORNOST LANACA SNABDJEVANJA NA GEOPOLITIČKE RIZIKE Borislav Bojić, Besim Duraković, Cvijetin Živanović.	221
DIGITALNA TRANSFORMACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA U KONTEKSTU IMPLEMENTACIJE IOT I AI U KONCEPTU LOGISTIKE 4.0 Cvijetin Živanović, Petar Tamamović	229
ULOGA INFORMACIJA U LOGISTICI Ermin Ibrišimović	237
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS THE TRANSFORMATIVE ENGINE OF COOPERATIVE TRANSPORT AND LOGISTICS: FROM SMART AUTOMATION TO WORKFORCE TRANSFORMATION Zoran Jovičić, Ivana Ašanin, Jelena Gerencir, Jovan Jovičić.	247
ZNAČAJ RAZVOJA INTERNET APLIKACIJA U OPTIMIZACIJI LOGISTIČKIH I TRANSPORTNIH SISTEMA Marko Momčilović, Dragan Rastovac, Katarina Đorđević	261

STRATEŠKI ZNAČAJ KONTROLINGA U UNAPREĐENJU OPERATIVNE EFIKASNOSTI OSIGURAVAJUĆIH DRUŠTAVA Branislava Narančić, Fikret Rastoder	271
SOCIJALNA EKOLOGIJA, ODRŽIVI RAZVOJ I KAKO SE PREVOZIMO Nermin Alihodžić	281
ADVANCING SUSTAINABLE AGRICULTURE THROUGH UAV TECHNOLOGIES: A CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVE Sanja Pavlović.	291
PREVENTION AND MAINTENANCE OF SPRINGS IN AIRCRAFT SYSTEMS Snežana Bećirić, Milica Gerasimović	299
KONCEPT NEMOTORIZOVANOG GRADA KAO IMPERATIV ODRŽIVOG URBANOG RAZVOJA I OČUVANJA KVALITETA ŽIVOTA Tarik Ejubović, Mujo Mališević	305
PRIMENA SISTEMA UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU U UPRAVLJANJU KRIZNIM SITUACIJAMA NA AERODROMIMA: REGULATORNI ZAHTEVI I NAVIGACIONI ASPEKTI Tatjana Dolžan-Milisavljević, Nataša Stevanović, Vojkan Dimitrijević	313
KOORDINACIJA VAZDUŠNIH I ZEMALJSKIH SLUŽBI U HELIKOPTERSKIM OPERACIJAMA TRAGANJA I SPASAVANJA Vojkan Dimitrijević, Tatjana Dolžan-Milisavljević, Nataša Stevanović	323
ULOGA I ZNAČAJ KVALITETNOG OBELEŽAVANJA SIGNALIZACIJE NA AERODROMIMA U FUNKCIJI BEZBEDNOG UPRAVLJANJA VAZDUŠNIM SAOBRAĆAJEM Đorđe Vranješ, Svetozar Sofijanić, Predrag Drobnjak, Branka Bursać Vranješ	333
SPECIFIČNOSTI ORGANIZACIJE I PRAĆENJA LOGISTIČKIH USLUGA U VAZDUŠNOM TRANSPORTU Đorđe Vranješ, Svetozar Sofijanić, Ana Slavković, Nikola Slavković	343
INOVACIJE U KOOPERTIVNOM TRANSPORTU I SAOBRAĆAJNOJ LOGISTICI Zoran Cvijetić, Ratomir Antonović.	355
OSTALO	
PRETEČA PRAVA OSIGURANJA U ANTICI Dževad Drino	367

SAOBRAĆAJ

COMMUNICATION IN AIR TRAFFIC AND MULTI-CREW OPERATIONS: A STUDY OF STUDENT NEEDS AND TRAINING APPROACHES

Dr. Dragana Rankov¹

Dr. Dragana Raičević Bajić²

Abstract

Communication is an important factor in security, in particular for air traffic control and multi-crew flight systems. Communication is not purely a theory in air traffic training, but is a common operational and performative learning skill for many air traffic program students.

The research is linked with the perspectives of students toward communication training in aviation study programs at the Academy of Applied Studies Polytechnics. In this study, we emphasize communication as an interdependent professional competency, using standard phraseology, situational communication skills, and teamwork within multi-crew environments as we consider this skill set through a wide variety of scenarios.

This study formed part of a broader survey examining three key aspects: the level of importance students assign to communication, the degree to which they utilize communication skills, and the challenges they face when applying these skills under high workload conditions. Scenario-based MCC and ATC scenarios are also used to support the conclusions made. Results of this study show the importance of integrating training on communication with those on what goes on (situational, teamwork, simulation, and real-world experience, etc)

Moreover, the research supports the overall trend for collaborative transport and traffic logistics innovations by identifying communication as a key enabler for coordination, information exchange, and system integration in complex transport contexts.

Key words: communication, aviation training, air traffic control, multi-crew cooperation, situational awareness, scenario-based learning, operational communication

INTRODUCTION

In current aviation system communication, it is not a supportive attribute; it is a fundamental functional role that is necessary to control, assist, or contribute to safety, performance, and operational conditions. Air traffic control (ATC) and cockpit control require efficient, methodical, and timely communications within a safety context to enable the travel of aircraft.

Students working in air traffic and ATC will be expected to have enhanced communication skills in addition to general communication skills. These skills are consistent with the use of standardized phraseology, working under time constraints, and good team communication.

Yet teachers have found that students demonstrate a lot of distance between theory and practice. They possess the knowledge of communication principles themselves, but find it difficult to practice the principles in simulated or instant situations. Exploring the students' perceptions of communication training is also outlined in more detail, and provides an indication that communication can subsequently be further incorporated into various operative subjects, such as Multi-Crew Cooperation (MCC) and air traffic control (ATC) procedures.

In the context of modern transport systems, particularly within the framework of cooperative transport and traffic logistics, communication plays a crucial role in enabling coordination between multiple actors, including pilots, air traffic controllers, and other stakeholders. As transport systems become increasingly interconnected and technologically advanced, effective communication represents not only an operational requirement but also a key innovation supporting system efficiency, safety, and integration.

¹ Dr Dragana Rankov, Academy of Applied Studies Polytechnics, Katarine Ambrozic 3, Belgrade, Serbia, drankov@politehnika.edu.rs

² Dr Dragana Raicevic Bajic, Academy of Applied Studies Polytechnics, Katarine Ambrozic 3, Belgrade, Serbia, drbajic@politehnika.edu.rs

2. LITERATURE REVIEW

Communication in aviation has long been recognized as a critical factor in maintaining operational safety. According to the International Civil Aviation Organization (2010), effective communication requires both standardized phraseology and the ability to use plain language in non-routine and emergency situations.

The concept of Crew Resource Management (CRM) highlights the importance of communication, teamwork, and decision-making in the cockpit. Research by Helmreich et al. (1999) demonstrates that communication breakdowns represent a major contributing factor in aviation incidents, emphasizing the need for structured and effective interaction among crew members.

Similarly, Multi-Crew Cooperation (MCC) emphasizes communication as a key tool for maintaining situational awareness and coordinating actions between crew members. Effective communication in MCC environments supports workload distribution, enhances coordination, and improves decision-making processes.

In air traffic control, communication is equally critical. Studies by Bailey et al. (2001) demonstrate that increased workload leads to more frequent and task-oriented communication exchanges, while automation modifies communication patterns rather than reducing the need for interaction.

Furthermore, communication and coordination in multi-crew and operational environments are strongly emphasized within European aviation training frameworks (EASA, 2011), which highlight the importance of communication as a core competency in pilot and controller training. These findings suggest that communication training should not be treated as an isolated academic subject, but rather as an integral component of operational training, closely aligned with real-world aviation practices.

3. METHODOLOGY

The study in this paper is on a survey of students who have already taken a program in air traffic systems at the Academy of Applied Studies Polytechnics.

To a large extent, the research was concerned with an understanding of students' perceptions regarding communication as a professional competency, particularly for their participation in aviation safety, coordination, and performance of operations. The study also considered three important dimensions of communication education: perceived significance in professional posts; the extent to which students apply it in their studies and training; and perceived difficulty when applying communication in realistic situations.

Data were collected באמצעות a survey questionnaire and analyzed using descriptive statistics. The results are presented as percentage distributions and illustrated through graphs to provide a clear and concise overview of student responses. In addition, a scenario-based approach was employed as a methodological complement to the survey.

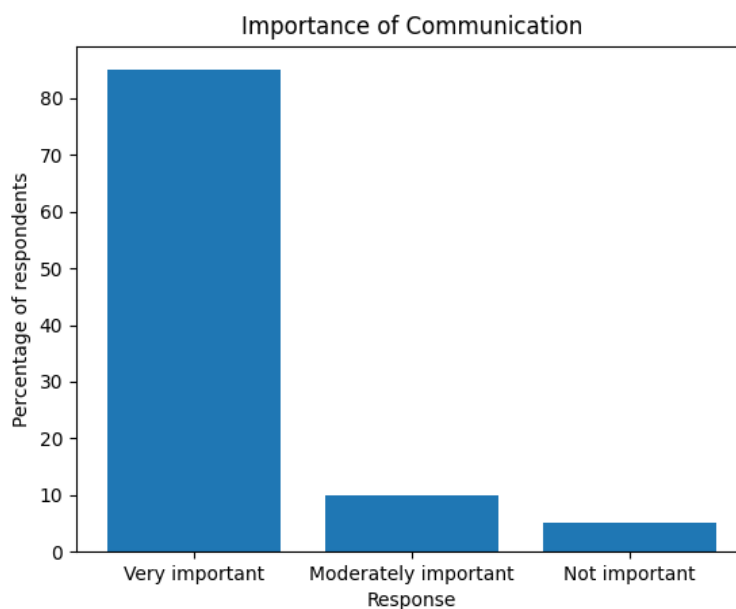
The research was supported with representative communication scenarios representing MCC (Multi-Crew Cooperation) and ATC (Air Traffic Control) communication scenarios from two different aircraft-based contexts to provide context for the findings and show how communication works in practical operations. These scenarios, a synthesis of familiar ICAO communication procedures and typical MCC training contexts, were not meant as data of a sort but to illustrate and support the analysis of survey data.

Their selection helped to enhance the link between students' views and the realities of the operations of aviation communication. By comparing survey quantitative data with scenario-based analysis, the research presents a more detailed picture of communicative training, from which the discrepancy between theoretical teaching and actual application can be narrowed.

4. RESULTS AND DISCUSSION

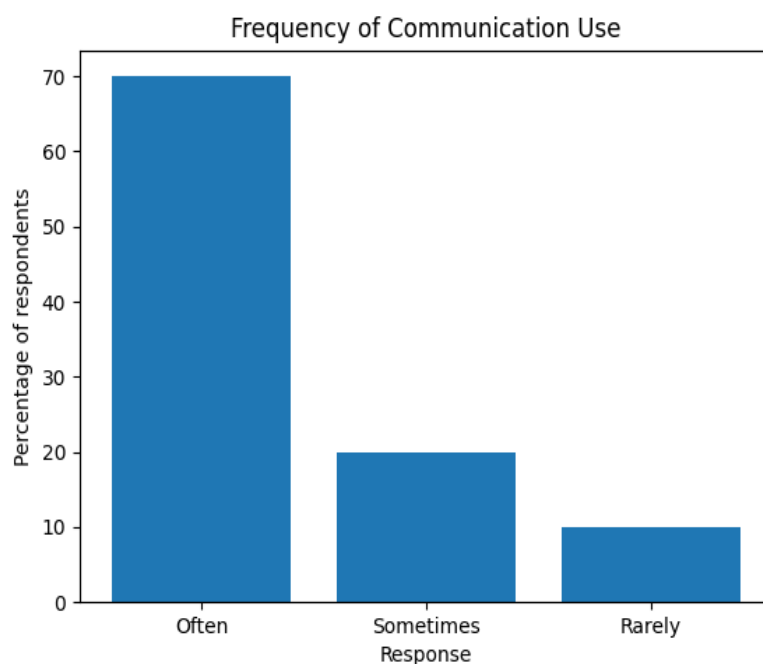
The results show that **85% of students consider communication very important** for their future careers, particularly in relation to safety and coordination.

Figure 1. Importance of communication for future careers



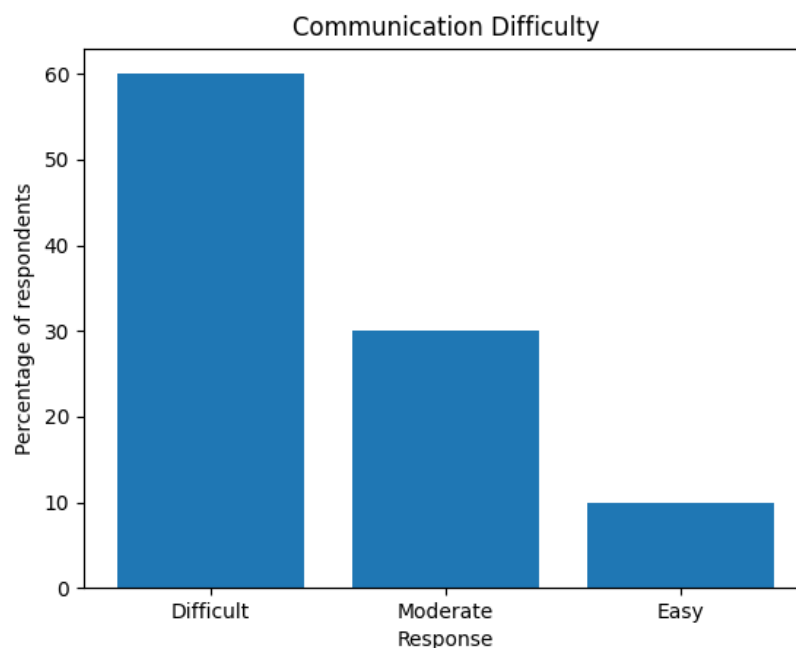
Furthermore, **70% of students report frequent exposure to professional communication**, especially in simulation exercises and technical subjects.

Figure 2. Frequency of communication use in the academic context



However, **60% of students report difficulties in applying communication in realistic situations**, particularly under time pressure.

Figure 3. Perceived difficulty in applying communication skills



Students expressed a strong preference for:

- simulation-based learning
- scenario-based tasks
- teamwork exercises

These findings confirm that communication should be taught through practice rather than theory alone.

5. PRACTICAL APPLICATION: MCC AND ATC COMMUNICATION SCENARIOS

To further illustrate the importance of communication in aviation training, the following examples are described as relevant for the learning, derived from established ICAO communication methods, and commonly used MCC training paradigms. These cases are not designed as direct duplication of specific operational situations but as hypothetical instances of typical communication practices in use within the cockpit and air traffic control environments, illustrating the idea that communication is a crucial operational tool in real-time high-workload conditions.

5.1 Cockpit Scenario (MCC Environment)

During a descent phase, the aircraft deviates from the assigned altitude due to increased workload:

Pilot Monitoring (PM):

“We are 300 feet above assigned altitude.”

Pilot Flying (PF):

“Correcting. Adjusting descent.”

This example demonstrates the importance of concise and timely communication in maintaining situational awareness. The Pilot Monitoring identifies the deviation and communicates it clearly,

while the Pilot Flying acknowledges the issue and takes corrective action. Such structured interaction supports efficient workload distribution and minimizes the risk of error.

5.2 ATC Communication Scenario

A standard communication exchange between air traffic control and a pilot during descent:

ATC:

“Flight 123, descend to flight level 120.”

Pilot:

“Descending to flight level 120, Flight 123.”

This example illustrates the use of standardized phraseology, which ensures clarity and reduces the possibility of misunderstanding. The repetition of key information (readback) confirms that the instruction has been correctly received and understood.

5.3 Non-Routine Situation (High Workload Communication)

A technical issue occurs during the approach phase of flight, requiring deviation from standard procedures:

Pilot:

“We have a hydraulic system issue affecting the landing gear. Request priority landing.”

ATC:

“Roger, Flight 123. State intentions.”

In this case, communication goes beyond standard phraseology and enters the domain of situational communication. The pilot must clearly describe the problem, its operational impact, and the required action. This type of communication is essential in non-routine situations where predefined phrases are not sufficient.

5.4 Discussion of Scenarios

These scenarios highlight several key aspects of communication in aviation environments:

- communication must be **clear, concise, and unambiguous**
- it supports **situational awareness and decision-making**
- it enables **effective coordination between team members and external actors**
- it becomes particularly critical under **conditions of increased workload**

In both MCC and ATC contexts, communication is not an isolated skill but an integral part of operational performance. Therefore, incorporating such scenarios into classroom practice allows students to better understand the practical relevance of communication and to develop skills that are directly transferable to real aviation environments.

DISCUSSION

When MCC and ATC are integrated into communication training, the result is a more realistic and effective learning environment. When communication competence is taught through this mode of practice, it also adds a practical and functional twist to theory and becomes actionable in an aviation/MCC training situation instead of just theory-based training. In aviation, communication should be seen not just as a transfer of knowledge but also as a powerful tool for decision-making, coordination, and situational awareness. Communication, both in cockpit mode and in air traffic control mode, aids in task management and workload control.

The results of this study indicate that students are significantly enhanced under practice-based curricular instruction, simulation-based learning, and scenario-driven teaching tasks. These

types of things let them be put in high-job settings, practicing different communication styles and techniques under conditions that are very similar to those found in a real job.

Additionally, the alignment of learning to communicate with MCC principles improves upon teamwork competencies and supports the centrality of clear and structured communication. That integration shows students how communication fits into wider operational systems and not simply as a stand-alone academic subject matter.

CONCLUSION

The study's research findings reaffirm that communication once again underscores the essence of being both the cornerstone of training for any given aviation student and the crux of sound and efficient safety and operational efficiency. Although learners know it's not appropriate to their future professional career, more than half of them will see that we must support them in turning their theoretical understanding into practice; for example, on a practical level, in realistic and high-workload situations, and in a job setting.

By embedding communication skills training along with operational subjects, such as Multi-Crew Cooperation (MCC) and air traffic control, the impact of the learning will be significant. When placed in the context of genuine working environments, communication is better understood by students regarding its role in coordination, decision-making, and situational awareness. This approach serves to cross the gap between education in the classroom and practical application to the aviation field. Toward this end, future teaching strategies should focus on:

- simulation-based learning,
- joint and team activities,
- real-life and scenario-based training settings.

Students acquire communication skills in scenarios that simulate a real operational environment in order to further their proficiency and increase their confidence.

A significant aspect of this study is the role of teachers. The teacher in this context cannot be seen as the "teacher of knowledge," so much as the person who facilitates communication training with the professional world. In this respect, the instructor plays an important role in developing authentic learning activities, leading students through difficult and advanced scenarios, and the development of operational communication skills.

Equally imperative is involvement of subject matter experts who have excellent expertise on actual aviation experience in practice. For the purposes of the present study, those experts are experienced pilots and air traffic controllers. The teachers can be very useful to add to the teaching process the practical experience and professional life of the students by bringing out actual situations, practical operating difficulties, and common speech modes.

Lastly, successful communication education in aviation education requires a theoretical and practical grounding as well as interdisciplinary competency. And for educational programs to better prepare students with the communicative, and safety-critical, issues facing them now in the aviation environment, it is desirable that teaching approaches are in line with how the plane is working in the field for teaching purposes.

On a broader level, this approach provides new knowledge based on innovative theories in cooperative transport and traffic logistics of the future highlighting communication as a cornerstone for coordination and sharing information within complicated, heterogeneous systems. Through integrating training in communication with use on the job within operational and cooperative environments, the results may help to design more coordinated, efficient and safety-oriented air transport systems, which align directly with the objectives of the modern cooperative transport framework.

REFERENCES

1. International Civil Aviation Organization, 2010, *Manual on the Implementation of ICAO Language Proficiency Requirements (Doc 9835)*, Montreal, ICAO.
2. International Civil Aviation Organization, 2007, *Radiotelephony Manual (Doc 9432)*, Montreal, ICAO.
3. European Union Aviation Safety Agency, 2011, *Aircrew Training Policy and Guidance: Multi-Crew Cooperation (MCC) and Crew Resource Management (CRM)*, Cologne, EASA.
4. Helmreich, R. L., Merritt, A. C., & Wilhelm, J. A., 1999, *The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation*, International Journal of Aviation Psychology.
5. Bailey, L. L., Willems, B. F., & Peterson, L. M., 2001, *The Effects of Workload and Decision Support Automation on En Route R-Side and D-Side Communication Exchanges*, Federal Aviation Administration, Washington, D.C.
6. Skybrary, 2020, *Communication and Human Factors in Aviation*, London, EUROCONTROL.

Apstrakt

Komunikacija je važan faktor bezbednosti, naročito u kontroli letenja i u sistemima sa višečlanom posadom. Komunikacija u obuci kontrolora letenja nije isključivo teorija, već uobičajena operativna i performativna veština učenja za mnoge studente na programima vazdušnog saobraćaja. Istraživanje je povezano sa stavovima studenata prema obuci iz komunikacije na vazduhoplovnim studijskim programima Akademije strukovnih studija Politehnika. U ovoj studiji naglašavamo komunikaciju kao međuzavisnu profesionalnu kompetenciju, koristeći standardnu frazeologiju, situacione komunikacione veštine i timski rad u okruženju sa višečlanom posadom (MCC), dok ovaj set veština razmatramo kroz širok spektar scenarija. Ova studija je deo šireg istraživanja koje ispituje tri ključna aspekta: nivo važnosti koji studenti pridaju komunikaciji, stepen u kojem koriste komunikacione veštine i izazove sa kojima se suočavaju prilikom primene tih veština u uslovima visokog radnog opterećenja. Scenariji zasnovani na MCC (saradnja višečlane posade) i ATC (kontrola letenja) takođe su korišćeni kao podrška donetim zaključcima. Rezultati ove studije ukazuju na važnost integrisanja obuke o komunikaciji sa onim što se dešava u praksi (situaciona svest, timski rad, simulacije, iskustvo iz stvarnog sveta itd.).

Štaviše, istraživanje podržava opšti trend inovacija u kolaborativnom transportu i transportnoj logistici, identifikujući komunikaciju kao ključni faktor za koordinaciju, razmenu informacija i integraciju sistema u složenim transportnim kontekstima.

Ključne reči: komunikacija, vazduhoplovna obuka, kontrola letenja, saradnja višečlane posade, situaciona svest, učenje zasnovano na scenarijima, operativna komunikacija.

STUDY ON 5G INTERNET OF THINGS SATELLITE COMMUNICATIONS: 3GPP IOT NTN PERFORMANCE EVALUATION

Dragorad Milovanović¹

Abstract

The evolving NewSpace technology ecosystem is characterized by a rapid transition from public to private initiatives, focusing on reducing launch costs, miniaturizing satellites, and intensive commercialization of low Earth orbit (LEO). The environment is characterized by agile development, large constellation launches, and the increasing use of AI technology for autonomous operations in space. Direct-to-device (D2D) communication enables direct links between compact terrestrial user equipment (UE), such as handheld or IoT devices and satellites, without reliance on terrestrial networks. Unlike traditional satellite systems, modern D2D approaches are designed to interoperate with UEs originally optimized for terrestrial connectivity. Ongoing research across industry and academia explores the role of massive machine-type communications (mMTC) in enabling D2D services, particularly for low data rate Internet of Things (IoT) applications. This work further extends the D2D paradigm by incorporating support for 5G Reduced Capability (RedCap) devices and their integration with low Earth orbit (LEO) satellite systems. Despite the inherent challenges posed by the link budget, results indicate that RedCap-based D2D communication remains technically feasible. Finally, key open challenges and future research directions are outlined to guide continued development in this area.

Key word: 5G, D2D, IoT, RedCap, NTN, LEO

INTRODUCTION

In recent years, significant research efforts have focused on the potential of Non-Terrestrial Networks (NTNs), where satellites, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), and High Altitude Platforms (HAPs) function as aerial or space-based base stations to extend connectivity beyond the limits of terrestrial networks (TNs). Among these, satellites particularly those in Low Earth Orbit (LEO), provide wide-area coverage with comparatively low latency relative to higher-altitude systems, making them highly attractive for NTN deployments, as evidenced by numerous commercial broadband constellations. Alternative architectures also incorporate Medium Earth Orbit (MEO) and Geostationary Earth Orbit (GEO) satellites, offering different trade-offs between coverage and latency. In parallel, the 3rd Generation Partnership Project (3GPP) has formalized NTN integration into cellular systems since Release 17, introducing 5G New Radio NTN (NR-NTN). The standard has continued to evolve through Releases 18 and 19, with ongoing developments toward Release 20, representing a key milestone on the path to 6G.

3GPP Releases 17 and 18 introduced Reduced Capability (RedCap) and its enhanced version (eRedCap) as part of the continued evolution of the 5G NR ecosystem. Compared to conventional 5G NR, RedCap strategically scales down key functionalities to reduce device complexity, development cost, and power consumption. Despite these reductions, RedCap is designed to deliver data rates that remain sufficient for a wide range of industrial, consumer, and mission-critical applications.

Our key proposition for enabling cost-effective and reliable direct-to-device (D2D) connectivity in remote areas is the seamless integration of unmodified terrestrial Reduced Capability (RedCap) user equipment (UE) with low Earth orbit (LEO) satellite constellations. D2D communication facilitates direct links between compact terrestrial UEs—such as handheld or machine-type devices—and satellites, eliminating the need for terrestrial network

¹ Faculty of Organizational studies EDUKA, Belgrade; e-mail: dragoam@gmail.com

infrastructure. Unlike traditional satellite systems, modern D2D approaches are designed to interoperate with UEs originally optimized for terrestrial use. Ongoing research in both academia and industry is exploring massive machine-type communications (mMTC) technologies and their applicability to D2D, particularly for low data rate Internet of Things (IoT) applications. Our findings indicate that RedCap-based D2D communication is feasible when operating with very low Earth orbit (VLEO) and LEO satellites. Furthermore, these results open up important research challenges and directions, offering timely insights to guide future developments in this domain.

In the first part of the paper, we first outlined the background of terrestrial RedCap and pinpointed several design enhancements for RedCap UE to ensure successful D2D communication. Then network performance accounting for the connection success probability using the 3GPP channel and collision models is evaluated. Finally, we highlight some open challenges and future research directions.

1. IoT RedCap BACKGROUND AND RECENT DEVELOPMENTS

Massive industrial wireless sensor networks, smart city deployments, and consumer IoT user equipment (UEs) demand capabilities that lie between traditional 5G massive machine-type communications (mMTC) and the more demanding enhanced Mobile Broadband (eMBB) and ultra-reliable low-latency communication (URLLC) services. These use cases typically require small form factors, extended battery life, low device complexity, and reduced development costs. Reduced Capability (RedCap) and enhanced RedCap (eRedCap) technologies address this gap by offering theoretical peak data rates of approximately 100 Mbps and 10 Mbps, respectively—significantly higher than NB-IoT (around 159 kbps), yet well below the multi-gigabit rates of 5G eMBB (up to ~2 Gbps). This positioning makes them well suited for a wide range of mid-tier IoT and industrial applications.

3GPP Release 19 (part of 5G-Advanced 2025/2026) expands RedCap and eRedCap to NTN, bringing low-power, medium-speed D2D satellite connectivity for IoT devices. Key enhancements are as follows:

- developing mechanisms to handle the distinct NTN challenges, such as high Doppler shifts, large propagation delays, and moving cell patterns, specifically for RedCap devices
- to optimize cost and power consumption in space-based scenarios, Release 19 introduces support for half-duplex Frequency Division Duplex (FDD) operations, which allows RedCap devices to avoid full-duplex operation
- the study includes improving the uplink capacity and downlink coverage for these low-complexity devices connecting directly to satellites
- building on Release 18 eRedCap (which offers even lower complexity), these devices will gain satellite connectivity options, bridging the gap between 5G-Advanced and satellite IoT.

To reduce UE development cost, device form factor, and power consumption, Reduced Capability (RedCap) introduces several targeted simplifications compared to 5G NR eMBB. These include reduced bandwidth, fewer antenna elements and MIMO layers, support for half- and full-duplex operation, lower maximum modulation order, and relaxed processing timelines and capability requirements.

State-of-the-art studies provide comprehensive overviews of terrestrial RedCap technology, highlighting its key features, achievable throughput, potential use cases, and remaining challenges [2], [3]. In [4], coexistence within the legacy 5G NR ecosystem is examined, showing that eMBB uplink performance remains largely unaffected by the introduction of RedCap devices. However, eMBB downlink throughput is observed to degrade with increasing network

load and a higher proportion of RedCap users. Furthermore, the study in [5] assesses the impact of reduced UE complexity on coverage, demonstrating that the additional coverage recovery required for RedCap physical channels remains below 1 dB despite these simplifications.

2. D2D COMMUNICATIONS PERFORMANCE

This work investigates the performance of RedCap and eRedCap D2D communications in accordance with 3rd Generation Partnership Project 5G NR NTN specifications. In particular, it evaluates the connection success probability, defined as the likelihood of sustaining a sufficient link budget for reliable communication.

The analysis assumes a RedCap UE in the form of a handheld or machine-type device (MTD) equipped with an omnidirectional antenna. Two LEO satellites are considered, independently orbiting at altitudes of 300 km and 500 km, each operating on a 2 GHz service link and equipped with a receiver antenna gain of $G_r=50$ dBi. For the evaluation of connection success probability, a rural deployment scenario is assumed, applying the 3rd Generation Partnership Project NTN channel model defined in TR 38.811 [6], which accounts for shadowing and clutter losses based on line-of-sight probability. The channel model incorporates key NTN characteristics, including large propagation delays (up to 20 ms) and significant Doppler effects, both of which strongly influence link performance. Since noise power increases with bandwidth, higher bandwidth leads to reduced receiver sensitivity. Accordingly, as specified in TS 38.108 [7], the reference uplink sensitivity for LEO satellite links is -102.4 dBm for a 5 MHz bandwidth and -96 dBm for a 20 MHz bandwidth at 15 kHz subcarrier spacing.

Channel model

The methodology to define 3GPP channel models in TR 38.811 Release 17 for NTN incorporate large propagation delays, Doppler shifts, and specific satellite geometries. The approach utilizes stochastic modelling for path loss, shadowing, and fading in L-, S-, and Ka-bands. Key aspects of the methodology are as follow:

- adaptation of TR 38.901 to handle extremely large cell sizes, high speed of satellites
- models explicitly incorporate atmospheric absorption, scintillation, shadowing caused by satellite elevation angles, and frequency-dependent fading to support S-band (<6 GHz) and Ka-band (20-30 GHz).
- models employ a 3D geometry-based stochastic channel model (GSCM), considering 3D elevation and azimuth angles to handle different platform types including Geostationary (GSO) and Non-Geostationary (NGSO) satellites.
- methodology supports multiple antenna configurations, including Uniform Planar Array (UPA) and Very Small Aperture Terminal (VSAT) antennas, as well as circular aperture models to support high-gain beamforming.
- models define specific simulation scenarios, including handheld devices (eMBB) and IoT devices (NB-IoT/eMTC).

3. MEASUREMENT-BASED MODELLING AND ANALYSIS

The impact of mobility on network path stability and end-to-end latency variability differs significantly between terrestrial mobile networks and LEO satellite systems, primarily due to fundamental differences in their architectures and connectivity management mechanisms. In terrestrial mobile networks, congestion most commonly occurs within the RAN and the core network, whereas in LEO satellite systems congestion may arise at the level of satellite beams,

ground gateways, or inter-satellite links, depending on the spatial distribution of users and infrastructure availability.

Integrated Non-Terrestrial Networks (NTNs) are communication systems composed of coordinated ground, air, and space layers. This architecture is commonly referred to as a space-air-ground integrated network (SAGIN), with the corresponding layers termed ground-based, airborne, and spaceborne, respectively (Fig. 1.).

- The ground layer includes terrestrial mobile networks, satellite ground stations, and user equipment (UE) such as mobile and satellite-enabled devices. It serves as the interface between end users and the non-terrestrial segments, providing core network functionality and access services.
- The airborne layer comprises both high- and low-altitude aerial platforms. High-Altitude Platform Stations (HAPSSs)—including aircraft, airships, and balloons—operate at stratospheric altitudes of up to approximately 20 km and function primarily as relay nodes. Owing to their relatively high altitudes, HAPSSs can deliver wide-area coverage across urban and rural regions. At lower altitudes, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) act as Low-Altitude Platform Stations (LAPSSs), serving as aerial base stations or relays to enhance network capacity and coverage. UAVs offer high flexibility and can be deployed for temporary or long-term performance improvements, depending on the application scenario.
- The spaceborne layer is based on satellite communications, enabling connectivity between geographically distant locations through radio-signal relay and amplification via satellites. Due to their orbital altitude, satellites can cover extensive areas of the Earth, providing global connectivity across land, sea, and air. Communication satellites typically operate in three primary orbital regimes: geostationary Earth orbit (GEO, ~35,786 km), medium Earth orbit (MEO, ~7,000–25,000 km), and low Earth orbit (LEO, ~300–1,500 km). Each orbit presents distinct trade-offs: higher orbits offer broader coverage, while lower orbits provide improved propagation characteristics, reduced latency, and lower deployment costs (Fig. 2).

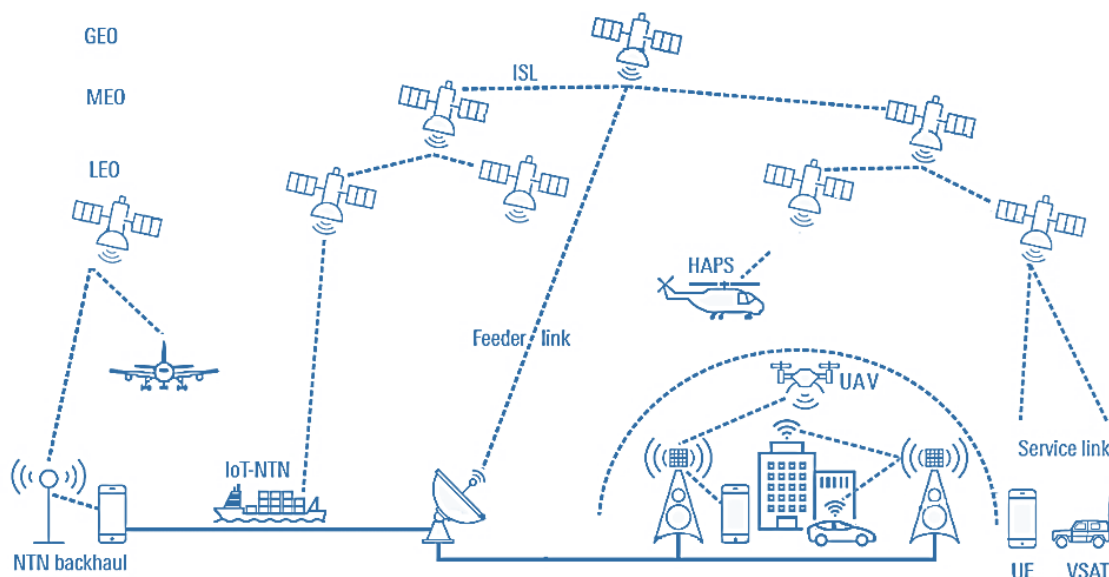


Fig. 1 5G NTN architectural segments [1].

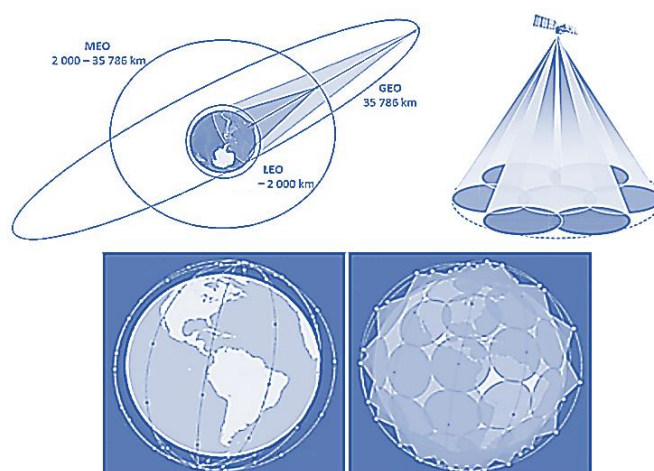


Fig. 2 a) GEO, MEO and LEO orbits and multi-beam satellite systems, b) LEO satellite constellation coverage and footprints.

Ultra-dense, or massive, low Earth orbit (LEO) satellite constellations are based on the deployment of thousands of small satellites to deliver global, low-latency Internet connectivity. While these systems promise ubiquitous coverage, they also introduce significant challenges related to network management, interference coordination, collision avoidance, and dynamic resource allocation. Nevertheless, massive LEO constellations are widely regarded as a critical enabler for the integration of satellite systems with future 5G and 6G networks.

Two types of modes can be distinguished (see also Figure 1.3):

- Transparent mode (bent-pipe payload considering the path from the gateway via spaceborne/airborne platform to the UE). A spaceborne/airborne platform with no on-board processing capabilities that changes the frequency carrier of the received uplink RF signal, filters and amplifies it before transmitting it on the downlink, i.e. the platform corresponds to an analogue RF repeater.
- Regenerative payload (non-transparent mode). A spaceborne/airborne platform that has on top of RF filtering, frequency conversion and amplification also on-board processing capabilities (for demodulation/decoding, switching and/or routing, coding/modulation) so this spaceborne/airborne platform has base station functions on board.

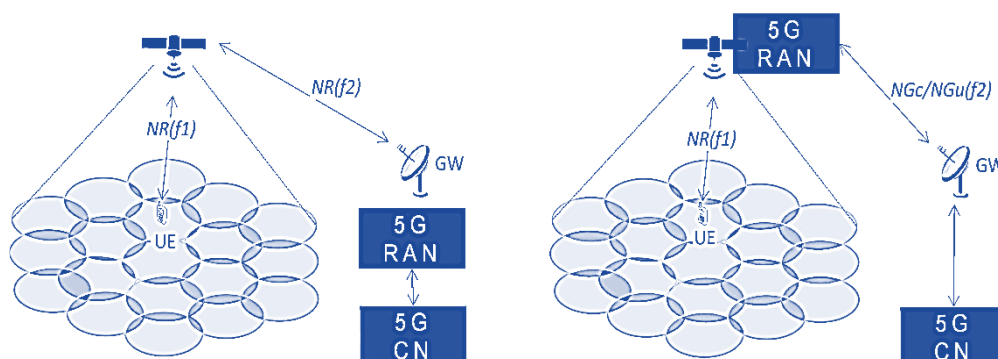


Fig. 3 5G NTN transparent (bent-pipe) vs. regenerative mode (non-transparent) and terrestrial ground station GW (gateway).

The methodological framework is designed to enable a fair, comparable, and repeatable evaluation of performance differences between terrestrial mobile networks and LEO satellite networks from an end-user network perspective [8]. Particular emphasis is placed on end-to-end latency and network path structure under real-world operating conditions.

Connection success probability

The connection success probability of RedCap D2D operating with a 20 MHz bandwidth is notably lower than that of eRedCap, which utilizes a narrower 5 MHz bandwidth. For example, at an elevation angle of $E=10^\circ$ and an orbital altitude of 300 km, the success probabilities are approximately 0.80 for RedCap and 0.85 for eRedCap. As the elevation angle increases, the slant range decreases, leading to reduced path loss and improved link conditions. Consequently, the success probability exceeds 0.95 for both RedCap and eRedCap when $E>30^\circ$. In comparison to the 300 km orbit, satellites operating at 500 km exhibit up to a 3% lower success probability due to the increased propagation distance.

Satellites operating at higher orbital altitudes generally require larger antennas to achieve the necessary gain, which increases payload mass and, consequently, launch costs. Therefore, future research should focus on optimizing the trade-off between antenna gain and orbital altitude to enable efficient and cost-effective RedCap D2D communications.

4. CONCLUDING REMARKS

The integration of terrestrial and non-terrestrial networks is expected to significantly enhance coverage, user throughput, system capacity, service reliability and availability, energy efficiency, and connection density. Owing to their wide-area coverage and the inherent resilience of space- and air-based platforms to physical attacks and natural disasters, NTN are poised to play a critical role in ensuring robust and ubiquitous connectivity:

- enable the rollout of 5G services in unserved regions beyond the reach of terrestrial networks—such as remote or isolated areas, as well as onboard aircraft and vessels—and in underserved areas (e.g., suburban and rural regions), while enhancing the performance of existing terrestrial infrastructure in a cost-effective manner.,
- enhance 5G service reliability by ensuring service continuity for M2M/IoT devices and users on moving platforms—such as passenger vehicles, aircraft, ships, high-speed trains, and buses—while providing ubiquitous availability, particularly for critical applications and future railway, maritime, and aeronautical communications.

REFERENCES

- [1] M.Giordani, M.Zorzi, *Non-terrestrial networks in the 6G era: challenges and opportunities*, IEEE Network, vol.35, pp.244–251, 2020.
- [2] 3GPP TR 38.875, *Study on support of Reduced Capability NR devices*, March 2021.
- [3] 3GPP TR 38.865, *Study on further NR RedCap UE complexity reduction*, Sep. 2022.
- [4] S.N.K.Veedu et al., *Toward smaller and lower-cost 5G devices with longer battery life: An overview of 3GPP release 17 RedCap*, IEEE Commun. Standards Mag., vol. 6, no. 3, pp. 84–90, Sep. 2022.
- [5] S. Moloudi et al., *Coverage evaluation for 5G reduced capability new radio (NR-RedCap)*, IEEE Access, vol. 9, 2021.
- [6] 3GPP TR 38.811, *Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks*, Oct. 2020.
- [7] 3GPP TR 38.108, *Satellite access node radio transmission and reception*, March 2026.
- [8] M.A.Ullah, *3GPP RedCap Non-Terrestrial Networks: Direct-to-Device feasibility study*, IEEE Communications Standards Magazine (early access), 2026.

ISTRAŽIVANJE 5G IOT SATELITSKIH KOMUNIKACIJA: EVALUACIJA 3GPP NTN PERFORMANSI

Dragorad Milovanović

Apstrakt

Evoluirajući tehnički ekosistem NewSpace karakteriše brza tranzicija sa državnih na privatne inicijative, fokusirajući se na smanjenje troškova lansiranja, minijaturizaciju satelita i intenzivnu komercijalizaciju niske Zemljine orbite (LEO). Okruženje se odlikuje agilnim razvojem, lansiranjem velikih konstelacija, kao i sve većom upotrebom AI tehnologija za autonomne operacije u svemiru. Komunikacija direktno sa uređajem (D2D) omogućava direktne veze između kompaktne zemaljske korisničke opreme (UE), kao što su ručni ili IoT uređaji i satelita, bez oslanjanja na zemaljske mreže. Za razliku od tradicionalnih satelitskih sistema, moderni D2D pristupi su dizajnirani da interoperabilno rade sa UE koji su prvobitno optimizovani za zemaljsku povezanost. Tekuća istraživanja u industriji i akademskim krugovima istražuju ulogu masivnih komunikacija mašinskog tipa (mMTC) u omogućavanju D2D usluga, posebno za aplikacije Interneta povezanih objekata (IoT) sa niskom brzinom prenosa podataka. Ovaj rad dodatno proširuje D2D paradigmu uvodeći podršku za 5G uređaje sa smanjenim mogućnostima (RedCap) i njihovom integracijom sa satelitskim sistemima u niskoj Zemljinoj orbiti (LEO). Uprkos inherentnim izazovima kao što je ograničeni kapacitet konekcije, rezultati pokazuju da je D2D RedCap komunikacija tehnički izvodljiva. Konačno, ključni otvoreni izazovi i budući pravci istraživanja su navedeni kako bi se usmerio kontinuirani razvoj u oblasti.

Ključne riječi: 5G, D2D, IoT, RedCap, NTN, LEO

SOCIOLINGVISTIČKE PERSPEKTIVE LEKSEMA VEZANIH ZA SAOBRAĆAJNU TERMINOLOGIJU

Gordana Bursać¹

Apstrakt

Ovaj rad analizira leksički fond vezan za saobraćaj iz perspektive sociolingvistike, sa posebnim fokusom na varijacije u upotrebi među različitim društvenim grupama. Cilj istraživanja jeste da se utvrdi kako faktori kao što su starosna dob, obrazovanje, profesionalna pripadnost i urbani/ruralni kontekst utiču na izbor i značenje saobraćajnih leksema. Analiza obuhvata standardne termine, žargon, anglicizme i regionalizme, uz osvrt na procese jezičkih promena. Rezultati ukazuju na dinamičan odnos između jezika i društva, pri čemu saobraćajna terminologija predstavlja relevantno polje za proučavanje savremenih sociolingvističkih fenomena.

Ključne reči: sociolingvistika, leksika, saobraćaj, jezičke varijacije, žargon, anglicizmi

1. Uvod

Jezik kao društveni fenomen reflektuje promene u društvu, tehnologiji i kulturi. Jedno od posebno zanimljivih polja za sociolingvistička istraživanja jeste leksika vezana za saobraćaj, budući da je saobraćaj integralni deo svakodnevnog života savremenog čoveka. Razvoj tehnologije, globalizacija i urbanizacija doprineli su širenju i transformaciji ovog leksičkog sloja.

Saobraćajne lekseme obuhvataju širok spektar izraza – od formalnih i normiranih termina (npr. „kolovoz“, „raskrsnica“) do neformalnih izraza i žargona („gužva“, „čep“, „uleteo u makazice“). Sociolingvistika omogućava analizu ovih varijacija u kontekstu društvenih faktora.

Cilj ovog rada je da istraži kako društveni kontekst utiče na izbor i upotrebu saobraćajnih leksema, kao i da identifikuje dominantne tendencije u njihovoj upotrebi.

2. Teorijski okvir

2.1 Sociolingvistika i jezička varijacija

Sociolingvistika kao lingvistička disciplina proučava kompleksan odnos između jezika i društva, sa posebnim naglaskom na načine na koje društveni faktori utiču na jezičku upotrebu i strukturu. Polazeći od pretpostavke da je jezik društveno uslovljen fenomen, sociolingvistika analizira kako varijacije u jeziku reflektuju društvene razlike i identitete govornika.

Jedan od ključnih doprinosa ovoj oblasti dao je Labov (1972), koji je pokazao da je jezička varijacija sistematična i predvidiva, a ne slučajna pojava. Prema njegovim istraživanjima, različiti jezički oblici koreliraju sa društvenim kategorijama kao što su klasa, starost, pol i obrazovanje, čime se jezik potvrđuje kao važan indikator društvene strukture.

Jezičke varijacije mogu se klasifikovati u nekoliko osnovnih tipova:

- **Dijalekatske (geografske) varijacije** odnose se na razlike u jeziku koje su uslovljene teritorijalnom pripadnošću govornika. Ove razlike obuhvataju fonološke, morfološke, sintaksičke i leksičke osobenosti karakteristične za određene regione. Kako ističu

¹ Prof.dr Gordana Bursać, Filozofski fakultet, Novi Sad, Srbija, goca_bursac@yahoo.com

Chambers i Trudgill (1998), dijalekti predstavljaju sistemske varijante jezika sa sopstvenim pravilnostima, dok Ivić (1994) naglašava da su u srpskom jeziku ove razlike posebno izražene u leksičkom sloju, uključujući i terminologiju iz svakodnevnih domena kao što je saobraćaj.

Primeri dijalekatskih varijacija u okviru saobraćajne terminologije:

- **Leksičke razlike:**
 - *trotoar* (češće u urbanim sredinama) vs. *pločnik* (zapadni i regionalni govori)
 - *raskrsnica* (standard) vs. *križanje* (u govorima pod uticajem zapadnih varijeteta)
 - *autobus* (standard) vs. *bus* (kolokvijalno, češće u gradovima)
 - *stanica* vs. *stajalište* (regionalna i funkcionalna varijacija)
 - *parking* (urbanije sredine) vs. *parkiralište* (češće u zapadnim krajevima)
- **Fonološke varijacije u saobraćajnim leksemama:**
 - *saobraćaj* vs. *saobraćaj* (razlike u akcentu i izgovoru po regionima)
 - *ulica* vs. *ul'ca* (redukcija vokala u pojedinim dijalektima)
- **Kolokvijalno-regionalni izrazi:**
 - *gužva* (standardno rasprostranjeno) vs. lokalni izrazi poput *krkljanac* (regionalno obeleženi govor)
 - *špic* (urbani centri) vs. opisni izrazi poput *najveća gužva* (češće u manjim sredinama)

Ovi primeri pokazuju da se i unutar jednog specifičnog leksičkog polja, kao što je saobraćaj, jasno uočavaju regionalne razlike koje odražavaju geografski identitet govornika. Dijalekatske varijacije u ovoj oblasti najizraženije su na leksičkom nivou, gde dolazi do paralelne upotrebe više naziva za iste pojmove, u zavisnosti od regiona i govorne zajednice.

- **Socijalne (klasne) varijacije** proističu iz društvene stratifikacije i odnose se na razlike u jeziku među pripadnicima različitih društvenih slojeva. Ove varijacije manifestuju se kroz izbor leksike, izgovor, stil izražavanja i stepen pridržavanja standardnojezičkih normi, te često funkcionišu kao indikator društvenog statusa, obrazovanja i profesionalne pripadnosti govornika. Kako ističe Labov (1972), jezičke varijacije su u snažnoj korelaciji sa društvenom hijerarhijom, pri čemu govornici različitih slojeva sistematski biraju različite jezičke varijante.

U domenu saobraćajne terminologije, socijalne razlike posebno dolaze do izražaja kroz kontrast između formalnog (stručnog i administrativnog) i neformalnog (kolokvijalnog i žargonskog) registra:

- **Razlike između stručnog i svakodnevnog jezika:**
 - *saobraćajna nezgoda* (formalno, administrativno) vs. *sudar* / *čukanje* (kolokvijalno)
 - *upravljanje vozilom* vs. *vožnja*
 - *prekoračenje dozvoljene brzine* vs. *vozi brzo* / *divlja po putu*
 - *regulisanje saobraćaja* vs. *diriguje saobraćajem*

Govornici višeg nivoa obrazovanja ili oni profesionalno vezani za saobraćaj (npr. inženjeri, policija) češće koriste standardizovane i precizne termine, dok govornici iz svakodnevnice komunikacije teže ekonomičnijim i slikovitijim izrazima.

- **Razlike u žargonu i sociolektima:**

- *automobil* vs. *auto* vs. *kola*
- *policajac* vs. *pandur* / *murija*
- *radar za kontrolu brzine* vs. *radar* / *presretač*
- *benzinska stanica* vs. *pumpa*

Upotreba žargona često je povezana sa određenim društvenim grupama, posebno mlađim govornicima i profesionalnim vozačima, kod kojih se razvija specifičan sociolekt.

- **Profesionalno uslovljene varijacije:**

- vozači kamiona: *tura, ruta, istovar, natovar*
- taksisti: *vožnja, start, tarifa, mušterija*
- saobraćajni inženjeri: *kapacitet saobraćajnice, protok vozila, signalni plan*

Ove razlike jasno ukazuju na to da je jezik u funkciji profesionalnog identiteta i da različite grupe razvijaju specifične terminološke sisteme.

- **Razlike povezane sa urbanim stilom i prestižom:**

- *parking* vs. *parkiralište*
- *kružni tok* vs. *rotor* (češće u urbanim i stručnim kontekstima)
- *car sharing* vs. opisni izrazi poput *deljenje vozila*

Upotreba anglicizama i internacionalizama često se dovodi u vezu sa urbanim, obrazovanijim slojevima i može imati funkciju jezičkog prestiža.

- **Eufemizmi i stilističke razlike:**

- *alkoholisan vozač* vs. *pijan vozač*
- *prekršaj u saobraćaju* vs. *napravio problem* / *zabrljao*

Formalni registar teži neutralnosti i preciznosti, dok neformalni često uključuje emocionalno obojene i ekspresivne izraze.

Ovi primeri pokazuju da socijalne varijacije u jeziku nisu samo odraz različitih komunikativnih potreba, već i sredstvo konstruisanja društvenog identiteta. U okviru saobraćajne leksike, razlike između formalnog i neformalnog izraza, kao i između različitih socioekonomskih i profesionalnih grupa, jasno ilustruju kako je jezik integrisan u društvenu strukturu i kako funkcioniše kao marker pripadnosti određenoj društvenoj zajednici.

- **Funkcionalne (stilističke) varijacije** odnose se na promene u jeziku u zavisnosti od komunikativne situacije, svrhe govora i odnosa među učesnicima u komunikaciji. Za razliku od dijalekatskih i socijalnih varijacija, koje su relativno stabilne, funkcionalne varijacije su dinamične i zavise od konteksta u kome se govor ostvaruje. Govornici prilagođavaju svoj jezički izraz prelazeći između različitih registara – od formalnog i stručnog do neformalnog i svakodnevnog. Kako ističe Crystal (2003), izbor jezičkih sredstava u velikoj meri zavisi od komunikativne funkcije, odnosno od toga „ko govori, kome, kada i u koju svrhu“.

U oblasti saobraćajne terminologije, funkcionalne varijacije posebno su izražene kroz razliku između administrativnog, medijskog i svakodnevnog govora:

- **Administrativni i pravni registar:**

- *Učesnik u saobraćaju je dužan da poštuje saobraćajnu signalizaciju.*
- *Došlo je do saobraćajne nezgode sa materijalnom štetom.*
- *Vozač je izvršio prekoračenje dozvoljene brzine kretanja.*

Ovaj registar karakterišu preciznost, formalnost i upotreba standardizovanih termina bez emocionalne obojenosti.

- **Medijski registar:**

- *Dogodio se sudar dva vozila u centru grada.*
- *Velike gužve na autoputu tokom jutarnjeg špica.*
- *Zastoji u saobraćaju zbog radova na putu.*

Medijski jezik predstavlja srednji nivo formalnosti – informativan je, ali prilagođen široj publici, često uz pojednostavljivanje stručnih termina.

- **Svakodnevni (kolokvijalni) govor:**

- *Ogromna gužva, jedva se prolazi.*
- *Napravio se čep na mostu.*
- *Zakucao sam se iza autobusa.*
- *Sve stoji, nema mrdanja.*

Ovaj registar karakterišu ekonomičnost, slikovitost i upotreba metaforičkih izraza.

- **Digitalni i neformalni pisani diskurs (društvene mreže, aplikacije):**

- *Katastrofa na autoputu, totalni kolaps!*
- *Pazite, radar kod mosta!*
- *Gužva nenormalna, birajte alternativu.*

Ovaj tip komunikacije odlikuju skraćenice, emotivno obojeni izrazi i direktnost, često uz izostavljanje gramatičke potpunosti.

- **Razlike u istom pojmu kroz registre:**

- formalno: *saobraćajna nezgoda*
- medijski: *sudar*
- kolokvijalno: *čukanje*
- formalno: *zastoj u saobraćaju*
- medijski: *gužva*
- kolokvijalno: *čep*

Ovi primeri jasno pokazuju kako isti fenomen dobija različite jezičke realizacije u zavisnosti od funkcije i konteksta komunikacije.

Funkcionalne varijacije u saobraćajnoj leksici ukazuju na sposobnost govornika da fleksibilno prilagođavaju jezik situaciji, čime se potvrđuje da je jezička kompetencija neodvojiva od

komunikativne kompetencije. Upravo ova prilagodljivost omogućava efikasnu komunikaciju u različitim društvenim i profesionalnim kontekstima.

Varijacije mogu biti:

- dijalekatske (geografske),
- socijalne (klasne),
- funkcionalne (stilističke).

2.2 Leksika kao sociolingvistički indikator

Leksički izbor često odražava identitet govornika i predstavlja važan indikator njegove društvene, profesionalne i kulturne pripadnosti. Izbor određenih leksema nije slučajna, već je uslovljen nizom sociolingvističkih faktora koji oblikuju način na koji pojedinci koriste jezik u svakodnevnoj komunikaciji (Labov, 1972). Upotreba određenih termina može signalizirati:

- **pripadnost određenoj profesiji,**
- **starosnu grupu,**
- **nivo obrazovanja,**
- **izloženost globalnim uticajima.**

U okviru saobraćajne terminologije, ovi faktori postaju posebno uočljivi, jer ovaj leksički sloj obuhvata kako standardizovani, stručni jezik, tako i širok spektar kolokvijalnih i žargonskih izraza (Bugarski, 2005).

Kada je reč o **profesionalnoj pripadnosti**, stručnjaci iz oblasti saobraćaja (npr. inženjeri, policijski službenici) koriste preciznu i normiranu terminologiju, kao što su: *saobraćajni tok*, *kapacitet raskrsnice*, *horizontalna i vertikalna signalizacija*, *učesnik u saobraćaju*. Nasuprot tome, svakodnevni učesnici u saobraćaju češće koriste pojednostavljene izraze: *gužva*, *čep*, *znakovi*, *put*. Ove razlike ukazuju na to da leksika funkcioniše kao marker stručnog identiteta i pripadnosti određenoj društvenoj grupi (Trudgill, 2000).

Starosna pripadnost takođe utiče na izbor leksema. Mlađi govornici češće koriste skraćene oblike i žargonizme poput *bus*, *auto*, *lik divlja po putu*, kao i izraze pod uticajem digitalne komunikacije (*kolaps u gradu*, *totalni haos*). Stariji govornici skloniji su tradicionalnijim i standardnijim oblicima, poput *autobus*, *automobil*, *zastoj u saobraćaju*. Ove razlike potvrđuju da je jezik važan indikator generacijskog identiteta (Crystal, 2003).

Nivo obrazovanja reflektuje se kroz stepen upotrebe standardnog jezika i terminološke preciznosti. Govornici sa višim obrazovanjem češće će koristiti izraze kao što su *saobraćajna nezgoda*, *prekoračenje brzine*, dok će u neformalnijem govoru biti prisutni izrazi poput *sudar*, *čukanje*, *vozi brzo*. Ove varijacije ukazuju na različite stepene jezičke kompetencije i normativne svesti (Klajn, 2008).

Izloženost globalnim uticajima, posebno kroz medije i digitalne platforme, doprinosi širenju anglicizama u saobraćajnoj leksici. Tako se u urbanim sredinama sve češće koriste izrazi poput *parking*, *car sharing*, *rent-a-car*, umesto domaćih ekvivalenata (*parkiralište*, *deljenje vozila*). Ovaj proces je u skladu sa teorijama jezičkog kontakta i globalizacije (Filipović, 1986; Crystal, 2003).

Saobraćajna terminologija je posebno pogodna za sociolingvističku analizu jer se nalazi na preseku formalnog i neformalnog jezika. U administrativnim i stručnim kontekstima dominira standardizovana terminologija (*saobraćajna nezgoda*, *regulisanje saobraćaja*), dok se u svakodnevnoj komunikaciji razvija bogat sloj žargona i metaforičkih izraza (*čep*, *špic*, *kolaps*). Upravo ova dvoslojnost omogućava uvid u to kako govornici prilagođavaju svoj jezik različitim društvenim situacijama i kako kroz leksički izbor konstruišu i izražavaju sopstveni identitet.

3. Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja

Istraživanje je sprovedeno primenom kombinovanog metodološkog pristupa, koji obuhvata kvantitativne i kvalitativne metode, sa ciljem što sveobuhvatnijeg sagledavanja sociolingvističkih aspekata saobraćajne leksike. Korišćenje više metoda omogućilo je triangulaciju podataka i povećanje pouzdanosti rezultata.

Primarne metode istraživanja uključivale su:

- **analizu korpusa**, koja je obuhvatila medijske tekstove, objave na internet forumima i sadržaj sa društvenih mreža. Ovaj deo istraživanja omogućio je uvid u autentičnu upotrebu saobraćajnih leksema u različitim komunikativnim kontekstima – od formalnih (novinarski stil) do izrazito neformalnih (digitalna komunikacija). Posebna pažnja posvećena je frekvenciji pojavljivanja određenih izraza, kao i njihovim funkcionalnim i stilskim varijacijama;
- **anketiranje ispitanika**, koje je sprovedeno putem strukturisanog upitnika. Upitnik je sadržao pitanja zatvorenog i otvorenog tipa, sa ciljem da se ispita izbor leksema u različitim situacijama (npr. opis saobraćajne nezgode, svakodnevna komunikacija u vožnji, reagovanje na gužvu u saobraćaju). Na ovaj način prikupljeni su podaci o jezičkim preferencijama ispitanika;
- **kvalitativnu analizu diskursa**, koja je omogućila dublje razumevanje načina na koji se saobraćajne lekseme koriste u kontekstu, uključujući njihovu pragmatičku funkciju, stilsku obojenost i ulogu u konstruisanju identiteta govornika.

Uzorak ispitanika obuhvatao je ukupno **60 učesnika**, čime je obezbeđena osnovna reprezentativnost za potrebe ovog istraživanja. Struktura uzorka bila je sledeća:

- ispitanici **različitih starosnih grupa** (od 18 do 65 godina), što je omogućilo analizu generacijskih razlika u leksičkom izboru;
- ispitanici **različitog obrazovnog nivoa** (srednje, više i visoko obrazovanje), radi ispitivanja uticaja obrazovanja na upotrebu standardne i nestandardne leksike;
- ispitanici iz **urbanih i ruralnih sredina**, kako bi se utvrdile razlike u jezičkoj upotrebi u zavisnosti od sociogeografskog konteksta.

U analizi su izdvojene četiri osnovne kategorije leksema:

1. **standardni termini** – normirani izrazi karakteristični za administrativni i stručni jezik (npr. *saobraćajna nezgoda*, *raskrsnica*, *saobraćajna signalizacija*);
2. **žargonizmi** – neformalni i kolokvijalni izrazi koji dominiraju u svakodnevnoj komunikaciji (npr. *čep*, *gužva*, *čukanje*, *špic*);
3. **anglicizmi** – pozajmljenice iz engleskog jezika koje su ušle u saobraćajni leksički fond pod uticajem globalizacije (npr. *parking*, *car sharing*, *rent-a-car*);
4. **regionalizmi** – leksičke varijante uslovljene geografskim faktorima (npr. *pločnik* vs. *trotoar*, *stanica* vs. *stajalište*).

Ovakva klasifikacija omogućila je sistematsku analizu varijacija u saobraćajnoj leksici i njihovo povezivanje sa sociolingvističkim faktorima kao što su starost, obrazovanje i društveni kontekst. Kombinacijom kvantitativnih i kvalitativnih pristupa obezbeđen je sveobuhvatan uvid u funkcionalnost i rasprostranjenost analiziranih leksema.

4. Analiza saobraćajnih leksema

4.1 Standardna leksika

Standardna saobraćajna terminologija obuhvata normirane izraze koji su deo zvaničnog jezičkog sistema i koriste se u institucionalnim, administrativnim i obrazovnim kontekstima. Ovi termini odlikuju se preciznošću, jednoznačnošću i usklađenošću sa normama standardnog jezika. Među tipičnim primerima izdvajaju se:

- *saobraćajnica*
- *kolovoz*
- *pešački prelaz*
- *saobraćajna signalizacija*

Ovakvi izrazi dominantni su u:

- administrativnim i pravnim dokumentima (zakoni, pravilnici),
- obrazovnim materijalima (udžbenici, stručna literatura),
- medijskom izveštavanju u formalnijem registru.

Njihova osnovna funkcija jeste precizno definisanje pojmova i izbegavanje dvosmislenosti, što je posebno važno u regulisanju saobraćaja i bezbednosti učesnika. Međutim, uprkos svojoj normativnoj stabilnosti, njihova upotreba u svakodnevnom govoru je ograničena. Govornici u neformalnim situacijama često izbegavaju složenije ili formalnije izraze i zamenjuju ih jednostavnijim i ekonomičnijim oblicima.

Ova pojava ukazuje na jasnu razliku između standardnog jezika kao normativnog sistema i jezika u upotrebi, što je u skladu sa sociolingvističkim shvatanjem o postojanju različitih funkcionalnih registara.

4.2 Žargon i kolokvijalni izrazi

U svakodnevnoj komunikaciji dominiraju neformalni izrazi koji pripadaju žargonskom i kolokvijalnom sloju jezika. Ovi izrazi karakterišu spontanost, ekonomičnost i često izražena slikovitost. Najčešći primeri uključuju:

- *gužva*
- *čep*
- *špic*
- *uleteti u makazice*

Za razliku od standardne terminologije, žargonizmi često imaju metaforički karakter. Na primer, izraz *čep* prenosi značenje blokade kroz vizuelnu analogiju, dok *špic* označava vremenski period najveće frekvencije saobraćaja. Ovakvi izrazi omogućavaju brzu i efikasnu komunikaciju, posebno u situacijama koje zahtevaju neposrednu reakciju.

Pored toga, žargon ima i važnu socijalnu funkciju, jer doprinosi identifikaciji govornika sa određenom grupom (npr. vozači, mlađa populacija). Upotreba izraza poput *uleteti u makazice* ili *zaglaviti se u čepu* signalizira pripadnost zajednici učesnika u saobraćaju koji dele slična iskustva.

Generacijske razlike su takođe izražene u ovom domenu. Mlađe generacije češće koriste inovativne, često hiperbolične izraze (*totalni kaos*, *kolaps u gradu*), dok stariji govornici

preferiraju stabilnije i tradicionalnije oblike (*gužva, zastoј*). Time se potvrđuje da je žargon dinamičan sloj jezika podložan brzim promenama.

4.3 Anglicizmi u saobraćajnoj leksici

Uticaj globalizacije i intenzivnog jezičkog kontakta doveo je do značajnog porasta anglicizama u saobraćajnoj terminologiji. Ovi izrazi najčešće ulaze u jezik putem medija, tehnologije i međunarodne komunikacije. Tipični primeri uključuju:

- *parking*
- *kruzing*
- *rent-a-car*
- *car sharing*

Anglicizmi se često koriste paralelno sa domaćim terminima, što dovodi do pojave leksičke konkurencije, kao u slučaju *parking* naspram *parkiralište*. U većini slučajeva, anglicizmi se percipiraju kao kraći, praktičniji i savremeniji, što doprinosi njihovoj široj upotrebi.

Upotreba ovih leksema posebno je izražena kod:

- mlađih govornika,
- urbanog stanovništva,
- korisnika digitalnih platformi i savremenih tehnologija.

Pored funkcionalne uloge, anglicizmi imaju i simboličku dimenziju, jer često signaliziraju pripadnost modernom, globalizovanom društvu. Njihova upotreba može biti i marker prestiža, naročito u urbanim sredinama.

Ipak, paralelna upotreba domaćih i stranih izraza ukazuje na proces adaptacije i integracije pozajmljenica u jezički sistem, pri čemu se vremenom može uspostaviti stabilniji odnos između konkurentskih oblika.

4.4 Regionalne varijacije

Regionalne varijacije u saobraćajnoj leksici predstavljaju važan aspekt jezičke raznolikosti i odražavaju istorijske, kulturne i kontaktne uticaje. Razlike u terminologiji mogu se uočiti u paralelnoj upotrebi različitih leksema za iste pojmove, kao što su:

- *semafor* vs. *svetlosni signal*
- *trotoar* vs. *pločnik*
- *stanica* vs. *stajalište*

Ove varijacije često su uslovljene geografskim položajem, ali i uticajem drugih standardnih jezika i kulturnih kontakata. Na primer, upotreba izraza *pločnik* može biti češća u određenim zapadnim regionima, dok je *trotoar* karakterističniji za urbane sredine pod uticajem internacionalne terminologije.

Regionalizmi u saobraćajnoj leksici imaju važnu ulogu u očuvanju lokalnog identiteta, ali istovremeno koegzistiraju sa standardnim jezikom. U formalnim kontekstima govornici će češće koristiti standardne izraze, dok se u neformalnoj komunikaciji regionalne varijante održavaju i prenose.

Ova paralelna upotreba standardnih i regionalnih oblika potvrđuje da je jezik složen i višeslojan sistem u kojem se prepliću normativni i varijabilni elementi.

Tabela 1. Klasifikacija saobraćajnih leksema prema tipu

Kategorija	Primeri leksema	Karakteristike
Standardni termini	saobraćajnica, kolovoz, raskrsnica, signalizacija, pešački prelaz	formalni, normirani, precizni
Žargonizmi	gužva, čep, špic, čukanje, kaos, makazice	neformalni, ekspresivni, metaforični
Anglicizmi	parking, rent-a-car, car sharing, kruzing	globalni uticaj, modernost
Regionalizmi	pločnik, stajalište, rotor, pumpa	lokalno obeleženi, varijabilni

Tabela 2. Funkcionalna upotreba leksema u različitim kontekstima

Komunikativni kontekst	Primer izraza (standardni)	Primer izraza (kolokvijalni)
Administrativni	saobraćajna nezgoda	—
Medijski	sudar vozila	—
Svakodnevni govor	—	čukanje
Administrativni	zastoj u saobraćaju	—
Medijski	gužva	—
Svakodnevni govor	—	čep

Tabela 3. Sociolingvistički faktori i izbor leksema

Faktor	Tipični izrazi	Tendencije u upotrebi
Starosna dob (mladi)	kaos, kolaps, parking, bus	inovativnost, anglicizmi, žargon
Starosna dob (stariji)	gužva, zastoj, parkiralište	standardniji izrazi
Visoko obrazovanje	saobraćajna nezgoda, regulisanje saobraćaja	preciznost, standard
Niže obrazovanje	čukanje, pumpa, pandur	kolokvijalnost
Urbano okruženje	parking, špic, kolaps	globalni uticaji
Ruralno okruženje	pločnik, stajalište, gužva	tradicionalni izrazi

Tabela 4. Primeri leksičke konkurencije (standard vs. nestandard)

Standardni izraz	Alternativni (kolokvijalni / strani)	Napomena
parkiralište	parking	anglicizam, češći u urbanim sredinama
saobraćajna nezgoda	sudar / čukanje	stilistička razlika
zastoj u saobraćaju	gužva / čep	metaforički izrazi
benzinska stanica	pumpa	kolokvijalizam
pešački prelaz	zebra	žargon/metafora

Tabela 5. Distribucija leksema prema rezultatima istraživanja

Kategorija	Procenat (%)	Primeri
Žargonizmi	42%	čep, gužva, haos
Standardni termini	31%	raskrsnica, signalizacija
Anglicizmi	17%	parking, car sharing
Regionalizmi	10%	pločnik, stajalište

5. Sociolingvistički faktori

5.1 Starosna dob

Starosna dob predstavlja jedan od ključnih faktora koji utiču na jezičku varijaciju, posebno u domenu leksičkog izbora. Rezultati istraživanja pokazuju da mlađi i stariji govornici koriste različite tipove leksema, što odražava generacijske razlike u jezičkim navikama i izloženosti različitim uticajima.

Mlađi govornici (18–30 godina):

- češće koriste anglicizme: *parking, car sharing, rent-a-car*;
- skloniji su inovativnim i ekspresivnim izrazima: *kolaps, totalni haos, ludnica u saobraćaju*;
- koriste skraćene i kolokvijalne oblike: *auto, bus, lik divlja po putu, zaglavio sam se*.

Njihov jezički izraz karakteriše brzina, ekonomičnost i uticaj digitalne komunikacije, pri čemu izrazi često imaju emocionalnu ili evaluativnu funkciju.

Stariji govornici (51–65 godina):

- preferiraju standardne i tradicionalne izraze: *zastoj u saobraćaju, saobraćajna nezgoda, parkiralište*;
- ređe koriste anglicizme;
- češće koriste neutralne izraze: *gužva, sudar, vožnja*.

Ove razlike ukazuju na to da mlađi govornici prednjače u jezičkim inovacijama, dok stariji pokazuju veću stabilnost i oslanjanje na normirane oblike.

5.2 Obrazovanje

Nivo obrazovanja značajno utiče na izbor i upotrebu saobraćajnih leksema, posebno u pogledu razlikovanja između standardnog i nestandardnog jezika.

Govornici sa **višim nivoom obrazovanja**:

- češće koriste standardne termine: *saobraćajna signalizacija, regulisanje saobraćaja, ograničenje brzine*;
- prave jasnu razliku između formalnog i neformalnog registra;
- u formalnim situacijama koriste precizne izraze: *prekoračenje dozvoljene brzine, učesnik u saobraćaju*.

Govornici sa **nižim ili srednjim nivoom obrazovanja**:

- češće koriste kolokvijalne izraze: *čukanje, pumpa, pandur*;
- koriste pojednostavljene strukture: *vozi brzo, napravio kaos na putu*;
- manje razlikuju formalni i neformalni stil.

Važno je naglasiti da upotreba žargona ne predstavlja nužno „manjak znanja“, već funkcionalnu prilagodbu svakodnevnoj komunikaciji.

5.3 Profesionalna pripadnost

Profesionalna pripadnost snažno utiče na izbor leksike, jer različite profesije razvijaju specifične terminološke sisteme.

Stručnjaci iz oblasti saobraćaja (inženjeri, policija):

- koriste precizne i tehničke termine: *protok vozila, kapacitet saobraćajnice, horizontalna signalizacija, regulisanje saobraćaja*;
- koriste administrativni stil: *došlo je do saobraćajne nezgode, izvršeno je zaustavljanje vozila*.

Profesionalni vozači (taksisti, kamiondžije):

- koriste specifičan žargon: *tura, ruta, istovar, čekanje na granici, radar, presretač*;
- skraćuju izraze: *pumpa* (benzinska stanica), *auto-put* → *put*.

Svakodnevni učesnici u saobraćaju:

- koriste opšti kolokvijalni leksikon: *gužva, čep, špic, zakucati se, uleteti u makazice*;
- često koriste metaforičke izraze: *nabio mi se na branik, iseče me u traci*.

Ove razlike potvrđuju da je leksika direktno povezana sa profesionalnim iskustvom i potrebama komunikacije.

5.4 Urbani vs. ruralni kontekst

Sociogeografski faktor, odnosno razlika između urbanih i ruralnih sredina, značajno utiče na upotrebu saobraćajne leksike.

U urbanim sredinama:

- izraženija je upotreba anglicizama: *parking, car sharing, drive-in*;
- češći su urbani žargonizmi: *špic, kolaps, gužva u centru*;
- brže se usvajaju novi izrazi i trendovi;
- češće se koristi skraćeni i dinamičan govor: *katastrofa na autoputu, totalni haos*.

U ruralnim sredinama:

- očuvani su tradicionalni izrazi: *parkiralište, stajalište, pločnik*;
- češće se koriste neutralni izrazi: *gužva, put, stanica*;
- sporije se prihvataju anglicizmi i novi izrazi;
- komunikacija je manje pod uticajem digitalnih i globalnih trendova.

Na primer:

- urbano: „*Nema parkinga, totalni kolaps u špicu*“
- ruralno: „*Nema mesta da se parkira, velika gužva*“

Ove razlike ukazuju na to da urbane sredine predstavljaju centre jezičkih inovacija, dok ruralne sredine imaju važnu ulogu u očuvanju tradicionalnih jezičkih oblika.

Završna napomena

Analiza sociolingvističkih faktora pokazuje da je saobraćajna leksika snažno uslovljena društvenim kontekstom i da varijacije u jeziku nisu slučajne, već sistemski povezane sa identitetom govornika. Starosna dob, obrazovanje, profesija i okruženje zajedno oblikuju način na koji se jezik koristi, čime se potvrđuje osnovna teza sociolingvistike o neraskidivoj vezi između jezika i društva.

5. Diskusija

Rezultati istraživanja potvrđuju osnovne postavke sociolingvistike o sistemskoj povezanosti jezika i društvenih faktora (Labov, 1972; Trudgill, 2000), pri čemu se saobraćajna leksika pokazuje kao izuzetno pogodno polje za analizu ovih odnosa. Dobijeni podaci ukazuju na jasno profilisane obrasce jezičke varijacije koji se mogu dovesti u direktnu vezu sa starosnom dobi, obrazovanjem, profesionalnim okruženjem i tipom sredine.

Dominacija **žargonizama (42%)** u ukupnoj upotrebi leksema ukazuje na to da svakodnevna komunikacija u oblasti saobraćaja teži ekonomičnosti, ekspresivnosti i pragmatičnosti. Izrazi poput *čep, gužva* i *haos* omogućavaju brzu i efikasnu razmenu informacija, ali istovremeno nose i emocionalnu i evaluativnu komponentu. Ova tendencija može se tumačiti u skladu sa funkcionalnim pristupom jeziku (Crystal, 2003), prema kojem govornici biraju jezička sredstva koja najbolje odgovaraju komunikativnoj situaciji.

S druge strane, značajna zastupljenost **standardnih termina (31%)** potvrđuje da institucionalni i obrazovni sistemi i dalje imaju snažan uticaj na jezičku praksu. Upotreba izraza kao što su *saobraćajna nezgoda* ili *regulisanje saobraćaja* posebno je izražena u formalnim kontekstima, što ukazuje na postojanje jasne funkcionalne podele između registara. Ova pojava u skladu je sa

teorijama o stilističkoj varijaciji, koje naglašavaju sposobnost govornika da prilagode jezik komunikativnom okruženju.

Generacijske razlike dodatno potvrđuju dinamičnost jezičkog sistema. Mlađi ispitanici (18–30 godina) pokazuju izraženu sklonost ka žargonu i anglicizmima (*kolaps, totalni kaos, parking*), što se može dovesti u vezu sa njihovom većom izloženošću digitalnim medijima i globalnim kulturnim uticajima (Crystal, 2003). Nasuprot tome, stariji ispitanici češće koriste standardne i tradicionalne izraze, što ukazuje na veću stabilnost i normativnu orijentaciju u njihovom jezičkom ponašanju. Ovi nalazi potvrđuju da je jezik važan marker generacijskog identiteta.

Uticaj **obrazovanja** posebno je vidljiv u razlikama između standardnog i nestandardnog izraza. Ispitanici sa višim obrazovanjem češće koriste preciznu terminologiju i pokazuju veću sposobnost stilske prebacivanja između formalnog i neformalnog registra. Ovo ukazuje na razvijeniju jezičku kompetenciju i veću svest o normama standardnog jezika (Klajn, 2008). Istovremeno, veća zastupljenost žargona kod ispitanika sa srednjim i nižim nivoom obrazovanja ne treba posmatrati kao deficit, već kao funkcionalnu adaptaciju jezika svakodnevnim komunikativnim potrebama.

Razlike između **urbanih i ruralnih sredina** dodatno osvetljavaju sociolingvističku složenost saobraćajne leksike. Urbanim sredinama karakteristična je veća upotreba anglicizama i inovativnih izraza (*parking, špic, kolaps*), što ukazuje na intenzivniji kontakt sa globalnim jezičkim tokovima. Ruralne sredine, s druge strane, pokazuju veću sklonost ka očuvanju standardnih termina i regionalizama (*pločnik, stajalište*), što potvrđuje njihovu relativnu jezičku stabilnost. Ovi nalazi u skladu su sa teorijama jezičkog kontakta i difuzije inovacija (Filipović, 1986).

Posebno značajan nalaz odnosi se na **funkcionalnu varijaciju**, odnosno sposobnost govornika da menjaju jezički izraz u zavisnosti od konteksta. Visok procenat upotrebe standardnih termina u formalnim situacijama (68%) naspram dominacije žargona u neformalnoj komunikaciji (72%) jasno pokazuje da govornici poseduju razvijenu pragmatičku kompetenciju. Na primer, ista osoba koristi izraz *saobraćajna nezgoda* u formalnom kontekstu, dok u svakodnevnom govoru preferira *čukanje*. Ova fleksibilnost potvrđuje da je jezik dinamičan sistem koji se prilagođava komunikativnim potrebama.

Konačno, prisustvo **anglicizama (17%)** ukazuje na značajan uticaj globalizacije. Njihova upotreba nije samo posledica jezičkog kontakta, već i sredstvo izražavanja modernog i urbanog identiteta. U tom smislu, izrazi poput *car sharing* ili *rent-a-car* imaju i simboličku funkciju, jer signaliziraju pripadnost globalizovanom društvu.

Sveukupno, rezultati istraživanja pokazuju da saobraćajna leksika funkcioniše kao složen sociolingvistički sistem u kojem se prepliću različiti tipovi varijacija – dijalekatske, socijalne i funkcionalne – čime se potvrđuje njena relevantnost za šira lingvistička istraživanja.

Zaključak

Ovaj rad imao je za cilj da ispita saobraćajnu leksiku iz perspektive sociolingvistike, sa posebnim fokusom na uticaj društvenih faktora na jezičku varijaciju. Rezultati istraživanja pokazali su da je leksički izbor u ovoj oblasti snažno uslovljen starosnom dobi, nivoom obrazovanja, profesionalnom pripadnošću i sociogeografskim kontekstom.

Utvrđeno je da u svakodnevnoj komunikaciji dominiraju žargonizmi, koji omogućavaju brzu i efikasnu razmenu informacija, dok standardna terminologija zadržava svoju funkciju u formalnim i institucionalnim kontekstima. Anglicizmi se izdvajaju kao pokazatelj uticaja globalizacije, posebno u urbanim sredinama i među mlađim govornicima, dok regionalizmi svedoče o očuvanju lokalnih jezičkih identiteta.

Posebno značajan zaključak odnosi se na funkcionalnu prilagodljivost govornika, koji uspešno prelaze između različitih registara u zavisnosti od komunikativne situacije. Time se potvrđuje da je jezička kompetencija neodvojiva od društvenog i pragmatičkog konteksta.

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da saobraćajna leksika predstavlja relevantno i plodno polje za sociolingvistička istraživanja, jer omogućava uvid u savremene jezičke procese, uključujući standardizaciju, globalizaciju i razvoj žargona.

Dalja istraživanja mogla bi se usmeriti na:

- analizu digitalnog diskursa (npr. navigacione aplikacije i društvene mreže),
- longitudinalna istraživanja jezičkih promena,
- komparativne analize sa drugim jezicima i kulturnim kontekstima.

Na taj način dodatno bi se osvetlila dinamika odnosa između jezika i društva u savremenim komunikativnim praksama.

LITERATURA

1. Labov, W. (1972). *Sociolinguistic Patterns*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
2. Trudgill, P. (2000). *Sociolinguistics: An Introduction to Language and Society*. London: Penguin.
3. Crystal, D. (2003). *English as a Global Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
4. Bugarski, R. (2005). *Jezik i kultura*. Beograd: Biblioteka XX vek.
5. Klajn, I. (2008). *Tvorba reči u savremenom srpskom jeziku*. Beograd: Zavod za udžbenike.
6. Filipović, R. (1986). *Teorija jezika u kontaktu*. Zagreb: JAZU.

Abstract

This paper analyzes the traffic-related lexical stock from a **sociolinguistic perspective**, with a specific focus on variations in usage among different social groups. The aim of the research is to determine how factors such as age, education, professional affiliation, and urban/rural contexts influence the choice and meaning of **traffic lexemes**. The analysis encompasses standard terms, jargon, anglicisms, and regionalisms, while reflecting on the processes of linguistic change. The results indicate a dynamic relationship between language and society, where traffic terminology serves as a relevant field for studying contemporary sociolinguistic phenomena.

Keywords: sociolinguistics, lexis, traffic, linguistic variations, jargon, anglicisms

PREVENTION AND MAINTENANCE OF FIRE PROTECTION SYSTEMS IN GAS TURBINE ENGINES

Milica Gerasimović, PhD, Dragana Velimirović, PhD¹

Snežana Bećirić, M.Sc.²

Abstract Gas turbine engines represent critical propulsion systems in both aviation and industrial applications. Their operation under high-temperature and high-pressure conditions significantly increases the risk of fire occurrence. Consequently, fire protection systems play a vital role in ensuring operational safety and reliability. This paper examines the importance of preventive measures and maintenance practices associated with these systems, with particular emphasis on their role in mitigating fire risk.

The study outlines the fundamental design characteristics of gas turbine engines and reviews modern fire detection and suppression systems, with a focus on preventive strategies, routine maintenance, inspection procedures, and system testing. Special consideration is given to contemporary maintenance approaches, including condition-based and predictive maintenance supported by advanced diagnostic systems.

The findings indicate that systematic maintenance and effective prevention strategies substantially enhance system safety, operational reliability, and the overall development of modern transport systems.

Keywords: gas turbine engines; fire protection systems; preventive maintenance; predictive maintenance; safety; inspection; fire detection

Introduction

Gas turbine engines constitute one of the most significant technological systems in modern aviation and industry, owing to their high efficiency and favorable power-to-weight ratio. Their applications range from aircraft propulsion systems (airplanes and helicopters) to power generation plants, marine propulsion systems, and various industrial facilities. A common characteristic of these systems is operation under extreme conditions, including high temperatures, pressures, and rotational speeds, which enable high performance but simultaneously introduce substantial operational risks, particularly the risk of fire (Rolls-Royce plc, 2016).

In this context, safety considerations have become as important as performance requirements, especially in modern transport systems where high levels of reliability and operational safety are essential.

One of the primary safety concerns in gas turbine engines is the occurrence of fire. Engine environments combine multiple risk factors, including flammable fuels, lubricating oils, high-temperature components, electrical systems, and significant mechanical vibrations. Even minor irregularities—such as fuel or oil leakage onto hot surfaces—may lead to rapid fire initiation and escalation, posing serious threats to both the system and its surroundings (Boeing, 2018).

¹ Academy of Applied Studies Polytechnic, Serbia

² Institute for Improvement of Education, Belgrade Serbia

To address these risks, gas turbine engines are equipped with dedicated fire detection and suppression systems designed to operate reliably under all operating conditions—from engine start-up and normal operating conditions to overload and emergency scenarios. These systems are developed in accordance with certification standards established by EASA and FAA (EASA, 2020; FAA, 2018). However, their reliability depends not only on design quality but also on proper and timely maintenance throughout the operational lifecycle.

Inadequate maintenance may reduce the sensitivity of detection elements, delay system response, or cause false alarms, thereby compromising overall system safety. Accordingly, modern safety strategies increasingly rely on advanced diagnostic techniques and predictive maintenance approaches, enabling early fault detection, reducing operational risk, and improving system reliability (Jardine et al., 2006).

Therefore, strengthening preventive maintenance and condition monitoring practices for fire protection systems represents a key factor in enhancing the safety and efficiency of modern transport systems, particularly within the framework of intelligent transport systems.

2. Methodology

The aim of this paper is to analyze the importance of prevention and proper maintenance of fire protection systems in gas turbine engines, with particular emphasis on their role in ensuring the safety and reliability of aircraft operation. The paper aims to identify key factors affecting the efficiency of fire protection systems, as well as to highlight the importance of regular control procedures, inspections, and implementation of preventive measures to reduce the risk of fire occurrence and development.

Additionally, the paper examines modern maintenance approaches, including preventive and predictive maintenance, and their application in improving safety and integration with modern aircraft systems.

A qualitative approach was applied, based on the analysis of available professional and scientific literature in the fields of gas turbine systems, fire protection, and maintenance of technical systems. The methodology includes descriptive and analytical processing of relevant sources, as well as systematization of existing knowledge to identify key problems and best practices in prevention and maintenance of fire protection systems.

A comparative approach is also used to analyze different maintenance methods and preventive measures, with the aim of determining their advantages and limitations. Special attention is given to the role of modern diagnostic and monitoring systems in improving safety and reliability of gas turbine engine operation.

3. Design Characteristics of Gas Turbine Engines

Gas turbine engines in aviation represent a complex technical system designed to enable efficient combustion, compression, expansion, and gas flow control for the purpose of generating thrust or power. Structurally, a gas turbine engine typically consists of an intake section, compressor, combustion chamber, turbine, exhaust section, auxiliary systems, and supporting equipment (Rolls-Royce plc, 2016) (Figure 1).

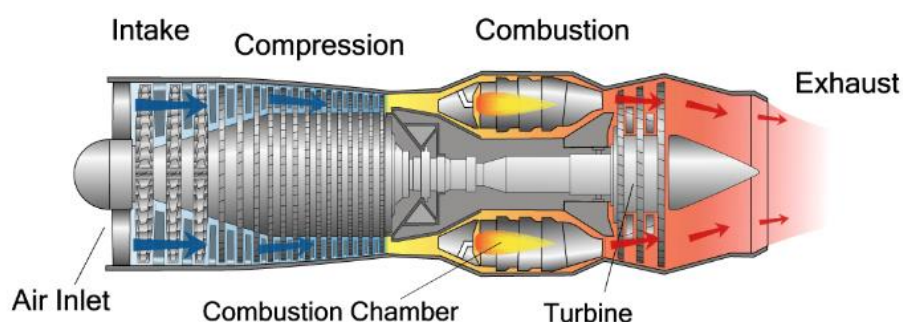


Figure 1 Design of Gas Turbine Engines

The engine is installed in an elongated cylindrical casing equipped with external panels and covers that provide access during maintenance. The intake section directs air toward the compressor and must ensure minimal resistance, stable flow, and protection from turbulence, foreign objects, and ice. The compressor is one of the most complex components of the engine and in modern designs is primarily axial, although centrifugal or combined configurations may also be used. It consists of multiple stages, each comprising rotating blades and stationary guide vanes.

The combustion chamber is located downstream of the compressor and typically has an elongated cylindrical shape, often configured as multiple can-type chambers or a single annular chamber. It is a structurally critical component due to high thermal loads. Immediately downstream is the turbine, which has a staged construction similar to the compressor. Its function is to convert the energy of hot gases into mechanical work to drive the compressor and other engine systems. Turbine blades must be manufactured from materials capable of withstanding extremely high temperatures and mechanical stresses.

The exhaust section ensures proper direction and control of exhaust gases while minimizing energy losses, but it is also exposed to significant thermal loading. In addition to these primary components, gas turbine engines include auxiliary systems such as fuel, lubrication, electrical and control systems, cooling systems, and protective panels. In this regard, critical components such as the combustion chamber and turbine operate under extreme thermal stress and therefore represent zones with an increased risk of fire (Boyce, 2012).

Certain parts of the engine, particularly the combustion chamber, turbine, and fuel systems, represent high-risk zones for fire occurrence, requiring appropriate detection and protection systems.

4. Fire Protection Systems in Gas Turbine Engines

Gas turbine engines operate under conditions of high temperatures, vibrations, and the presence of flammable fluids. Fire protection systems in aircraft gas turbine engines play a crucial role. Their task is to detect overheating or fire in critical engine zones in a timely manner, in accordance with aviation standards and certification regulations (EASA, 2020).

In aviation, continuous temperature detection systems are most commonly used, while smoke detectors play a secondary role and are primarily applied in cabin and cargo areas. (FAA, 2018).

a. Continuous Fire Detection Systems

Modern gas turbine engines use systems capable of detecting fire or overheating along the entire engine length. The most common systems include Kidde, Fenwal, and Systron Donner systems, used in accordance with industry standards and aviation regulations (EASA, 2020).

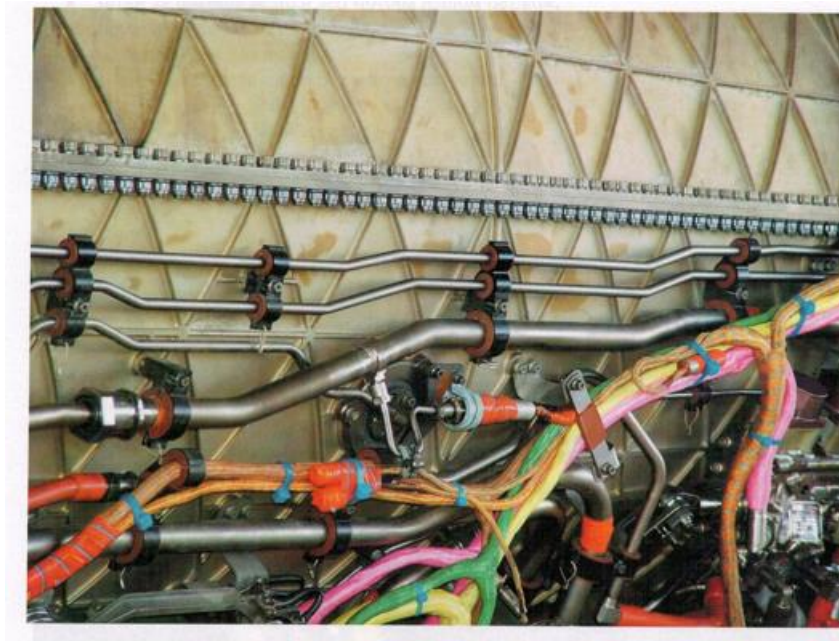


Figure 2. Part of a continuous fire detection system

The basic design feature of these systems is one or more detection loops placed around critical engine components. (Figure 2).

One of the most widely used detection systems in passenger aircraft is the gas-filled capillary detector (Systron Donner). This system is simple and highly reliable. It consists of a flexible metal tube filled with an inert gas, usually helium. When the temperature rises, gas pressure increases, which is detected by a sensor, triggering a FIRE or OVERHEAT signal in the cockpit (Rolls-Royce plc, 2016). Its advantages include high reliability under vibration and the ability to cover large engine areas with a single detection loop.

b. Smoke Detectors

Smoke detectors are most commonly used in passenger cabins and cargo compartments. Due to specific engine conditions such as strong airflow, high temperatures, and vibrations, they are not the primary solution for fire detection in gas turbine engines (FAA, 2018).

Ionization detectors operate by ionizing air within a small chamber; the presence of smoke changes ion flow and triggers a signal. Optical (photoelectric) detectors use a light sensor; smoke interrupts the light beam and activates the signal. Linear smoke detectors are installed along large areas and measure reduced light transmission over distance.

Their effectiveness largely depends on proper maintenance, regular testing, and sensor calibration (EASA, 2020).

5. Maintenance of Fire Protection Systems

The reliable operation of fire protection systems in gas turbine engines directly depends on proper and regular maintenance during operation, in accordance with manufacturer recommendations and aviation standards (FAA, 2018). Although these systems are designed to operate under extremely demanding conditions, their efficiency may be reduced due to wear, damage, or malfunction of components.

Prevention represents the most important component of gas turbine engine safety. The most common causes of fire, such as fuel or oil leakage, overheating, and electrical failures, can be largely controlled through the application of appropriate preventive measures, regular maintenance, and proper operational procedures (Rolls-Royce plc, 2016). In this regard, preventive activities include proper handling of fuel and oil, regular inspection and timely replacement of seals, pipelines, and electrical wiring, as well as continuous monitoring of key engine operating parameters such as exhaust gas temperature (EGT), pressure, and vibration levels. Pre-flight and takeoff inspection procedures are of particular importance, as they further reduce the risk of in-service malfunctions.

Maintenance of fire protection systems includes a set of planned activities aimed at preserving and improving system functionality. In practice, three main maintenance approaches are distinguished: preventive, corrective, and predictive maintenance, in accordance with modern aviation engineering practices (EASA, 2020). Preventive maintenance involves scheduled inspections and component replacement at predefined time intervals, regardless of their current condition, with the aim of preventing failures. Corrective maintenance is performed after a detected malfunction and involves restoring the system to proper operating condition. Predictive maintenance represents a modern approach based on real-time condition monitoring and data analysis, enabling timely intervention and prevention of potential system failures.

Inspection procedures and regular controls play a particularly important role and include multiple levels of system verification. Pre-flight inspections include checking the integrity of pipelines, fire suppression bottles, nozzles, and sensors, while routine maintenance intervals involve functional testing of the system and replacement of components in accordance with manufacturer recommendations. Visual inspections allow the identification of damage, corrosion, and mechanical deformation, while functional inspections include testing of detection and signaling elements under controlled conditions.

One of the key procedures is the fire detection system test using the so-called “FIRE test” function, which verifies the correctness of system signaling and response under simulated fire conditions. In addition, it is necessary to check detection loop continuity, sensor functionality, and control unit operation, as well as the condition of the fire extinguishing system, including bottle pressure and activation mechanisms.

Effective maintenance also requires proper technical documentation, including records of all inspections, tests, and interventions (FAA, 2018). Such documentation enables tracking of system history and serves as a basis for planning future maintenance activities. Furthermore, maintenance of fire protection systems requires qualified and trained technical personnel with knowledge of specific procedures and safety requirements.

In modern operational environments, automated monitoring and diagnostic systems play an increasingly important role, enabling continuous monitoring of operating parameters and early warning of potential irregularities. The integration of such systems with intelligent transport

system concepts contributes to increased safety levels, reduced fire risk, and improved overall reliability of gas turbine engines.

Conclusion

Gas turbine engines are complex and highly loaded systems that involve numerous risk factors, particularly the possibility of fire. Therefore, fire protection systems play a crucial role in ensuring safety, reliability, and operational continuity, especially in aviation where even minor failures can have serious consequences.

The paper highlights the importance of proper design and application of fire detection and extinguishing systems under extreme conditions. Special emphasis is placed on modern continuous detection systems that enable timely identification of overheating and potential fires.

However, technical solutions alone are insufficient without proper maintenance and preventive measures. Regular maintenance, inspections, and proper system handling are essential for maintaining functionality and efficiency. Preventive activities are particularly important in identifying and eliminating causes such as leaks, overheating, and electrical faults.

Modern maintenance approaches, including predictive maintenance and advanced diagnostics, further improve reliability and safety. Their integration with intelligent transport systems represents an important direction for future development.

In conclusion, effective prevention and proper maintenance of fire protection systems play a decisive role in reducing risks and improving overall safety of gas turbine engines. Further technological development and improvement of maintenance procedures are key to achieving higher levels of safety and reliability in modern transport systems.

References

1. Boeing. (2018). *Aircraft fire protection systems*. Boeing Commercial Airplanes.
2. Boyce, M. P. (2012). *Gas turbine engineering handbook* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
3. EASA. (2020). *Certification specifications for engines (CS-E)*. European Union Aviation Safety Agency.
4. FAA. (2018). *Aircraft fire protection handbook*. Federal Aviation Administration.
5. Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
6. Rolls-Royce. (2016). *Gas Turbine Engines – Maintenance and Safety Manual*. Rolls-Royce plc.

PREVENCIJA I ODRŽAVANJE SISTEMA ZAŠTITE OD POŽARA U GASOTURBINSKIM MOTORIMA

dr Milica Gerasimović, PhD, dr Dragana Velimirović,³
mr Snežana Bećirić⁴

Apstrakt

Gasoturbinski motori predstavljaju ključne pogonske sisteme u vazduhoplovstvu i industriji, čiji rad u uslovima visokih temperatura i pritisaka povećava rizik od nastanka požara. Zbog toga sistemi zaštite od požara imaju značajnu ulogu u omogućavanju bezbednog i pouzdanog rada. U radu je analiziran značaj prevencije i održavanja ovih sistema, sa posebnim osvrtom na njihovu ulogu u smanjenju rizika od požara.

Prikazane su osnovne konstruktivne karakteristike gasoturbinskih motora i savremeni sistemi za detekciju i gašenje požara, uz naglasak na preventivne mere, redovno održavanje, kontrolne procedure i inspekcije. Posebno su razmotreni savremeni pristupi održavanju, uključujući prediktivne metode i dijagnostičke sisteme.

Rezultati ukazuju da pravilno održavanje i prevencija značajno doprinose povećanju bezbednosti i pouzdanosti, kao i razvoju savremenih transportnih sistema.

Ključne reči: gasoturbinski motori, zaštita od požara, prevencija, održavanje, bezbednost, inspekcije, detekcija požara

³ Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd Srbija

⁴ Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd Srbija

AKTIVNOSTI I UTICAJ AUTO-MOTO DRUŠTVA “TESLIĆ” TESLIĆ, NA POVEĆANJE STEPENA BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA GRADA TESLIĆ

Mr Mladen Klječanin¹

Doc dr Gordana Blagojević²

SAŽETAK

Tokom rada izvršeno je predstavljanje pravnog subjekta pod nazivom Auto-moto društvo “Teslić” iz Teslića, koje svoje poslovanje, svoje djelatnosti, ciljeve i zadatke, zasniva prvenstveno na povećanju kako bezbjednosti saobraćaja tako i svih učesnika u saobraćaju. Dio svoga poslovanja zasniva na obavljanju preventivnih aktivnosti iz oblasti bezbjednosti saobraćaja, koje se ogledaju u radu počev od djece vrtičkog uzrasta, učenika osnovnih i srednjih škola, kandidata za vozače motornih vozila pa do sprovođenja preventivnih aktivnosti sa vozačima motornih vozila, redovne i preventivne kontrole motornih vozila. Sve preventivne aktivnosti, izvode se u saradnji sa Auto-moto savezom Republike Srpske, Ministarstvom unutrašnjih poslova Republike Srpske, Policijske stanice Teslić, Gradskom upravom Teslić, i dr. pravnim subjektima.

Tradicijom dugom više od 50 godina, utičemo na povećanje stepena bezbjednosti u saobraćaju i kroz svoje aktivnosti ukazujemo nadležnim organizacijama o mogućnostima poboljšanja bezbjednosti saobraćaja na području grada Teslić.

KLJUČNE RIJEČI

Bezbjednost u saobraćaju, drumski saobraćaj, preventivne aktivnosti u saobraćaju, rad sa učenicima osnovnih i srednjih škola, auto škola

UVOD

Auto-moto društvo “Teslić” Teslić, ili skraćeno AMD Teslić, posluje u sastavu Auto-moto saveza Republike Srpske (skraćeno AMS RS) i kao takav, svoje poslovanje dijelom zasniva na planu i programu Auto-moto saveza Republike Srpske.

Auto-moto društvo Teslić iz Teslića je dobrovoljno, interesno, nezavisno i vanstranačko udruženje automobilista, motociklista i drugih građana, radi zadovoljavanja ličnih i zajedničkih potreba i interesa u oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja, auto-moto i karting sporta, turizma, obrazovanja, privrednih i drugih djelatnosti.

AMD okuplja građane i sportske organizacije u oblasti auto-moto i karting sporta i za njih organizuje tehničku, pravnu, preventivno-bezbjedonosnu i drugu pomoć, štiti interese članova putem uticaja na saobraćajnu politiku, politiku cijena, zaštitu životne sredine i donošenje propisa iz ovih oblasti od interesa za članove.

Od samoga osnivanja AMD Teslić, ogromnom željom i zalaganjem zaposlenih radnika i vjerom da mogu uticati i doprinijeti povećanju stepena bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju, izgradili su temelje i formirali pravno lice koje je i dan danas nezaobilazni faktor na području grada Teslić. Prateći razvoj tehnologije, mogu se pohvaliti i slobodno reći da pored svih preventivnih aktivnosti koje sprovode, AMD Teslić posjeduje u svome sastavu jednu od savremenijih i najbolje opremljenih auto škola, te stanicu tehničkog pregleda sa jednom od najnovijih oprema.

¹ Mr Mladen Klječanin, Auto-moto društvo “Teslić” Teslić, email: mladenk89@yahoo.com

² Doc dr Gordana Blagojević, Saobraćajna i Elektro škola Doboj, email: blagojevicaleksic@yahoo.com

CILJEVI, ZADACI I DJELATNOST

AMD okuplja građane i sportske organizacije u oblasti auto-moto i karting sporta i za njih organizuje tehničku, pravnu, preventivno-bezbjedonosnu i druge pomoći, štiti interese članova putem uticaja na saobraćajnu politiku, politiku cijena, zaštitu životne sredine i donošenje propisa iz ovih oblasti od interesa za članove.

U svom radu AMD ostvaruje ciljeve i zadatke radi kojih je osnovan, a naročito:

- okuplja automobiliste, motocikliste i druge građane u članstvo AMD i razvija aktivnosti koje doprinose omasovljavanju udruženja,
- prati stanje i problematiku u oblasti bezbjednosti saobraćaja na putevima i predlaže nadležnim organima i ustanovama preduzimanje određenih preventivnih mjera,
- preduzimanje preventivnih mjera za unapređenje bezbjednosti saobraćaja, u saradnji sa AMS RS, nadležnim organima i institucijama,
- širenje saobraćajno-tehničke kulture učesnika u saobraćaju, a naročito saobraćajno-vaspitanog obrazovanja djece i omladine,
- razvoj i unapređenje auto-moto i karting sporta, auto-moto turizma i kamping turizma,
- informisanje članova i drugih učesnika u saobraćaju o svim pitanjima od njihovog interesa,
- razvijanje međusobne saradnje, solidarnosti i uzajamnosti među članovima i ostalim učenicima u saobraćaju,
- pružanje usluga članovima i ostalim učesnicima u saobraćaju na javnim putevima u prevozu oštećenih putničkih motornih vozila, pomoći na putu i opravci motornih vozila i davanje informacija o stanju na putevima,
- vrši obuku kandidata za vozače motornih vozila,
- organizuje osposobljavanje i usavršavanje kandidata za vozače instruktore,
- organizuje, razvija i unapređuje službe i djelatnosti koje doprinose ostvarivanju
 - ciljeva i zadataka AMD i AMS RS,
- obavljanje poslova javnih ovlaštenja i ovlaštenja na način utvrđen ugovorom
 - sa AMS RS,
- zaštita životne sredine,
- obavljanje srodnih privrednih djelatnosti kojima se kompletiraju usluge članovima i drugim učesnicima u saobraćaju.
- vrši kontrolu tehničke ispravnosti motornih vozila,
- pružanje usluga pranja, održavanja i popravke motornih vozila.



Slika 1. Izgled poslovne zgrade AMD Teslić

USLUGE KOJE TRENUTNO PRUŽA AMD TESLIĆ:

- Izdavanje međunarodnih vozačkih dokumenata,
- Pružanje pomoći na putu,
- Učlanjivanje vozača u članstvo AMS RS,
- Pružanje informacija o stanju na putevima u RS,
- Sprovođenje preventivnih aktivnosti iz oblasti bezbjednosti saobraćaja,
- Obuka kandidata za vozače motornih vozila,
- Tehnički pregled i registracija vozila

1. IZDAVANJE MEĐUNARODNIH VOZAČKIH DOKUMENATA

AMD Teslić, na osnovu članstva u Auto-moto savezu Republike Srpske i Zakonom o ovlašćenjima AMS RS, vrši izdavanje međunarodnih vozačkih dokumenata tj međunarodne vozačke dozvole i dozvole za upravljanje tuđim motornim vozilom koje prelazi granice BiH.

2. PRUŽANJE POMOĆI NA PUTU:

AMD Teslić, obavlja poslove i zadatke pružanja tehničke pomoći tokom 24h, svim motorizovanim učesnicima u saobraćaju.

Usluga pomoći na putu ogleda se kroz besplatno uklanjanja vozila registrovanih u Republici Srpskoj u kvaru sa puteva i javnih površina u Republici Srpskoj do 50km, prevoz vozila u slučaju kvara (na osnovu članstva AMS RS) ili uklanjanja havarisnih vozila koja su učestvovala u saobraćajnim nezgodama, radioničke usluge i sl.



Slika 2, Aktivnosti izvlačenja vozila posle SN, Teslić

3. UČLANJIVANJE VOZAČA U ČLANSTVO AMS RS

Auto-moto savez Republike Srpske zastupa interese članova prilikom ostvarivanja članskih prava na teritoriji Republike Srpske, operativno pokriva cijelu teritoriju BiH, a za svoje članove pruža usluge na teritoriji cijele Evrope.

Svojim članovima nudi mogućnost učlanjenja u okviru članskih paketa:

- **Evrostar premijum članskog paketa**, koji je namijenjen svim našim članovima koji putuju izvan granica BiH,
- **Ekstra članskog paketa**, koji je namijenjen svim pravnim i fizičkim licima koji svoja članska prava ostvaruju unutar granica BiH.

4. PRUŽANJE INFORMACIJA O STANJU NA PUTEVIMA U RS

AMD Teslić, preko Informativno - dispečerskog centra AMS RS obavještava učesnike u saobraćaju o svim neophodnim informacijama vezanim za saobraćaj.

Informativno - dispečerski centar AMS RS oformljen je zbog centralizovanja poziva i davanja informacija o stanju na putevima, te poziva za pomoć na putu i njihovim daljnjim prosljeđivanjem prema AMD-a na teritoriji Republike Srpske, kako bi vozačima na najkraći vremenski mogući način bila ukazana adekvatna pomoć (prevoz havarisanog vozila ili popravak).

Centar je svakodnevno, redovno u toku 24 sata u svom radu stajao na raspolaganju korisnicima usluga, odnosno:

- primao pozive za pomoć i organizovao pomoć na putu;
- obavljao poslove na prikupljanju podataka o vremenskim uslovima i stanju prohodnosti puteva, ograničenja i zabrana u saobraćaju;
- davao podatke građanima na upite tražene putem telefona iz fonda podataka;
- vršio informisanje javnosti o stanju prohodnosti puteva, ograničenjima i zabranama u saobraćaju na javnim putevima.

Plasiranje informacija javnosti o stanju prohodnosti puteva, ograničenja i zabrana u saobraćaju na javnim putevima vršeno je putem fono-izvještaja i pisanim putem, odnosno putem telefonskog faksa i internet mreže.

Iz ovog centra vršeno je informisanje o stanju na putevima u RS, BiH, Srbiji, Crnoj Gori i Hrvatskoj, kao i javnosti u Srbiji i Crnoj Gori putem njihovih radio-stanica i pisanih medija (dnevnik listova).

5. OBRAZOVNO - PREVENTIVNE AKTIVNOSTI REALIZOVANE U PERIODU JANUAR – DECEMBAR 2025. GODINE

AMD Teslić je preventivne i obrazovne aktivnosti u oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja u toku 2025. godine realizovali su na osnovu Plana preventivnih i obrazovnih aktivnosti AMS RS.

Sve preventivne i obrazovne aktivnosti koje su provedene u toku 2025. godine realizovane su u okviru pet osnovnih oblasti djelovanja:

- upravljanje bezbjednošću saobraćaja,
- bezbjedniji putevi i kretanja,
- bezbjednija vozila,
- bezbjedniji učesnici u saobraćaju i
- zbrinjavanje nakon saobraćajne nezgode.

Auto-moto savez Republike Srpske i auto-moto društva su, zajedno sa ostalim subjektima bezbjednosti saobraćaja, učestvovali u provođenju sljedećih aktivnosti:

- Preventivna kampanja „Lako je alkohol odbiti!“ (januar, decembar);
- Preventivna aktivnost „Budi vidljiv, ne budi figura!“ (februar);
- Preventivna aktivnost „Osvjetlaj obraz, domaćine! Označi traktor žutim rotacionim svjetlom.“ (mart);
- Preventivna kampanja „Lako je pojas vezati!“ (april);
- Upotreba sigurnosnih pojaseva na području Republike Srpske u toku 2025. godine – rezultati

mjerjenja;

- Preventivna aktivnost „Zvoni da te vide! Neka blista biciklista!“ (april);
- Preventivna aktivnost „Retro je in! Vozi naprijed, pogledaj nazad!“ (maj);
- Preventivna kampanja „Lako je brzinu smanjiti.“ (od juna do avgusta);
- Preventivna aktivnost „Vozači, škola je za nas, oprez je za vas“ (septembar);
- Preventivna aktivnost „Parkiraj pametno, parkiraj propisno“ (decembar);
- Saobraćajno-obrazovno takmičenje učenika osnovnih škola Republike Srpske „Djeca u saobraćaju 2025.“: – regionalno (april) – republičko (juni);
- Učešće AMS RS u „Konkursu za najbolje likovne i literarne radove na temu iz oblasti bezbjednosti saobraćaja“- izbor najboljih radova i dodjela nagrada autorima (februar-april);
- Preventivna aktivnost „Školske saobraćajne patrole“ (maj, oktobar);
- Učešće AMS RS i AMD u obilježavanju međunarodne manifestacije „Evropska sedmica mobilnosti“ (septembar);
- Učešće AMS RS i AMD u obilježavanju „Svjetskog dana sjećanja na žrtve saobraćajnih nezgoda“ (novembar);
- Učešće AMS RS i AMD u manifestaciji „Dani otvorenih vrata MUP RS“;
- Učešće AMS RS i AMD na svečanom defileu povodom obilježavanja Dana Republike Srpske;
- Preventivna kontrola tehničke ispravnosti vozila „Putuj bezbjedno na odmor 2025“ – (juni, juli);
- Aktivnost pripreme vozila za zimske uslove vožnje „Bezbjedna vožnja u zimskim uslovima“ (novembar, decembar).



Slika 3, djelovanje službi pomoći, posle nastanka SN



Slika 4, djelovanje službi pomoći, posle nastanka SN



Slika 5, Demonstracija upotrebe pijanih naočala



Slika 6, Izgled poligona, praktičnog dijela ispita "Djeca u saobraćaju"



Slika 7 i 8, Polaganje praktičnog dijela ispita “Djeca u saobraćaju”



Slika 9, Polaganje teoretskog dijela ispita “Djeca u saobraćaju”



Slika 10, Rad sa vrtićkim grupama, Vrtić Palčić Teslić



Slika 11 и 12, Polaganje ispita školske saobraćajne patrola



Slika 13, Preventivna aktivnost, Bezbjedna vožnja u zimskim uslovima

6. OBUKA KANDIDATA ZA VOZAČE MOTORNIH VOZILA,

Na osnovu Rješenja Ministarstva prosvjete i kulture RS, auto škola AMD Teslić, dobila je saglasnost o ispunjavanju uslova za rad iz oblasti:

- Teoretskog dijela obuke – “Poznavanja propisa iz bezbjednosti saobraćaja na putevima”,



Slika 14, Izgled učionice za teorijski dio ispita

- Praktičnog dijela obuke – “Osposobljavanje iz upravljanja motornim vozilom za kategorije: A, B, C, CE, D i potkategorije: C1, C1E.



Slika 15, Vozila za praktični dio obuke

7. TEHNIČKI PREGLED I REGISTRACIJA VOZILA

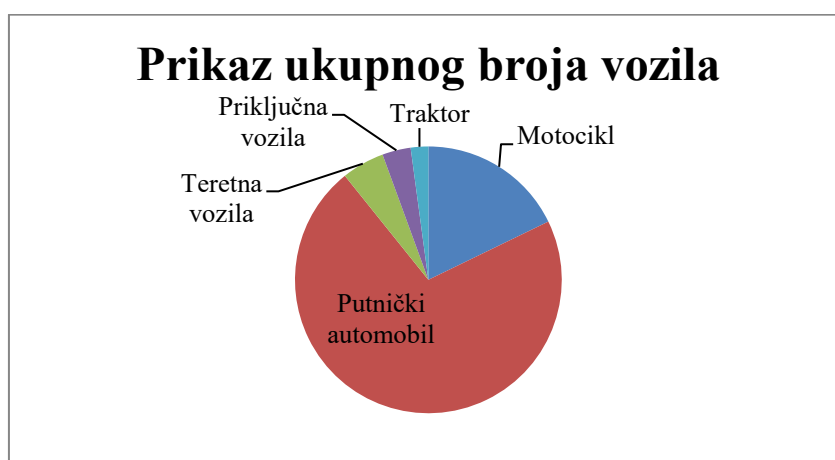
Imali smo cilj, imali smo viziju. Cilj i želja je bila, poboljšati kvalitet usluga koje pruža AMD Teslić, svim korisnicima naših usluga. Pokušati na najbolji način, uticati na svijest vozača, kako bi se poboljšao stepen ispravnog održavanja motornih vozila.

AMD Teslić je dana 15.11.2024 godine, u svome sastavu pustila u rad Stanicu tehničkog pregleda (skraćeno STP) vozila. Stanica je namjenjena za provjeru ispravnosti motocikla, putničkih automobila, lakih teretnih vozila, priključnih vozila O1 i O2, traktora i radnih mašina do 3,5t.

STP pored redovnih i vanrednih tehničkih pregleda veliki trud ulaže na besplatne preventivne tehničke preglede, a sve kako bi učesnicima u saobraćaju ukazali na određene

nedostatke, te uticali na povećanje stepena ispravnih vozila. Tabelarnim prikazom, iskazan je broj pregeledanih vozila u toku 2025. godine:

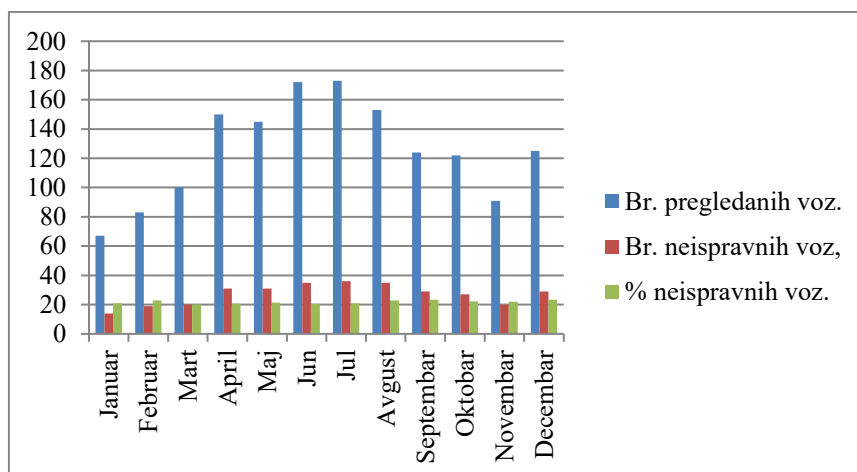
Redni broj	Kategorija vozila	Količina
1	Motocikl	268
2	Putnički automobil	1075
3	Teretna vozila	78
4	Priključna vozila	52
5	Traktor	32
	UKUPAN BR. VOZILA	1505



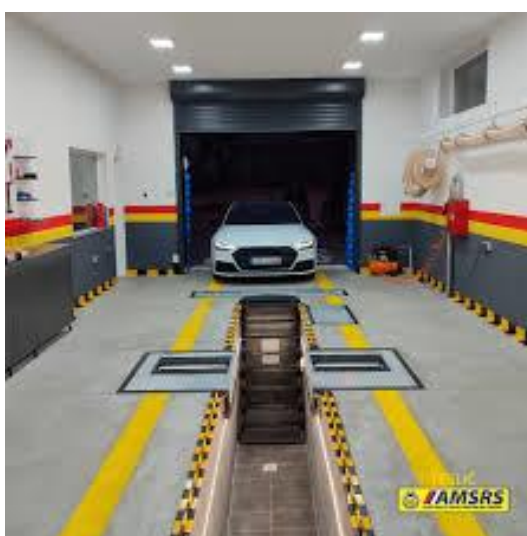
Dijagram 1, Prikaz ukupnog broja vozila STP AMD Teslić

Tabelarnim prikazom, iskazan je broj neispravnih vozila u toku 2025. godine:

Redni broj	Mjesec u godini	Br. pregledanih voz.	Br. neispravnih voz,	% neispravnih voz.
1	Januar	67	14	20,90
2	Februar	83	19	22,89
3	Mart	100	20	20,00
4	April	150	31	20,67
5	Maj	145	31	21,38
6	Jun	172	35	20,35
7	Jul	173	36	20,81
8	Avgust	153	35	22,88
9	Septembar	124	29	23,39
10	Oktobar	122	27	22,13
11	Novembar	91	20	21,98
12	Decembar	125	29	23,20
	UKUPNO:	1505	326	21,66



Dijagram 2, Prikaz ukupnog broja neispravnih vozila STP AMD Teslić



Slika 16 i 17, Izgled STP AMD Teslić

LITERATURA

1. Izvor AMD Teslić,
2. Izvor AMS RS,
3. Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH,
4. Pravilnik o tehničkim pregledima vozila,
5. Pravilnik o saobraćaju u zimskim uslovima,
6. Pravilnik o registraciji vozila.

ACTIVITIES AND IMPACT OF THE AUTO-MOTO ASSOCIATION “TESLIĆ” TESLIĆ ON INCREASING THE LEVEL OF TRAFFIC SAFETY IN THE CITY OF TESLIĆ

ABSTRACT

During the work, a presentation was made of the legal entity called the Auto-moto Association “Teslić” from Teslić, which bases its operations, activities, goals, and tasks primarily on increasing both traffic safety and the safety of all participants in traffic. Part of its work is based on carrying out preventive activities in the field of traffic safety, which include work starting from preschool children, primary and secondary school students, candidates for motor vehicle drivers, as well as conducting preventive activities with drivers of motor vehicles, including regular and preventive vehicle inspections.

All preventive activities are carried out in cooperation with the Auto-moto Association of the Republic of Srpska, the Ministry of Interior of the Republic of Srpska, the Police Station Teslić, the City Administration of Teslić, and other legal entities.

With a tradition longer than 50 years, it contributes to increasing the level of traffic safety, and through its activities points out to the relevant organizations the possibilities for improving traffic safety in the area of the city of Teslić.

KEY WORDS

Traffic safety, road traffic, preventive activities in traffic, work with primary and secondary school students driving school, vehicle technical inspection.

OPTIMIZACIJA VAZDUHOPLOVNE NAVIGACIJE U MISIJAMA TRAGANJA I SPASAVANJA (SAR): REGULATIVNI OKVIR ICAO ANEKSA 12 I IZAZOVI UPRAVLJANJA KRIZNIM SITUACIJAMA

Nataša Stevanović¹,
Tatjana Dolžan-Milisavljević²,
Vojkan Dimitrijević³,

Rezime: Misije traganja i spasavanja (Search and Rescue – SAR) predstavljaju jedan od najkritičnijih segmenata vazduhoplovne bezbednosti, gde brzina i preciznost lociranja vazduhoplova u nevolji direktno utiču na stopu preživljavanja. Ovaj rad istražuje optimizaciju vazduhoplovne navigacije u SAR operacijama kroz integraciju radio-goniometrije, radio-predajnik za otkrivanje pozicije u slučaju nužde (ELT) i satelitske mreže COSPAS-SARSAT, uz poštovanje regulatornog okvira definisanog ICAO Aneksom 12. Cilj rada je da analizira navigacione tehnologije, sagleda izazove upravljanja kriznim situacijama (vremenski pritisak, terenske prepreke, komunikacioni prekidi) i evaluira pravne obaveze država prema Aneksu 12. Metodologija obuhvata normativnu analizu propisa, pregled literature, komparativnu analizu tehnologija i studije slučaja (AF447 i MH370). Rezultati pokazuju da su prelazak na ELT 406 MHz i MEOSAR segment smanjili vreme detekcije sa nekoliko sati na manje od 5 minuta, ali i da organizacioni faktori (jasnoća komandne strukture, koordinacija RCC, obuka) često imaju presudniji uticaj od tehnologije. Regulatorni okvir Aneksa 12 pruža solidan temelj, ali zahteva jače mehanizme nadzora i harmonizaciju na nacionalnom nivou. Zaključak daje preporuke za unapređenje SAR sistema kroz tehnološke inovacije, integraciju SMS principa i jačanje međunarodne saradnje.

Cljučne reči: traganje i spasavanje (SAR), ICAO Aneks 12, radio-predajnik za otkrivanje pozicije u slučaju nužde (ELT), COSPAS-SARSAT, upravljanje kriznim situacijama

UVOD

Traganje i spasavanje (engl. Search and Rescue – SAR) predstavlja jedan od najkritičnijih segmenata vazduhoplovne bezbednosti. Operacija traganja i spasavanja podrazumeva akciju za pronalaženje osoba u nevolji, pružanje njihovih početnih medicinskih ili drugih potreba i njihovo prebacivanje na sigurno mesto [21]. Brzina lociranja vazduhoplova u nevolji direktno utiče na stopu preživljavanja putnika i posade [7].

Vazduhoplovne nesreće često se događaju u nepredvidivim okruženjima (planinski predeli, otvoreno more ili nepovoljni meteorološki uslovi) i često su praćene otkazima sistema na vazduhoplovu koji se traži. Misije traganja i spasavanja spadaju u najsloženije segmente civilnog vazduhoplovstva jer zahtevaju koordinaciju između tehnologije, ljudskog faktora i regulative. Efikasnost ovih operacija direktno zavisi od tri međusobno isprepletena faktora: preciznosti navigacionih sistema koji omogućavaju lociranje vazduhoplova ili brodova u nevolji, sposobnosti upravljanja kriznim situacijama u realnom vremenu i pravnog okvira koji definiše nadležnosti,

¹ Nataša Stevanović, dipl. inž. saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, nstevanovic@politehnika.edu.rs

² Tatjana Dolžan-Milisavljević, master inženjer saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, tdmilisavljevic@politehnika.edu.rs

³ Vojkan mr Dimitrijević, magistar tehničkih nauka, predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Amrozić 3, Beograd, R.Srbija, vdimitrijevic@politehnika.edu.rs

procedure i standarde, i omogućava neometanu prekograničnu saradnju. Neusklađenost bilo kojeg od ovih elemenata može biti presudna za ishod misije [3].

Savremeni razvoj tehnologije, posebno uvođenje globalnih navigacionih satelitskih sistema (engl. *Global Navigation Satellite System* - GNSS), radio-predajnika za otkrivanje pozicije u slučaju nužde (engl. *Emergency Locator Transmitter* - ELT) i sistema COSPAS-SARSAT, radikalno je promenio paradigmu SAR operacija. Međutim, i pored svih prednosti, i dalje postoje značajni izazovi vezani za pouzdanost opreme u ekstremnim uslovima, interoperabilnost sistema različitih država i praznine u regulatornom okviru.

Cilj ovog rada je da istraži kako se primenom savremenih radio-navigacionih metoda, principa upravljanja kriznim situacijama i striktnim poštovanjem međunarodnih propisa mogu unaprediti navigacioni postupci u SAR misijama, u cilju minimiziranja vremena traganja i maksimiziranja stope preživljavanja. Ovaj problem je posebno aktuelan u svetlu velikih avionskih nesreća poput leta *Air France* AF447 (2009) i *Malaysia Airlines* MH370 (2014), gde su tradicionalni sistemi lociranja pokazali ozbiljna ograničenja [5].

2. REGULATORNI OKVIR ORGANIZACIJE SLUŽBE TRAGANJA I SPASAVANJA

ICAO Aneks 12 (Traganje i spasavanje), donesen na osnovu Čikaške konvencije [ICAO Doc 7300; 11], prvi put je usvojen od strane Saveta ICAO 25. maja 1950. godine i do sada je doživio više revizija (trenutno 9. izdanje iz jula 2024. godine). Aneks 12 predstavlja primarni međunarodni instrument u oblasti vazduhoplovnog traganja i spasavanja i definiše međunarodne standarde i preporučene prakse (engl. *Standards and Recommended Practices* - SARPs). Struktura Aneksa uključuje odredbe koje se primenjuju na uspostavljanje, održavanje i rad službi traganja i spasavanja od strane država potpisnica na njihovim teritorijama i iznad otvorenog mora, kao i poglavlja o organizaciji, saradnji, pripremnim merama i operativnim procedurama [21].

Aneks 12 definiše nekoliko ključnih pravnih principa:

- Pravo na spasavanje – vazduhoplov u nevolji ima pravo da bude spašen.
- Obaveza pružanja pomoći – države su dužne da odgovore na signale za pomoć vazduhoplovima u opasnosti, bez obzira na nacionalnost vazduhoplova ili lica koja se u njemu nalaze.
- Nadležnost i odgovornost – definisanje ko je odgovoran za koordinaciju operacija.

Pravni aspekt uključuje obavezu država da dozvole ulazak spasilačkih jedinica drugih država na svoju teritoriju uz koordinaciju sa spasilačkim koordinacionim centrom (RCC), što je ključno za „bešavne” (engl. *seamless*) operacije na granicama [23].

Ključni elementi organizacije službe traganja i spasavanja, prema Aneksu 12, su:

- Služba traganja i spasavanja (engl. *Search and Rescue Service* – SAR) – služba koja obezbeđuje usluge 24 časa, 7 dana u nedelji (24/7) na teritorijama država potpisnica i međunarodnim vodama.
- Region traganja i spasavanja (engl. *Search and Rescue Regions* – SRR) – podela vazdušnog prostora na regione, koji se često podudaraju sa oblastima informisanja u letu (engl. *Flight Information Region* - FIR) [19].
- Spasilački koordinacioni centar (engl. *Rescue Coordination Centre* - RCC) – operativna jedinica odgovorna za efikasnu organizaciju SAR službe unutar SRR, koja prima informacije o vanrednim situacijama i pokreće resurse.

- Spasilački podcentri (engl. *Rescue Sub-Centres* - RSC) – jedinice podređene RCC, uspostavljene radi efikasnijeg pokrivanja određenih područja.
- Operativna sredstva SAR službe– specijalno opremljene jedinice i osoblje spremno za hitno reagovanje.

Pravna obaveza država potpisnica Čikaške konvencije proteže se i na:

- razvoj i primenu nacionalnog plana SAR usklađenog sa Međunarodnom organizacijom civilnog vazduhoplovstva (engl. *International Civil Aviation Organization* – ICAO) i Međunarodnim vazduhoplovnim i pomorskim priručnicima za traganje i spasavanje (engl. *International Aeronautical and Maritime SAR* - IAMSAR) [17];
- saradnju sa susednim državama radi koordinacije prekograničnih operacija, čime se olakšava prelazak spasilačkih jedinica preko nacionalnih granica – što je česta prepreka u realnim operacijama [23];
- koordinaciju SAR operacija u okviru FIR-a, kao i integraciju službi vazdušnog saobraćaja (engl. *Air Traffic Services* - ATS) sa SAR sistemima [19];
- sprovođenje obuke osoblja radi obezbeđivanja adekvatne pripremljenosti [20].

Na nivou Evropske unije (engl. *European Union* – EU), regulatorni okvir za SAR operacije dopunjen je odredbama Uredbe (EU) 2018/1139 (zajednička pravila za civilno vazduhoplovstvo) i Uredbe (EU) 2017/373 (pružanje usluga u vazdušnoj plovidbi), koje zajedno sa Aneksom 11 i Aneksom 12 čine koherentan normativni okvir [8; 9]. Republika Srbija, kao potpisnica Čikaške konvencije i zemlja u procesu evropskih integracija, implementirala je ove standarde kroz nacionalne zakonske i podzakonske akte [26].

ICAO Aneks 2 (Pravila letenja) dopunjuje Aneks 12 definisanjem postupaka pilota u vanrednim situacijama i pri gubitku radio-veze, što direktno utiče na sposobnost SAR timova da lociraju vazduhoplov u nevolji. Posebno su relevantne odredbe o *squawk* kodovima 7700 (opasnost), 7600 (gubitak veze) i 7500 (otmica), koji služe kao navigacijski i identifikacijski oslonac za koordinatore SAR-a [13].

3. NAVIGACIONE TEHNOLOGIJE U OPERACIJAMA TRAGANJA I SPASAVANJA

Lociranje vazduhoplova ili lica u nevolji oslanja se na niz komplementarnih navigacionih tehnologija čija se efikasnost razlikuje u zavisnosti od vremenskih uslova, geografske oblasti i raspoložive infrastrukture.

A. PRINCIPI RADIO-GONIOMETRIJE U LOCIRANJU VAZDUHOPLOVA

Radio-goniometrija (engl. *Radio Direction Finding* - RDF) je jedna od najstarijih, ali i dalje operativno relevantnih metoda za određivanje pravca izvora radio-signalu (ELT-a), odnosno za lociranje vazduhoplova u nevolji. RDF se koristi u radio-navigaciji brodova i vazduhoplova, kao i za lociranje predajnika u svrhe traganja i spasavanja [6].

U SAR misijama, radio-goniometrija koristi zemaljske ili vazduhoplovne radio-goniometre za određivanje smera (engl. *bearing*), odnosno za navođenje (engl. *homing*) ka izvoru ELT signala. Princip se zasniva na merenju ugla pod kojim elektromagnetski talas stiže do prijemne antene, a obuhvata nekoliko ključnih koncepata:

- Triangulacija – određivanje pozicije radio-izvora merenjem njegovog pravca sa dve ili više lokacija.

- Korelacija signala – upoređivanje vremena dolaska signala na različite prijemne stanice.
- Dopplerova metoda – korišćenje frekvencijskog pomeranja signala usled relativnog kretanja.

Vazduhoplovna navigacija se u ovom segmentu oslanja na VHF radio-goniometriju (engl. *VHF Direction Finding - VDF*) koja radi u opsegu od 118 do 137 MHz [1]. Frekvencijski opsezi za VHF radio-goniometriju definisani su ICAO Aneksom 10 [14]. Iako su savremeni sistemi lociranja bazirani na satelitima, radio-goniometrija ostaje primarni alat u završnoj fazi potrage (engl. *close-in search*), gde spasilački helikopteri koriste prenosne goniometre kako bi precizno locirali ELT signal u gustoj šumi ili planinskom masivu, a predstavlja i ključnu rezervnu metodu u ekstremnim uslovima gde satelitski signal može biti degradiran ili ometan.

B. TEHNOLOGIJA RADIO-PREDAJNIKA ZA OTKRIVANJE POZICIJE U SLUČAJU NUŽDE (ELT)

Radio-predajnik za otkrivanje pozicije u slučaju nužde (engl. *Emergency Locator Transmitter - ELT*) predstavlja ključnu komponentu savremenih SAR sistema. Svi transportni vazduhoplovi obavezni su da imaju ugrađen ELT [15]. Ovi uređaji aktiviraju se ručno ili automatski pri udesu (putem *G-switch-a*), što je posebno važno u scenarijima u kojima posada nije sposobna za ručnu aktivaciju, a emituju signal sa jedinstvenim identifikatorom [23].

Tabela 1. Generacije ELT uređaja sa karakteristikama

Generacija	Frekvencija	Karakteristike	Preciznost
Prva (1970-e)	121,5 MHz	Analogna, ograničen domet	10-20 km
Druga (1990-e)	406 MHz	Digitalna, kodirani podaci	2-5 km
Treća (2000-te)	406 MHz + GPS	Integracija GNSS pozicioniranja	< 100 m
Četvrta (2020+)	406 MHz + MEOSAR	Integracija sa satelitima u srednjoj Zemljinoj orbiti	< 50 m

Savremeni ELT uređaji emituju signale na 406 MHz (digitalni kod za COSPAS-SARSAT) i na 121,5 MHz (za finalno navođenje spasilačkih ekipa). Integracijom sa sistemom satelita u srednjoj Zemljinoj orbiti (engl. *Medium Earth Orbit Search and Rescue - MEOSAR*) povećana je preciznost lociranja sa radijusa od 20 km (na 121,5 MHz) na ispod 50 metara, jer digitalni kodovi sadrže GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) koordinate vazduhoplova, čime se eliminiše potreba za dugotrajnim triangulacionim proračunima. Prosečno vreme od trenutka aktivacije ELT do alarmiranja RCC smanjeno je sa nekoliko sati na manje od 5 minuta, čime je omogućena gotovo trenutna detekcija i lociranje signala bilo gde u svetu [24].

C. SATELITSKI NAVIGACIONI SISTEMI U SLUŽBI TRAGANJA I SPASAVANJA

COSPAS-SARSAT je međunarodni satelitski sistem za lociranje brodova, vazduhoplova i osoba u nevolji. Sistem obrađuje 406 MHz signale sa ELT uređaja kako bi odredio lokaciju nesreće i prosledio informacije nadležnim RCC.

Sistem se oslanja na satelite u niskoj orbiti (engl. *Low Earth Orbit* - LEO) i satelite u geostacionarnoj orbiti (engl. *Geostationary Earth Orbit* - GEO) za detekciju i prosleđivanje ELT signala, a obuhvata i MEOSAR komponentu koja pruža trenutnu globalnu pokrivenost [24]. Princip rada MEOSAR sistema podrazumeva da signal sa ELT stiže do nekoliko satelita sa različitim vremenima i frekvencijama dolaska. Zemaljske stanice (MEOLUT) simultano prate najmanje 3–4 satelita i koriste ove razlike za procenu pozicije.

Integracija globalnih navigacionih satelitskih sistema (GNSS: GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou) u SAR operacije donela je revolucionarnu promenu u preciznosti navigacije spasilačkih vazduhoplova. Ipak, postoje izazovi. ELT odašilju signale u prosečnim intervalima od 50 sekundi, u slučaju više istovremenih signala, trenutna COSPAS-SARSAT metoda ima poteškoća u lociranju svih odašiljača. Za rešavanje ovog problema razvijene su napredne tehnike poput CAF MAP algoritma (engl. *Cross Ambiguity Function Map*).

D. BEZBEDNOSNI ASPEKTI: UPRAVLJANJE KRIZNIM SITUACIJAMA U SAR OPERACIJAMA

Upravljanje kriznim situacijama u kontekstu SAR podrazumeva koordinisani odgovor na vanredni događaj u uslovima nepotpunih informacija, vremenskog pritiska i potencijalno nepovoljnih vremenskih i geografskih uslova. SAR operacije suočavaju se sa nizom specifičnih izazova:

- Vremensko ograničenje, takozvani „zlatni sat” (prvih 60 minuta nakon nesreće) ključan je za preživljavanje.
- Terenske prepreke, kao što su planinski, vodeni ili udaljeni tereni koji otežavaju pristup i kretanje spasilačkih timova.
- Nepovoljni meteorološki uslovi mogu da ograniče ili u potpunosti onemoguće upotrebu vazduhoplova.
- Komunikacioni prekidi, naročito gubitak radio-veze sa vazduhoplovom u vanrednoj situaciji komplikuje koordinaciju i efikasnost.

Krizni menadžment relevantan za SAR operacije obuhvata faze detekcije, procene, odlučivanja, akcije i evaluacije [4]. Upravljanje kriznim situacijama u spasilačkim misijama organizovano je kroz:

- Spasilački koordinacioni centar (RCC) – prima informacije o vanrednoj situaciji, koordinira sve resurse i ima ukupnu komandu.
- Spasilački podcentar (RSC) – asistira RCC za određenu geografsku oblast.
- Koordinatora na licu mesta (engl. *On-Scene Coordinator* - OSC) – odgovoran za direktno upravljanje spasilačkim jedinicama na terenu.

Sistem upravljanja bezbednošću (engl. *Safety Management System* - SMS), propisan ICAO Aneksom 19 [12] i ICAO Doc 9859 [18], pruža sistemski okvir za identifikaciju rizika, analizu uzroka i unapređenje SAR procedura. Integracija SMS principa u planiranje SAR povećava sposobnost organizacije da uči iz prethodnih misija i kontinuirano unapređuje protokole [2].

Faktori koji kritično utiču na efikasnost upravljanja krizom u SAR misijama uključuju: kvalitet komunikacije između operativnih centara i spasilačkih jedinica, tačnost i ažurnost navigacionih informacija, obučenost osoblja za rad pod stresom [20] i jasnu podelu nadležnosti definisanu nacionalnim SAR planom [25].

4. METODOLOGIJA

Istraživanje je sprovedeno kao multidisciplinarna studija koja kombinuje analizu propisa, pregled tehničke literature, studije slučaja iz realnih operacija i komparativnu analizu tehnologija. Metodologija je koncipirana tako da obuhvati navigacioni, bezbednosni i regulatorni aspekt SAR.

Korišćeni su sledeći istraživački pristupi:

1. Normativna analiza – sistematski pregled regulatornih dokumenata (ICAO Aneks 12, Aneks 2, Aneks 6, Aneks 10, Aneks 11, Aneks 19, Doc 9731 – IAMSAR priručnik, EU uredbi 2018/1139 i 2017/373, kao i Zakona o vazdušnom saobraćaju Republike Srbije) radi identifikacije obaveza i standarda.
2. Tehnička analiza – komparativna evaluacija navigacionih tehnologija (ELT 121,5 MHz, 406 MHz, radio-goniometrija, GNSS) na osnovu tehničkih specifikacija i operativnih podataka COSPAS-SARSAT sistema; poređenje performansi različitih ELT generacija i satelitskih sistema (LEOSAR, GEOSAR, MEOSAR) u pogledu preciznosti, vremena detekcije i pokrivenosti.
3. Studije slučaja – analiza dve reprezentativne SAR misije sa različitim ishodima i primenjenim navigacionim tehnologijama (AF447 i MH370) [5; 7].
4. Pregled literature – sinteza akademskih i stručnih publikacija iz oblasti SAR, navigacije, kriznog menadžmenta i vazduhoplovne regulative.

Analiza je ograničena na civilno vazduhoplovstvo i obuhvata period 2009–2023. godine, koji odgovara fazi potpunog prelaska na 406 MHz standard i ekspanzije MEOSAR komponente COSPAS-SARSAT sistema. Podaci o incidentima preuzeti su iz baza NTSB (engl. National Transportation Safety Board), EASA (Agencija Evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja, engl. *European Union Aviation Safety Agency*) i ICAO.

5. DISKUSIJA REZULTATA

A. PRAVNI ASPEKTI IMPLEMENTACIJE ICAO ANEKSA 12

Normativna analiza pokazuje da, iako su sve države potpisnice Čikaške konvencije formalno prihvatile Aneks 12, postoje značajne razlike u stepenu stvarne implementacije ICAO standarda i preporučene prakse. Posebno je izražen jaz između razvijenih zemalja i zemalja u razvoju u pogledu opremljenosti RCC, dostupnosti SAR vazduhoplova i nivoa obuke osoblja [22].

Ključni pravni izazov koji Aneks 12 ne rešava u potpunosti jeste pitanje odgovornosti u slučaju neuspele prekogranične SAR operacije. Čikaška konvencija nameće obavezu pružanja SAR usluga, ali ne definiše sankcije za kršenje ove obaveze, niti precizira standarde koje usluga mora da zadovolji [21]. U okviru Evropske unije, Uredba (EU) 2018/1139 donosi detaljniji nadzor nad implementacijom SAR standarda od strane država članica, što doprinosi harmonizaciji i smanjenju opisanog jaza [9]. Republika Srbija, kao kandidat za članstvo u EU, usklađuje svoju regulativu sa okvirom EASA, što se odražava i na oblast SAR [26].

Posebno je važno istaći da ICAO Aneks 12 zahteva od država da zaključe bilateralne i multilateralne sporazume o koordinaciji prekograničnih SAR operacija. Analiza srpskog pravnog okvira ukazuje na postojanje takvih sporazuma sa susednim državama u okviru regionalnih FIR dogovora, ali i na prostor za unapređenje kroz detaljnija operativna uputstva i zajedničke SAR vežbe [26].

B. EFIKASNOST NAVIGACIONIH TEHNOLOGIJA U SAR OPERACIJAMA

Analiza podataka COSPAS-SARSAT sistema za period 2009–2022. pokazuje jasnu superiornost digitalnih ELT uređaja na 406 MHz u odnosu na stare analogne sisteme. Prelazak sa 121,5 MHz na 406 MHz doneo je značajno poboljšanje preciznosti lociranja – sa 10-20 km na 2-5 km. Integracija GPS prijemnika u ELT dodatno je smanjila grešku lociranja na ispod 100 metara, dok MEOSAR tehnologija omogućava preciznost od 50 metara. Time je vreme lociranja skraćeno za više od 80%. Prosečno vreme detekcije signala na 121,5 MHz iznosilo je 1 do 6 sati (u zavisnosti od dostupnosti satelita i geografskog položaja), dok je uvođenjem MEOSAR segmenta vreme prve detekcije signala na 406 MHz smanjeno na manje od 5 minuta za gotovo celu Zemljinu površinu [24]. Ovo smanjenje od 90% ili više ima direktan uticaj na preživljavanje – istraživanja pokazuju da svaki sat kašnjenja u spasavanju smanjuje šanse za preživljavanje u uslovima hipotermije ili povrede za 20–30% [7].

Ipak, identifikovani su značajni izazovi:

- Problem preklapanja signala – u situacijama sa više istovremenih nesreća, ELT signali se mogu preklapati, otežavajući njihovu identifikaciju.
- Ograničenja Doplerove metode – COSPAS-SARSAT sistem ima poteškoće sa lociranjem nepokretnih ili sporokretnih objekata.
- Zavisnost od satelitske infrastrukture – funkcionalnost zavisi od dostupnosti i operativnosti satelita.
- Nedostatak standardizacije ELT – iako COSPAS-SARSAT definiše zahteve, ne postoji jedinstvena globalna sertifikacija.

Radio-goniometrija i dalje pokazuje operativnu vrednost u oblastima sa gustom radio-navigacionom infrastrukturom, posebno u terminalnim zonama aerodroma i u slučajevima kada je ELT oštećen ili neaktivan. Triangulacija signala na 121,5 MHz ostaje standardna procedura za finalno navođenje spasilačkih vazduhoplova (engl. *homing*), čak i kada se primarna lokacija obavlja satelitskim sistemima [1].

Integracija ADS-B (engl. *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*) tehnologije u SAR operacije otvorila je novu dimenziju – u slučaju nesreće modernih vazduhoplova opremljenih ADS-B Out transponderima, SAR centri imaju pristup preciznoj poziciji do trenutka nestanka signala. Analiza nestanka leta MH370 (2014) jasno je ukazala na ograničenja vazdušnog prostora bez ADS-B pokrivenosti i pokrenula globalni regulatorni odgovor kroz zahtev ICAO za obaveznom ADS-B opremom novih vazduhoplova do 2020. godine [15].

C. EFIKASNOST UPRAVLJANJA KRIZNIM SITUACIJAMA

Komparativna analiza SAR operacija različitih ishoda ukazuje na ključnu ulogu kvaliteta komunikacije i jasnoće komandne strukture.

Studija slučaja Air France, let AF447 (2009): ELT signal nije detektovan satelitima 24 sata. Kašnjenje u aktivaciji SAR operacije usled nejasnog protokola odgovornosti između brazilskog, senegalskog i francuskog RCC dodatno je produžilo fazu lociranja za više sati. Posledično, 104 tela od ukupno 228 osoba u avionu nisu pronađena ni nakon dve godine potrage u Atlantskom okeanu [5; 3].

Studija slučaja Malaysia Airlines, let MH370 (2014): ELT na 406 MHz bio je onespособljen prilikom nestanka iznad južnog Indijskog okeana (pretpostavljena lokacija). Potraga koja je

trajala nekoliko godina, uz učešće više zemalja, na kraju je bila neuspešna – glavna olupina aviona nije pronađena [7].

Ovi slučajevi ukazuju na potrebu za: bržom aktivacijom SAR procedura (trenutni okviri često kasne sa odgovorom), boljom koordinacijom između nacionalnih RCC i međunarodnih partnera, te stabilnijim komunikacionim sistemima koji rade i u ekstremnim uslovima [4].

U kriznim situacijama, integracija sa sistemom upravljanja bezbednošću (SMS) omogućava bržu procenu rizika i koordinaciju preko koordinatora na licu mesta. Primena SMS principa u evaluaciji prethodnih SAR misija pokazala se kao ključna za sistemsko unapređenje. Države koje su uspostavile formalne mehanizme post-operativnog pregleda SAR misija beleže statistički značajno bolje rezultate u narednim operacijama, što potvrđuje teoriju organizacionog učenja u kriznom menadžmentu [2; 4].

Poseban izazov u upravljanju krizom tokom SAR operacija predstavljaju ekstremni vremenski uslovi koji istovremeno uzrokuju incident i otežavaju spasavanje. Prema načelima upravljanja rizikom, misija se ne preduzima ako je rizik po spasilačku posadu neprihvatljiv [10]. U planinskim ili arktičkim sredinama, spasilački vazduhoplovi moraju primenjivati posebne PBN (engl. *Performance-Based Navigation*) i RNP (engl. *Required Navigation Performance*) procedure kako bi leteli na niskim visinama sa visokom preciznošću [16].

ZAKLJUČAK

Optimizacija vazduhoplovne navigacije u misijama traganja i spasavanja zahteva integrisani pristup koji objedinjuje radio-goniometriju, ELT tehnologiju, krizni menadžment i strogo poštovanje ICAO Aneksa 12.

Na navigacionom planu, prelazak ELT uređaja na 406 MHz, integrisan sa GPS pozicioniranjem i podržan COSPAS-SARSAT mrežom (posebno MEOSAR), predstavlja najznačajniji tehnološki napredak u oblasti lociranja vazduhoplova u vanrednoj situaciji. Paralelno, radio-goniometrija zadržava svoju operativnu ulogu kao komplementarna tehnika, dok uvođenje ADS-B i GNSS/PBN procedura za spasilačke vazduhoplove bitno povećava preciznost i bezbednost samih misija.

U domenu upravljanja kriznim situacijama, ključni faktori uspeha su: jasna komandna struktura zasnovana na hijerarhiji (RCC/RSC/OSC), kvalitetna komunikacija između svih aktera, adekvatna obuka i primena SMS principa za kontinuirano unapređenje procedura. Iskustvo pokazuje da organizacioni faktori često imaju veći uticaj na ishod misije od tehnoloških ograničenja.

Na regulatornom planu, ICAO Aneks 12 pruža solidan normativni temelj, ali ostavlja prostor za unapređenje u pogledu mehanizama nadzora implementacije i pravnih posledica propusta. Harmonizacija na nivou EU, kroz regulativu EASA, doprinosi zatvaranju ove praznine za države članice i kandidate.

Buduća istraživanja trebalo bi da se fokusiraju na primenu veštačke inteligencije u prediktivnom modelovanju SAR operacija, integraciju bespilotnih letelica (engl. *Unmanned Aerial Vehicle* - UAV) u SAR misije na nedostupnom terenu, te razvoj pravnog okvira koji će adresirati specifičnosti autonomnih SAR sistema. Posebnu pažnju zaslužuje i usklađivanje SAR standarda za novu generaciju vazduhoplova opremljenih naprednim navigacionim sistemima i automatskim sistemima izveštavanja.

LITERATURA

- [1] Ilić, M. (2008). Vazduhoplovna navigacija. Saobraćajni fakultet.
- [2] Čokorilo, O. (2012). Upravljanje bezbednošću vazduhoplova. Zadužbina Andrejević.
- [3] Čokorilo, O. (2020). Bezbednost vazduhoplova. Saobraćajni fakultet.
- [4] Kešetović, Ž. (2008). Krizni menadžment. Fakultet bezbednosti / Službeni glasnik.
- [5] Krause, S. (2003). Aircraft safety: Accident investigations, analyses & applications (2nd ed.). McGraw-Hill.
- [6] Tooley, M., & Wyatt, D. (2014). Aircraft communications and navigation systems: Principles, operation and maintenance (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- [7] Wells, A. T. (2004). Commercial aviation safety (4th ed.). McGraw-Hill.
- [8] European Union. (2017). Commission Regulation (EU) 2017/373 of 1 March 2017 laying down common requirements for providers of air traffic management/air navigation services and other air traffic management network functions and their supervision. Official Journal of the European Union, L 62, 44–94.
- [9] European Union. (2018a). Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2018 on common rules in the field of civil aviation and establishing a European Union Aviation Safety Agency. Official Journal of the European Union, L 212, 1–122.
- [10] FAA. (2022). Risk management handbook (FAA-H-8083-2A). Federal Aviation Administration.
- [11] ICAO. (2006). Convention on International Civil Aviation (Chicago Convention) (Doc 7300, 9th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [12] ICAO. (2013). Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation: Safety management (1st ed.). International Civil Aviation Organization.
- [13] ICAO. (2014a). Annex 2 to the Convention on International Civil Aviation: Rules of the air (10th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [14] ICAO. (2014b). Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation: Aeronautical telecommunications (Vol. II, 6th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [15] ICAO. (2014c). Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation: Operation of aircraft (10th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [16] ICAO. (2015). Performance-based navigation (PBN) manual (Doc 9613, 4th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [17] ICAO. (2016). International aeronautical and maritime search and rescue (IAMSAR) manual, Volume I: Organization and management (Doc 9731). International Civil Aviation Organization.
- [18] ICAO. (2018). Safety management manual (SMM) (Doc 9859, 4th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [19] ICAO. (2019). Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation: Air traffic services (14th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [20] ICAO. (2020). Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation: Personnel licensing (12th ed.). International Civil Aviation Organization.

- [21] ICAO. (2024). Annex 12 to the Convention on International Civil Aviation: Search and rescue (9th ed.). International Civil Aviation Organization.
- [22] Bristol Ground School. (2023). ATPL Air law (v8.1). Bristol Ground School.
- [23] CAE Oxford Aviation Academy. (2016). Radio navigation. CAE Oxford.
- [24] COSPAS-SARSAT. (2022). COSPAS-SARSAT system data: Summary of satellite-aided search and rescue operations (C/S R.004, Issue 21). COSPAS-SARSAT Secretariat.
- [25] Florida Department of Transportation. (2021). Aviation emergency response guidebook. Florida Department of Transportation.
- [26] SMATSA. (2021). Vazduhoplovno pravo – skripta. SMATSA Centar za obuku ANS osoblja.

OPTIMIZATION OF AERONAUTICAL NAVIGATION IN SEARCH AND RESCUE (SAR) MISSIONS: REGULATORY FRAMEWORK OF ICAO ANNEX 12 AND CHALLENGES OF CRISIS MANAGEMENT

Abstract: Search and Rescue (SAR) missions represent one of the most critical segments of aviation safety, where the speed and accuracy of locating an aircraft in distress directly affect the survival rate. This paper explores the optimization of aeronautical navigation in SAR operations through the integration of radio direction finding, Emergency Locator Transmitters (ELT), and the COSPAS-SARSAT satellite network, while respecting the regulatory framework defined by ICAO Annex 12. The aim of the paper is to analyze navigation technologies, examine the challenges of crisis management (time pressure, terrain obstacles, communication failures), and evaluate the legal obligations of States according to Annex 12. The methodology includes normative analysis of regulations, literature review, comparative analysis of technology, and case studies (AF447 and MH370). The results show that the transition to 406 MHz ELT and the MEOSAR segment has reduced detection time from several hours to less than 5 minutes, but also that organizational factors (clarity of command structure, RCC coordination, training) often have a more decisive impact than technology. The Annex 12 regulatory framework provides a solid foundation but requires stronger monitoring mechanisms and harmonization at the national level. The conclusion provides recommendations for improving the SAR system through technological innovations, integration of SMS principles, and strengthening international cooperation.

Keywords: search and rescue (SAR), ICAO Annex 12, emergency locator transmitter (ELT), COSPAS-SARSAT, crisis management

METODOLOGIJA PRAĆENJA VIBRACIJA NA TEHNIČKIM SISTEMIMA

Mr Stevan Petrović ¹

Sažetak

Da bi se smanjili otkazi tehničkih sistema (posebno su značajne turbomašine) i eliminisale havarije potrebno je pravovremeno prepoznati promene stanja sistema, koje se karakterišu spovođenjem metodologije kontrole i adekvatnog otklanjanja vibracija na tehničkim sistemima odnosno turbomašinama.

Problemi koji se javljaju u pogledu preventivnog detektovanja i eliminisanja vibracija su sledeći:

- nedovoljan broj savremenih uređaja za merenje vibracija na turbomašinama i za analizu dobijenih podataka;
- loša organizacija u okviru službe održavanja;
- nedovoljna obučenost radnika održavanja i radnika koji opslužuju tehnički sistem;
- neozbiljnost pristupa ka problemu otklanjanja vibracija na turbomašinama od strane rukovodećeg kadra;
- mala upotreba računara, ne postojanje monitoring sistema.

Cilj israživanja je izbor metodologije kontrole i otklanjanje vibracija na turbomašinama. Istraživanje će biti usmereno na:

- utvrđivanje metodologije kontrole vibracija na turbomašinama;
- određivanje postupaka i metoda za povišenje nivoa pouzdanosti postrojenja;
- smanjenje zastoja u proizvodnji;
- povećanje produktivnosti energetskog postrojenja.

Praćenje vibracija na turbomašinama ako se pravovremeno i adekvatno primenjuje utiče ne samo na eksploatacione uslove rada tehničkog sistema nego i na procesni sistem uopšte. Očekuje se da će se primenom razrađene metodologije kontrole vibracija na turbomašinama, obezbediti brže i efikasnije odvijanje procesa.

Ključne riječi: metodologija, vibracije, tehnički sistemi

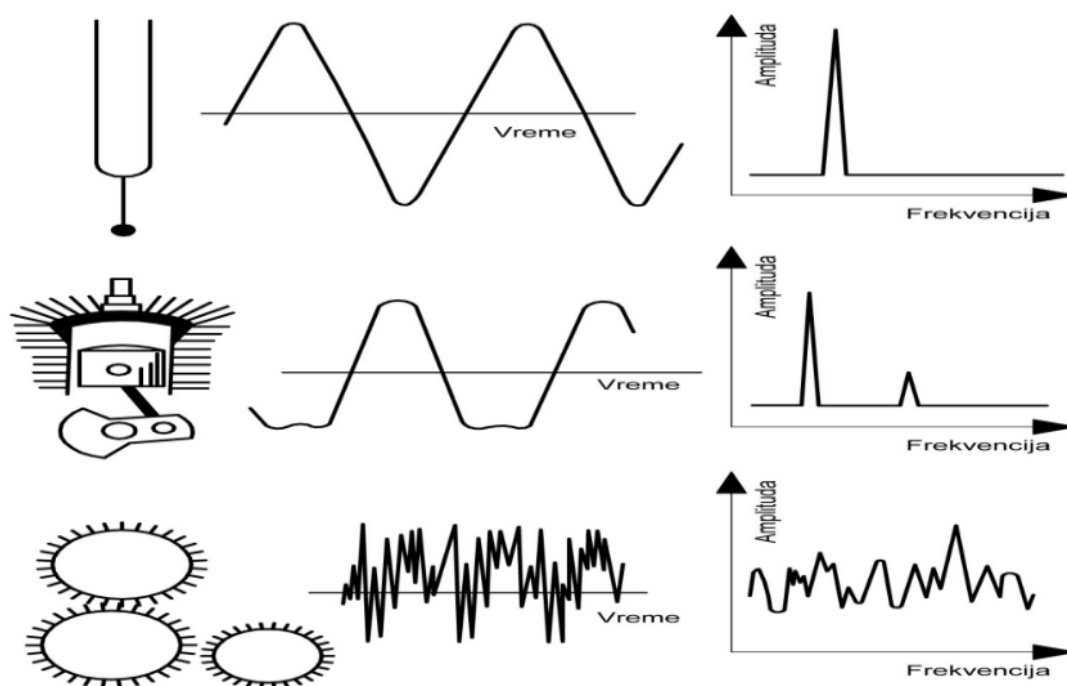
UVOD

Pod mehaničkim vibracijama u opštem slučaju podrazumeva se oscilatorno kretanje krutog tela u odnosu na njegov ravnotežni položaj. Uzročnik kretanja je poremećajna prinudna sila (prinudne vibracije) koja po svojoj prirodi može biti determinisana ili slučajna. Slobodnim vibracijama nazivamo periodično kretanje koje telo izvodi po prestanku delovanja poremećajne sile.

U svim ovim slučajevima opšti karakter kretanja može se izraziti harmonijskom vremenskom funkcijom, a kao osnovni parametar za njenu identifikaciju, pored frekvencije oscilovanja (broja ciklusa u jedinici vremena), alternativno se može izabrati i jedna od veličina kao što je amplitudno pomeranje, njegova brzina, odnosno ubrzanje. Pored analitičkog istraživanja, vibracije se mogu prikazati i grafički. U praksi su zapisi vibracija mnogo složeniji. Najčešće se sreće oscilovanje dobijeno superpozicijom dveju ili više elementarnih vibracija sa različitim intenzitetima i različitim frekvencijama [2,5].

¹ Mr Stevan Petrović, doktorand na Tehničkom fakultetu Evropskog univerziteta Brčko distrikta BiH, 73
mail: petrovic.stevan.73@gmail.com

Slika 1. Komparativni prikaz karakterističnih signala u vremenskom i frekventnom domenu [1,4,11]



1. UZROČNICI NASTANKA VIBRACIJA

S obzirom na karakter i prirodu nastanka, mehaničke vibracije su podeljene u dve grupe: sopstvene i prinudne.

Prinudne vibracije su posledica delovanja dinamičkih sila, koje se unutar sistema menjaju po pravcu ili veličini. Svaki pojedinačni izvor generiše vibracije. Uzročnici vibracija mogu biti [1,6,7,8]:

- neuravnoteženost masa rotacionih delova sistema;
- nedovoljna dinamička krutost kućišta i temelja sistema;
- poremećaj centričnosti spojnice i ležaja;
- ugib vratila (mehanička "popustljivost");
- neispravni zupčasti parovi;
- neispravni pogonski kaiševi i lanci;
- neispravni kotrljajući ležaji;
- ekscentričnost (pomeranje ose obrtanja u odnosu na središnu osu rotora);
- odstupanja obrtnog momenta;
- električni problemi (nejednake magnetne sile);
- delovanje aerodinamičkih i hidrauličkih sila;
- pojava pulzacija (sila pobuđivanja);
- nejednak zazor između rotora i statora motora;
- olabavljenost spojeva;
- pojava rezonance (ulaz u rezonantno područje);
- pojava trenja (tribo – mehanički procesi);
- zatupljeni alati i dr.

2. INSTRUMENTI I SISTEMI ZA KONTROLU VIBRACIJA

Znatno povećanje efikasnosti praćenja stanja tehničkih sistema postiže se primenom ručnih instrumenata sa internom memorijom, tzv. kolektora podataka. Merenje se izvodi periodično, po odgovarajućem programu ali se podaci o izmerenim vrednostima ne zapisuju ručno, već se automatski memorišu. Za veoma kratko vreme se može izvesti veći broj merenja. Pri obradi podataka, prikupljeni podaci se čitaju direktno iz memorije instrumenta, ručnom manipulacijom ili automatski uz pomoć računara sa specijalizovanim softverom. Merni sistem stalno nadzire stanje, ali se podaci o stanju uzimaju periodično sa indikatora instrumenta, ručnim putem. Podaci se upisuju u izveštaj i distribuiraju na dalju obradu i ažuriranje. Odluke se često donose iz više izvora, uključujući monitore za rad, održavanje i dijagnosticiranje. Povezanost ovih izvora u mrežu doprinosi ubrzavanju procesa donošenja odluka, a brza komunikacija između dijagnostičkih sistema i operativne proizvodnje dovede do sprečavanja nasilnog ispada sistema. U nastavku biće prikazani uređaji: CSI 2140, Betavib Thor, Vibxpert II, STD 3300, Falcon, Vibrometar – VM1.

CSI 2140 (Emerson - ov) je višekanalni analizator vibracija (slika 2). Mogućnosti analizatora su [9]:

- Merenje ukupnog nivoa vibracija (ubrzanje, brzina, pomak);
- Spektralna analiza;
- Orbitalna analiza;
- DC analiza;
- Vektorska analiza;
- LFD detekcija;
- SED analiza.

Slika 2. CSI 2140 (Data collector) [9]

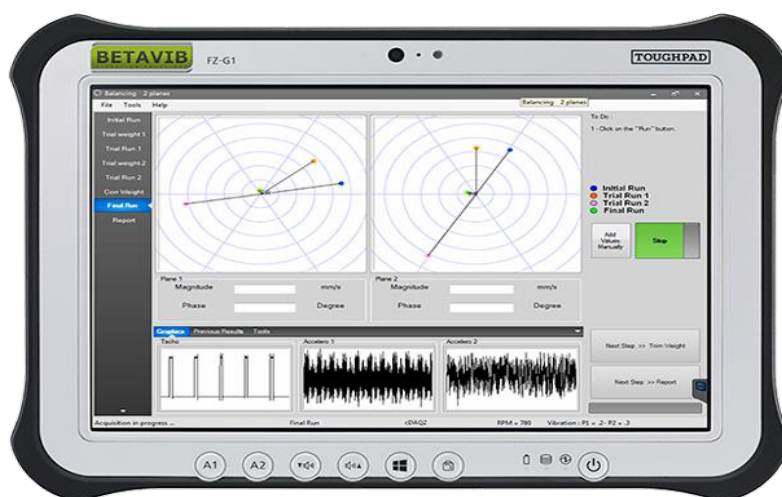


Betavib Thor (Panasonic - ov) je višekanalni analizator vibracija (slika 3). Mogućnosti analizatora su [10]:

- Merenje ukupnog nivoa vibracija (ubrzanje, brzina, pomak);
- Vektorska analiza;
- Analiza redova;
- Analiza envelope;
- Spektralna analiza;
- Orbitalna analiza;
- Modalna analiza;

- Trend vektorskog prikaza pojedinih vibracijskih komponenti;
- Spektralna analiza;
- CPB analiza;
- DC analiza;
- Balansiranje u jednoj i dve ravni.

Slika 3. Betavib Thor (Data collector) [10]



Vibxpert II (Proftechnik - ov) je višekanalni analizator vibracija (slika 4). Opremljen jedno ili dvokanalnim FFT signalom ili signal analizatorom koji omogućava jednostavno rukovanje pri merenju. Mogućnosti analizatora su [11]:

- Merenje ukupnog nivoa vibracija (ubrzanje, brzina, pomak);
- Amplitudni spektar ubrzanja, brzine, pomaka;
- Spektar envelope;
- Vremenski prikaz ubrzanja, brzine, pomaka;
- Fazni prikaz (merenje faze signala dva kanala);
- Analiza pri zaustavljanju mašine (ukupna vrednost – amplituda spektar prikaza po RPM u Niquist ili Bode dijagramu);
- Prikaz orbite (filtrirane/nefiltrirane);
- ODS (Operating deflecting shape analysis);
- Balansiranje u jednoj ili dve ravni metodom “na licu mesta”;
- Dvokanalno simulirano merenje u svrhu statičkog ili dinamičkog balansiranja;
- Mogućnost skladištenja karakterističnih faktora pri balansiranju za naredno balansiranje;
- FFT spektralni amplitudni prikaz signala;
- Prikaz envelope signala;
- Prikaz signala u vremenskom domenu;
- FFT prikaz harmonika redova vezano na osnovni harmonik;
- Kepstrum analiza;
- Merni prikaz signala „coast down“;
- Merenje faze signala;
- Prikaz orbite.

Slika 4. Vibxpert II (Data Collector) [11]



STD 3300 (Technekon - ov) je višekanalni analizator vibracija (slika 5). Mogućnosti analizatora su sledeće [12]:

- Merenje ukupnog nivoa vibracija (ubrzanje, brzina, pomak);
- Spektralna analiza;
- Orbitalna naliza;
- DC analiza;
- Vektorska analiza;
- Analiza envelope;
- Kepstralna analiza;
- Balansiranje u jednoj i dve ravni.

Slika 5. STD 3300 (Data Collector) [12]



Falcon (OneProd - ov) je višekanalni analizator vibracija (slika 6). Opremljen je sa najnaprednijim funkcijama koje zadovoljavaju zahteve najkompleksijih mašina. Merne mogućnosti su sledeće [13]:

- Troosni bežični senzor, na automatskoj pozicioniranoj osnovi;
- Automatska konfiguracija i dijagnostika (pouzdanost veća od 80%);
- Simultano četvorokanalno merenje vibracija (istovremeno na 40 kHz i sa 2 kanala na 80 kHz);
- Prikupljanje više vremenskih kanala do 80 s pri 51,2 kHz (4 mega sempla);
- Analiza podataka u realnom vremenu.

Slika 6. Falcon (Data Collector) [13]



Vibrometar – VM1 (Termoelektrane Nikola Tesla, Obrenovac, AN LAB CO d.o.o. Beograd) je višekanalni instrument (16 kanala) za merenje i analizu vibracija na rotacionim mašinama (slika 7). Merne mogućnosti su sledeće [14]:

- Merenje ukupnog nivoa vibracija (ubrzanje, brzina, pomak);
- Vekorska analiza;
- Analiza redova;
- Analiza envelope;
- Orbitalna analiza;
- Modalna analiza;
- Spektralna analiza;
- DC analiza;
- Balansiranje u jednoj i dve ravni.

Slika 7. Vibrometar – VM1 [14]



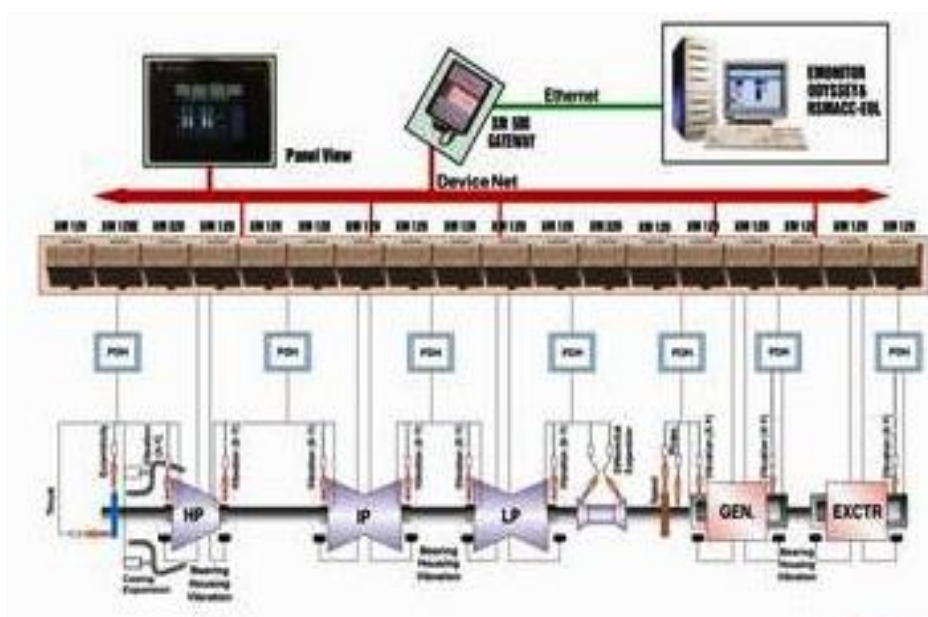
3. KONTROLNI SISTEMI NA TURBOMAŠINAMA

Stalna kontrola mernih veličina sa sistema može biti jednostavno koncipirana ukoliko se prate nivoi pojedinih veličina (najčešće nivo vibracijske brzine, pomeranje, temperatura itd.) sa ugrađenim dodatnim relejima koji mogu signalizirati prekoračenje unapred zadate merene veličine. Kontrolni sistemi raspolažu mogućnošću analize i kondicioniranja signala, te komunikacije sa računarom i ekspertnim sistemima, koji pored funkcije zaštite vrše dijagnostičke analize iz kojih se otkriva uzrok neispravnosti i daju mere za otklanjanje istog. To se podrazumeva za kontinuiran rad u stacionarnim uslovima kao i za merenje i analizu sistema tokom pokretanja odnosno zaustavljanja mašine. U nastavku biće prikazani sledeći kontrolni sistemi: XM, DDCMIS, 3500, VM600, OROS - 3.

XM (Rocwell - ov) je softversko hardverski sistem za kontrolu i zaštitu turbomašina (slika 8). Ima sledeće mogućnosti [15]:

- Orbitalni prikaz;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Bodeo i Polarni prikaz pojedinih harmonika;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Trend X – Y pozicije vratila;
- Trend envelop spektra;
- Trend kepstrum spektra.

Slika 8. Prikaz arhitekture sistema XM [15]

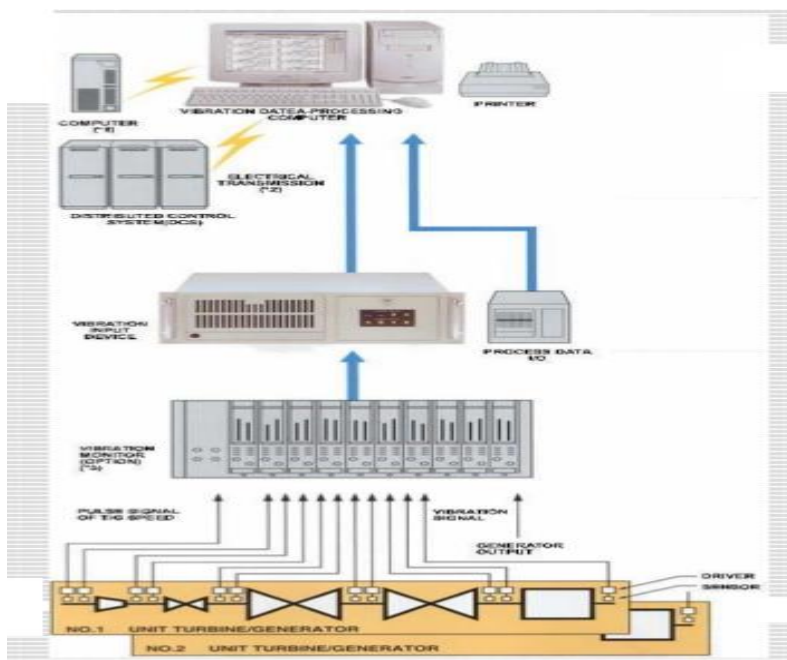


DDCMIS (C&C Construction Ltd - ov) je softversko hardverski sistem za kontrolu i zaštitu turbomašina (slika 9). Ima sledeće mogućnosti [16]:

- Orbitalni prikaz;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Bodeo i Polarni prikaz pojedinih harmonika;
- Histogram mašine (živo merenje ukupnog nivoa parametara, paralelno sa svih senzora);
- Kaskadni spektralni prikaz;

- Trend X – Y pozicije vratila;
- Trend envelop spektra;
- Trend kepstrum spektra.

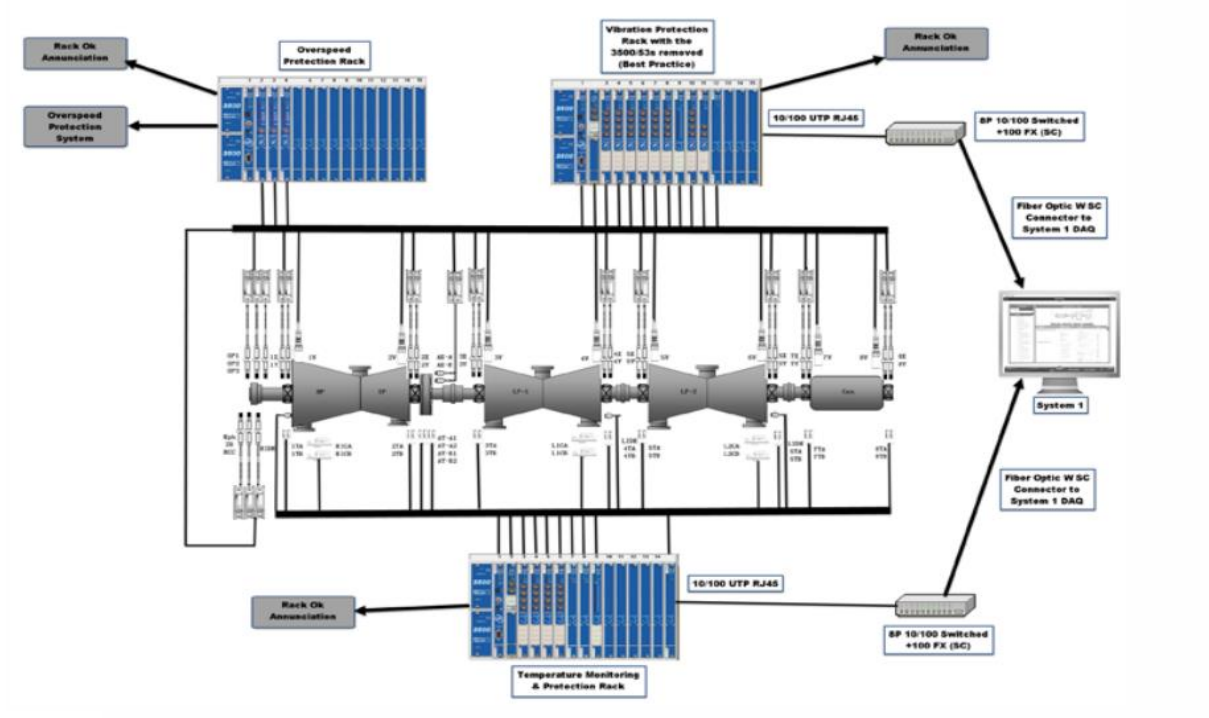
Slika 9. Prikaz arhitekture sistema DDCMIS [16]



Sistem 3500 (Bently Nevada - ov) je softversko hardverski sistem za kontrolu i zaštitu turbomašina (slika 10). Ima sledeće mogućnosti [17]:

- Orbitalni prikaz;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Bodeo i Polarni prikaz pojedinih harmonika;
- Histogram mašine (živo merenje ukupnog nivoa parametara, paralelno sa svih 32 senzora);
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Trend X – Y pozicije vratila;
- Trend envelop spektra;
- Trend kepstrum spektra.

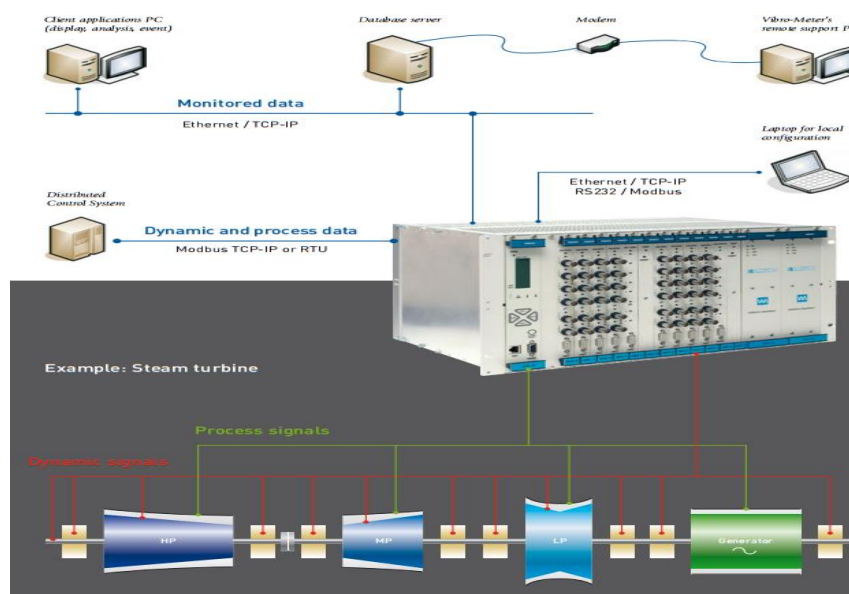
Slika 10. Prikaz arhitekture sistema 3500 [17]



VM600 (Vibrometer - ov) je softversko hardverski sistem za kontrolu i zaštitu turbomašina (slika 11). Ima sledeće mogućnosti [18]:

- Orbitalni prikaz;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Bodeo i Polarni prikaz pojedinih harmonika;
- Histogram mašine (živo merenje ukupnog nivoa parametara, paralelno sa svih 32 senzora);
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Trend X – Y pozicije vratila;
- Trend envelop spektra;
- Trend kepstrum spektra.

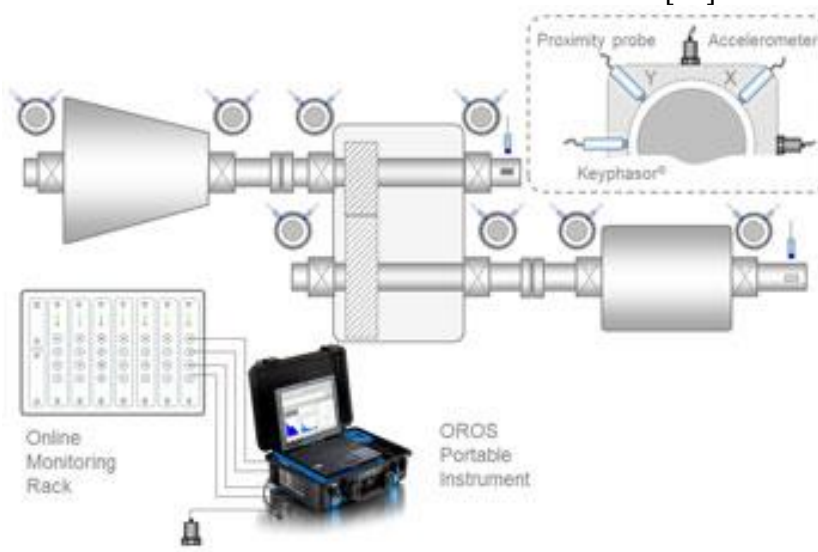
Slika 11. Prikaz arhitekture sistem VM600 [18]



Oros - 3 (Orbigete - ov) je softversko hardverski sistem za kontrolu i zaštitu turbomašina (slika 12). Ima sledeće mogućnosti [19]:

- Orbitalni prikaz;
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Bodeo i Polarni prikaz pojedinih harmonika;
- Histogram mašine (živo merenje ukupnog nivoa parametara, paralelno sa 32 senzora);
- Kaskadni spektralni prikaz;
- Trend X – Y pozicije vratila;
- Trend envelop spektra;
- Trend kepstrum spektra.

Slika 12. Prikaz arhitekture sistema Oros 3 [19]



4. EKSPERTNI SISTEMI ZA DIJAGNOSTIKU

Ekspertni sistemi značajno podižu kvalitet rada u oblasti održavanja, a u tome poseban udeo imaju oni sistemi koji u sebi imaju ugrađen modul za optimizaciju frekvencije izvođenja preventivnih aktivnosti održavanja kao i optimizaciju troškova održavanja.

Primenu ekspertnih sistema u održavanju karakteriše sledeće:

- smanjenje troškova održavanja;
- povećanje produktivnosti;
- smanjenje pojave katastrofalnog otkaza;
- povećanje bezbednosti;
- dobijanje visokog stepena pouzdanosti proizvodne opreme;
- praćenje performansi proizvodne opreme;
- smanjenje nepotrebnih popravki;
- održavanje baze podataka o operativnom stanju opreme;
- produženje korišćenja sredstava za podmazivanje;
- povećanje profitabilnosti;
- povećanje tačnosti utvrđivanja otkaza;
- produženje životnog ciklusa opreme.

Napretkom računara sve se više koristi i prikupljanje informacija ili podataka iz opreme (čitanje i pisanje u/iz višestrukih izvora) uz upotrebu protokola. Razvojem telekomunikacijske infrastrukture sve se više koristi slanje informacija na različite poslužitelje pomoću telemetrije. Osnovna osobina Scada sistema je nadgledanje, upravljanje i prikupljanje podataka sa turbomašine. On prikuplja radne podatke distribuiranih uređaja turbomašine i šalje ih u bazu podataka centralnog (glavnog) računara. Korisnici iz različitih odeljenja i kompanija pristupaju tim podacima putem Interneta. Scada mrežne komponente čine:

- Master Terminal Units (MTU), predstavlja centralni računar Scada sistema i nalazi se u prostorijama distributerske kompanije. Podaci prikupljeni sa svih mernih tačaka sa turbomašine, šalje se ovom računaru koji ih obradi i šalje drugim sistemima;
- Remote Terminal Units (RTU), predstavljaju male uređaje namenjene za korišćenje u industrijskim sredinama;
- Intelligent Electronic Device (IED), predstavlja uređaj koji izvodi zadati program. Ovde spadaju uređaji poput programibilnih kontrolora, inteligentnih senzora, RTU – ova itd. Kako se povećava količina podataka u komunikaciji, sve više "pameti" potrebno je ugraditi u te distributivne uređaje (tj. IED - ove).

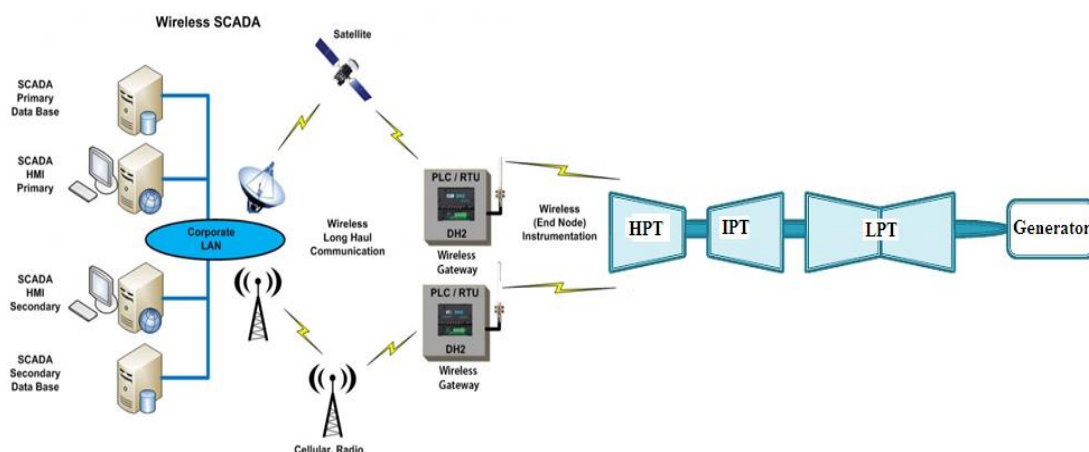
Postoji mogućnost instalacije od hiljadu do nekoliko stotina hiljada ulazno/izlaznih kanala (trenutno postoji nekoliko postrojenja sa po nekoliko miliona kanala).

Wireless Scada integriše centralni upravljački računar (MTU) sa udaljenim jedinicama (RTU) kako bi obezbedio ekonomično nadziranje i upravljanje turbomašine korišćenjem pouzdanih celularnih ili radio veza (slika 13). Udaljeni sistem može otvarati i zatvarati ventile, uzeti merenja (temperature, pritiska, broja obrtaja) i preklapati prekidače pomoću standardnih uređaja. Korisnik postavlja parametre upravljačkog programa koji automatizovano direktno deluje na udaljeni sistem kako bi preduzeo odgovarajuću akciju. Kontrolor upravlja prenosom podataka između udaljenih RTU – ova i upravljačkog programa preko radio sistema u licenciranom ili nelicenciranom spektru. Broj RTU – ova kojima kontrolor upravlja određen je upravljačkim programom, kapacitetom radio kanala i vremenom odziva glasanja. Wireless Scada sistem može nadzirati preko 150 mesta sa 10 000 U/I tačaka. Protok je 11 Mbp/s, opseg učestanosti 5,7 GHz i domet je 10 km. Wireless Scada sistem karakteriše: korisnički dizajnirani upravljački paneli, sistem grafičkih dijagrama, grafikoni trendova, izveštaji aktivnosti, prikazi alarma i programibilna upravljačka logika u easy – to – use formatu.

Bezbednosne mere Wireless Scada sistema se sastoje:

- Zbog toga što većina računara i elektronskih uređaja imaju mogućnost mrežne komunikacije, važno je obratiti pažnju na bezbednost pristupa tim uređajima;
- Važno je imati mogućnost definisanja bezbednosnih kategorija za pristup podacima;
- Neki podaci mogu biti raspoloživi širokom krugu korisnika, dok neki drugi podaci moraju imati ograničen pristup zbog opasnosti da dođu u ruke konkurenciji ili drugim problematičnijim subjektima [20].

Slika 13. Wireless Scada sistem turbomašine [20]

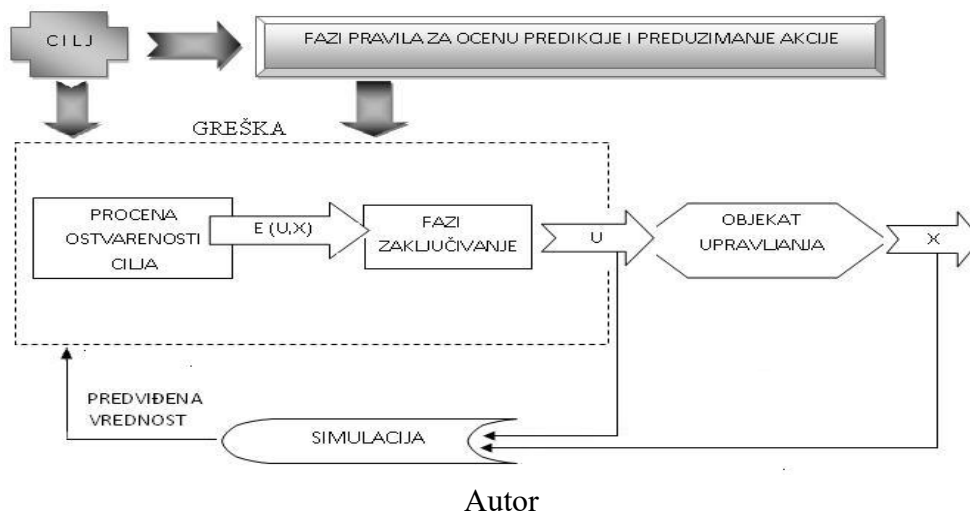


U daljoj budućnosti biće moguć partnerski odnos čoveka i mašine u kome će mašina moći da razume i podrži namere čoveka. Fazi tehnologije i meko računarstvo su tehnologije koje će u budućnosti imati značajnu ulogu.

Na osnovu fazi sistema za prediktivno upravljanje se predviđaju vrednosti promenljivih i na osnovu toga zaključuje kakve upravljačke funkcije treba preduzeti. Fazi prediktivno upravljanje je još jedan način primene fazi upravljanja. Na slici 14 je prikazan plan fazi sistema za prediktivno upravljanje. Sastoji se iz sledećih blokova [6]:

- ■ Blok cilj – predstavlja skup ciljeva koje želimo da postignemo procesom tehničke dijagnostike;
- ■ Blok procena ostvarenosti cilja predstavlja blok za procenu koliko je naš cilj zadovoljen;
- ■ Blok fazi zaključivanja;
- ■ Blok fazi pravila za ocenu predikacije i preduzimanje akcije, zajedno sa blokom fazi zaključivanje, na osnovu greške u odnosu na željenu vrednost (cilj), odlučuje o upravljačkim akcijama koje kasnije preduzima prema objektu upravljanja;
- ■ Blok objekat upravljanja;
- ■ Blok simulacija predstavlja posebni deo za simulaciju procesa, pomoću koga ostvaruje predviđanje.

Na osnovu trenutne upravljačke akcije (kontrola vibracija) $[u]$ i stanja sistema $[x]$ pomoću simulacije bi predvideli kakva će biti vrednost vibracije u sledećem vremenskom trenutku. Da bi predviđanje bilo kvalitetno, simulator treba da što vernije simulira proces dijagnostike. Na osnovu vrednosti koju želimo da postignemo (cilj) u bloku za procenu ostvarenosti cilja izračunavamo grešku. Na osnovu ove greške i drugih vrednosti, vršimo izbor sledeće upravljačke akcije pomoću fazi pravila [6].

Slika 14. Plan prediktivnog fazi upravljanja vibrodijagnostikom [6]

ZAKLJUČAK

Procesom uvođenje efektivnih sistema u postupak metodologije kontrole vibracija na tehničkim sistemima u velikoj meri će se poboljšati efikasnost, efektivnost, kvalitet rada kao lakši i brži pristup podacima značajnim za stanje turbomašina. Ekspertni sistemi su jedno od mogućih rešenja u realizaciji monitoring sistema za tehničku dijagnostiku turbomašina. U ovom radu je ponuđeno rešenje primene ekspertnih sistema za predvidivo održavanje. Razvoj metodologije kontrole vibracija na turbomašinama, uzima karakter rastućeg značaja u tehničkoj dijagnostici, što se potvrđuje i u ovom radu, a to sve ukazuje na potrebu za produbljenim proučavanjem savremenih dijagnostičkih sredstava.

LITERATURA

1. Adamović, Ž. (1998) „Tehnička dijagnostika”, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd;
2. Adamović, Ž. (1998) „Tehnologija održavanja”, Tehnički fakultet »Mihajlo Pupin«, Zrenjanin;
3. Adamović, Ž., Lazić, LJ., Petrović, S. (2007) „Održavanje tehničkih sistema”, Akademija inženjerstva održavanja, Beograd;
4. Adamović, Ž., Petrović, S., Đurić, Ž., Jeftić, N. (2004) „Buka i vibracije u mašinskoj tehnici”, Tehdis, Beograd;
5. Hartog, D. (1992) „Vibracije u mašinstvu”, Građevinska knjiga, Beograd;
6. Papić, LJ., Milovanović, Z. (2007) „Održavanje i pouzdanost tehničkih sistema”, Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću, Čačak;
7. Todorović, P., Jeremić, B., Mačuzić, I. (2009) „Tehnička dijagnostika”, Mašinski fakultet, Kragujevac;
8. Čala, I. (2009) „Održavanje”, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb;

E – IZVORI

<http://www.atecorp.com/>
<http://www.hyatt-ind.com/>
<http://www.eltra.hr/>
<http://www.technekon.com/>
<http://vibralign.com/>
[http:// www.e2014.drustvo-termicara.com](http://www.e2014.drustvo-termicara.com)
<http://www.energyventures.in/>
<http://www.shinkawaelectric.com>
<http://www.maintenanceonline.co.uk/>
<http://www.htbrj.dk/>
<http://www.oros.com/>
<http://www.slideshare.net/>

VIBRATION MONITORING METHODOLOGY ON TECHNICAL SYSTEMS

Mr. Stevan Petrović ¹

Technical Faculty of the European University Brčko District BiH,

Summary

In order to reduce failures of technical systems (turbomachines are especially important) and eliminate breakdowns, it is necessary to recognize changes in the state of the system in a timely manner, which are characterized by the implementation of control methodology and adequate elimination of vibrations on technical systems, i.e. turbomachines.

The problems that arise in terms of preventive detection and elimination of vibrations are as follows:

- insufficient number of modern devices for measuring vibrations on turbomachines and for analyzing the obtained data;
- poor organization within the maintenance department;
- insufficient training of maintenance workers and workers servicing the technical system;
- lack of seriousness in the management's approach to the problem of vibration on turbomachines;
- little use of computers, no monitoring system.

The aim of the presentation is the choice of control methodology and elimination of vibrations on turbomachines. The research will focus on:

- determination of vibration control methodology on turbomachines;
- determination of procedures and methods for increasing the level of plant reliability;
- reduction of downtime in production;
- increasing the productivity of the energy plant.

Monitoring of vibrations on turbomachines, if applied in a timely and adequate manner, affects not only the operating conditions of the technical system, but also the process system in general. It is expected that the application of the elaborated vibration control methodology on turbomachines will ensure a faster and more efficient development of the process.

Keywords: methodology, vibrations, technical systems

NUŽNOST DETALJNIJE ANALIZE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA KAO OSNOVE ZA UTVRĐIVANJE STVARNIH UZROKA U CILJU SMANJENJA NJIHOVOG BROJA

Stević Stevo¹
Petrić Željko²

Abstrakt: Uspješna prevencija i smanjenje broja saobraćajnih nezgoda zahtijeva sistemski i stručan pristup analizi njihovog nastanka. Saobraćajna nezgoda je rezultat jednog ili više uzroka koji djeluju prije ili neposredno u trenutku njenog nastanka.

Detaljna analiza pojedinačnih saobraćajnih nezgoda omogućava identifikaciju stvarnih uzroka koji su doveli do njihovog nastanka. Pravilnim utvrđivanjem tih uzroka stvaraju se preduslovi za definisanje i primjenu odgovarajućih preventivnih mjera.

Na taj način moguće je djelovati na faktore rizika, smanjiti broj saobraćajnih nezgoda i unaprijediti ukupni nivo bezbjednosti saobraćaja, kao i omogućiti efikasnije upravljanje sistemom bezbjednosti saobraćaja na određenom području.

KLJUČNE RIJEČI: BEZBJEDNOST SAOBRAĆAJA, SAOBRAĆAJNE NEZGODE, ANALIZA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA,

UVOD

Saobraćajne nezgode u Bosni i Hercegovini, kao i u širem okruženju, predstavljaju jedan od najznačajnijih problema u oblasti javne bezbjednosti, sa direktnim poslasticama po ljudske živote, zdravlje i materijalna dobra. Godišnji izvještaji nadležnih institucija ukazuju na to da broj poginulih i povrijeđenih u saobraćaju, kao i ukupna materijalna šteta, i dalje prelaze društveno prihvatljiv nivo.

I pored kontinuiranih napora nadležnih organa i organizacija, kao i različitih mjera koje se preduzimaju s ciljem unapređenja bezbjednosti saobraćaja, rezultati često ne pokazuju očekivane i dugoročno održive efekte. U posljednjim godinama poseban akcenat stavlja se na pooštavanje kaznene politike i represivnih mjera prema učesnicima u saobraćaju, s ciljem promjene njihovog ponašanja.

Međutim, uočava se da ovakav pristup ne daje u potpunosti željene rezultate, što ukazuje na to da dio mjera nije usmjeren na suštinske uzroke problema. Promjene u ponašanju uočljive su kod određenog broja učesnika u saobraćaju, ali se često radi o kategorijama koje nisu primarni uzročnici saobraćajnih nezgoda, već i sami mogu biti njihove žrtve.

Jedan od mogućih razloga ograničenog efekta postojećih mjera jeste nedovoljno detaljna analiza saobraćajnih nezgoda i neadekvatno identifikovanje stvarnih uzroka njihovog nastanka. U mnogim slučajevima ne pravi se jasna razlika između uzroka koji dovode do nezgode i grešaka koje se javljaju kao posljedica tih uzroka, a ne kao nezavisni uzročni faktori.

1. UZROCI I GREŠKE KOJE DOVODE DO NASTANKA SAOBRAĆAJNE NEZGODE

Da bi se kvalitetno vodila borba na smanjenju broja saobraćajnih nezgoda, odnosno da bismo na određenom području smanjili stepen ugroženosti, potrebno je znati koji su to uzroci koji dovode do nastanka saobraćajne nezgode. Preciznim definisanjem uzroka mogu se kvalitetno preduzeti mjere koje će umanjiti, pa i eventualno eliminisati određeni uzrok, te samim tim smanjiti broj nezgoda nastalih djelovanjem tog (tih) uzroka. U tabeli 1 je dat pregled osnovnih uzroka i grešaka koje dovode do nastanka saobraćajnih nezgoda prema stručnoj literaturi.

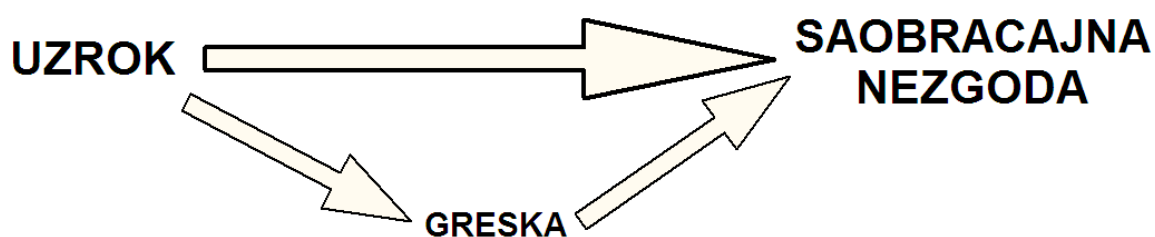
¹ Stević Stevo, mr, FTN, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH

² Petrić Željko, dr, redovni profesor, FTN, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH

TABELA 1, uzroci i greške koji dovode do nastanka saobraćajnih nezgoda prema stručnoj literaturi

Uzroci koji dovode do nastanka saobraćajne nezgode	Greške vozača i ostalih učesnika u saobraćaju
alkohol i droge	nepropisna i neprilagođena brzina
umor	nepropisno preticanje ili obilaženje
bolest	neustupanje prvenstva prolaza
psihoaktivni lijekovi	nepropisno mimoilaženje
nedovoljno znanje i vještina za bezbjedno upravljanje vozilom	nepropisno zaustavljanje i parkiranje
struktura ličnosti vozača	nepropisno kretanje, skretanje, okretanje, prestrojavanje i vožnja unazad
motivi, navike, shvatanja, stavovi	vožnja u suprotnom smjeru
nedostaci na kolovozu, signalizaciji i drugoj opremi puta	nedržanje potrebnog odstojanja
drugi nedostaci na putu	nepropisna upotreba svjetala na vozilu
neispravni uređaji za kočenje, upravljanje i pneumatici	nepropisno vučenje priključnog ili vozila u kvaru
drugi nedostaci na vozilu	nepropisno kretanje i prelazak ulice
magla, snijeg, led, kiša i ostale vremenske nepogode	slijetanje sa puta (kolovoza)
ostali uzroci, uslovi i drugi faktori	druge greške vozača, pješaka, putnika, tjeraoca stoke itd.

Razlika između uzroka i greške je u činjenici da su uzroci glavni generatori nastanka saobraćajne nezgode i djeluju sami ili u sadejstvu sa drugim uzrokom, dok su greške vozača (ili drugog učesnika) nastale pod dejstvom nekog od uzroka i "potpomogle" su nastanku nezgode. Na sledećoj slici je šematski prikazan međusobni odnos uzroka, greške i saobraćajne nezgode.

**Slika 1**, međusobni odnos uzroka, greške i saobraćajne nezgode

Sa slike 1 se vidi da uzrok ili direktno doprinosi nastanku saobraćajne nezgode ili "proizvodi" grešku koja, opet, dovodi do nastanka saobraćajne nezgode.

Dakle, eliminacijom uzroka eliminiše se i greška, dok eliminacijom greške uzrok i dalje ostaje kao izvor ili novih nezgoda ili novih grešaka.

Prema tome, praćenje uzroka koji dovode do nastanka saobraćajnih nezgoda na određenom (makro ili mikro) području je ključni element kvalitetne borbe za smanjenje stepena ugroženosti u saobraćaju.

2. UKUPAN BROJ SAOBRAĆAJNIH NEZGODA I NASTRADALIH LICA NA PODRUČJU BOSNE I HERCEGOVINE ZA PERIOD 2022-2025 GODINE³

U sledećoj tabeli je dat ukupan broj saobraćajnih nezgoda na području BiH za period 2022-2025 godina.

TABELA 2, pregled saobraćajnih/prometnih nezgoda u BiH za period 2022-2025

PODRUČJE	UKUPAN BROJ SAOBRAĆAJNIH/PROMETNIH NEZGODA(SN)				BROJ SN SA POGINULIM/POVRIJEĐENIM/OZL. LICIMA/OSOBAMA				BROJ SN SA MATERIJALNOM ŠETOM			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2021	2022	2023	2024
FEDERACIJA BIH	21.209	24.301	24.807	28.973	4.783	5.058	5.222	5.381	16.426	19.248	19.585	23.592
REPUBLIKA SRPSKA	9.894	10.615	10.807	13.484	2.309	2.459	2.634	2.588	7.585	8.156	8.173	10.896
BRČKO DISTRIKT	218	232	240	305	138	148	151	155	80	84	89	150
UKUPNO	31.321	35.148	35.854	42.762	7.230	7.665	8.007	8.124	24.091	27.488	27.847	34.638

Na osnovu podataka iz prethodne tabele uočljivo je da se broj saobraćajnih nezgoda na području BiH od 2022 godine do 2025 godine konstatno povećava kako u BiH tako i u entitetima i distriktu (Federacija BiH, Republika Srpska, Brčko distrikt BiH) mada je procenat rehabilitovanih puteva veći, procenat novijih (savremenijih) vozila veći ali i informatička „pismenost“ građana bolja. Tako se i ostali podaci (broj SN sa poginulim/povrijeđenim, broj SN sa MŠ) takođe povećavaju iz godine u godinu iako bi trebalo da se broj smanjuje pošto novija vozila imaju savršenije elemente pasivne bezbjednosti. Moramo se samo sjetiti da su podaci za 2022 godinu donekle najbolji, jer je ta godina još uvijek bila godina pandemije Korona virusa pa je i broj putovanja bio smanjen (smanjena mobilnost stanovništva). Ako pogledamo broj nezgoda na dnevnom nivou dobićemo da je u 2022 dnevno bilo 86 nezgoda a 2025 godine čak 117 saobraćajnih nezgoda odnosno svaki dan su 22 osobe smrtno stradale ili bile povrijeđene. Ovaj podatak (trend) je svakako zabrinjavajući i zahtijeva što hitnije reagovanje i promjenu stanja.

3. ZVANIČNI PODACI O UZROCIMA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA PODRUČJU BRČKO DISTRIKTA BIH I NJIHOVA ANALIZA

Sve podatke vezane za saobraćajne nezgode prikuplja i objavljuje Policija Brčko distrikta BiH jer njeni službenici izlaze na lice mjesta nezgode, vrše uviđaj i sačinjavaju zapisnik. Na osnovu zapisnika se podaci ubacuju u evidenciju koja se objavljuje 3-4 puta godišnje, odnosno obavezno na kraju godine kao godišnji izvještaj. U tabeli 3 je dat pregled broja saobraćajnih nezgoda za 2022, 2023 i 2024 godinu na području Brčko distrikta BiH.⁴

³ Informacija o saobraćajnim/prometnim nezgodama, njihovim uzrocima i posljedicama u Bosni i Hercegovini u 2025 godini, BIHAMK, april/travanj 2026 godine

⁴ Izvod iz izvještaja o radu Policije Brčko distrikta BiH za 2024 godinu, statistički podaci, Policija Brčko distrikta BiH, novembar 2025 godine

TABELA 3, zvanični podaci o broju saobraćajnih nezgoda na području Brčko distrikta BiH za 2022, 2023 i 2024 godinu

GODINA	2022.	2023.	2024.
Ukupan broj procesuiranih saobraćajnih nezgoda	218	232	240
Broj saobraćajnih nezgoda s materijalnom štetom	80	84	89
Broj saobraćajnih nezgoda s lako ozlijeđenim licima	106	118	105
Broj saobraćajnih nezgoda s teško ozlijeđenim licima	26	23	38
Broj saobraćajnih nezgoda s poginulim licima	6	7	8

S obzirom da se podaci evidentiraju samo na osnovu zapisnika, jasno je da su ti podaci samo sirove informacije. Nakon sačinjavanja zapisnika policija na osnovu istog utvrđuje krivicu jednog (ili više) učesnika i na osnovu službene dužnosti podnosi prekršajnu/krivičnu prijavu na koju okrivljeni ima(ju) pravo žalbe. Takođe i učesnici u nezgodi mogu pokrenuti parnični postupak o utvrđivanju krivice ili doprinosa krivici nastanka nezgode. Nakon ovih postupaka može doći do sudskog procesa. Po završetku sudskog procesa sud donosi sudsku presudu nakon čije pravosnažnosti jedan ili više učesnika biva(ju) osuđen(i)/odgovorni/oslobođen(i) za nastanak saobraćajne nezgode. Jasno je da u odnosu na prvobitnu prekršajnu/krivičnu prijavu sudska presuda može biti sasvim drugačija, odnosno u sudskom procesu se najčešće utvrde stvarni uzroci (uzrok) koji su doveli do nastanka saobraćajne nezgode, što se ne unosi naknadno u evidenciju. Na osnovu toga dolazi do greške u stvarnim podacima. Takođe, vrlo često naknadni razgovor sa učesnicima u nezgodi dovodi do novih podataka, koji u stvari upućuju na pravi i realni uzrok nastanka nezgode, a ne onaj koji je konstatovan zapisnikom. U sledećoj tabeli je prikazana tabela zvaničnih uzroka zbog kojih nastaju SN na području Brčkog koja se navodi u istom izvještaju.

TABELA 4, zvanični uzroci nastanka saobraćajnih nezgoda na području Brčko distrikta BiH za 2022, 2023 i 2024 godinu

	NEPRIL. BRZINA	NEPOŠT. PRV.PROL.	NEPROP. SKRET.	NEPROP. PRETIC.	ALKOHO. VOZAČA	TEH.NEI. VOZAČA	POGREŠKA PJEŠAKA	OSTALO
2022.	62	26	13	14	29	0	0	74
2023.	66	27	20	10	25	1	0	83
2024.	66	34	13	11	40	0	0	76

Ako se analizira prethodna tabela, a u vezi sa prethodno navedenim uzrocima i greškama, primjećuje se da su samo alkohol i tehnička neispravnost vozila navedeni kao realni uzroci, dok je sve ostalo navedeno, u stvari, greške koje su učesnici u saobraćajnoj nezgodi učinili. Procentualno od ukupnog broja nezgoda realni uzroci su detektovani u 13,30% (2022); 11,20% (2023) i 16,66% (2024) saobraćajnih nezgoda. Ostali procenti su greške. Zanimljivo je da je pod OSTALO navedeno 33,94% (2022), 35,77% (2023) i 31,66% (2023) uzroka nastanka saobraćajnih nezgoda za koje ne znamo koji su. Dakle, za 1/3 saobraćajnih nezgoda mi nemamo zvaničnog uzroka odnosno OSTALO je odnijelo pobjedu u odnosu na sve pojedinačne uzroke/greške.

Neprikladna / nepropisna brzina u većini slučajeva predstavlja neposrednu grešku u ponašanju vozača, dok se stvarni uzroci nalaze u dubljim faktorima kao što su psihofizičko stanje vozača, uslovi na putu i okruženju, nivo znanja i iskustva i sl.

Simptomatično je da se u tri godine na području Brčkog ni jedna nezgoda nije dogodila zbog, recimo, umora, nedostatka puta, poledice, nedostatka saobraćajnog znaka i sl. Moguće je da su ovi uzroci sadržani pod OSTALO ali su morali biti izdvojeni i prikazani kao samostalni podaci. Na osnovu analize predočenih uzroka za 2022, 2023 i 2024 godinu (tabela 4) i kada ih saberemo zaključujemo sledeće:

Prema broju nezgoda redoslijed konstatovanih uzroka/grešaka je sledeći (za sve tri posmatrane godine)

Uzrok	br nezgoda	procenat
1. ostalo	233 nezgode	33,77%
2. neprilagođena brzina	194 nezgode	28,11%
4. alkoholisanost vozača	94 nezgode	13,62%
5. nepoštovanje prvenstva prolaza	87 nezgoda	12,61%
3. nepropisno skretanje	46 nezgoda	06,67%
6. nepropisno preticanje	35 nezgoda	05,07%
8. tehnička neispravnost vozila	1 nezgoda	00,15%
7. greška pješaka	0 nezgoda	00,00%
UKUPNO (za tri posmatrane godine)	690 nezgoda	100,00%

Dakle, na prvom mjestu po broju nezgoda je nepoznat uzrok⁵ koji čini čak 33,77% svih nezgoda. Znači za 1/3 saobraćajnih nezgoda se, u stvari, i ne zna pravi uzrok, što je statistički, a posebno sa aspekta struke, neprihvatljiva greška.

Nadalje, struktura uzroka svedena na **samo dva realna uzroka**, a to je alkohol i tehnička neispravnost vozila⁶. Svi ostali uzroci koji su navedeni, prema stručnoj nomenklaturi, pripadaju **graškama vozača** a ne uzrocima nezgoda.

Nepropisno preticanje, neprilagođena brzina, nepoštovanje prvenstva prolaza, nepropisno skretanje je greška (pojavni oblik), a uzrok nezgode je ono što je neposredno uticalo na ponašanje vozača da takvu grešku napravi.

Na kraju, kada se saberu sve nezgode iz tabele 4 dobije se broj od 690 nezgode što odgovara ukupnom broju nezgoda za tri posmatrane godine (218+232+240) što znači da je u tri posmatrane godine svaka saobraćajna nezgoda nastala pod djelovanjem **samo jednog uzroka**, što je praktično nemoguće.

Na osnovu tabele 3 vidi se da prosječan broj saobraćajnih nezgoda na području Brčko distrikta BiH kreće oko 230 nezgoda/godišnje, iako Policija i Vlada Brčko distrikta, kao institucije nosioci sistema bezbjednosti saobraćaja, tvrde da su svake godine pojačale aktivnosti u odnosu na prethodnu. Dakle, broj nezgoda je manje-više isti bez obzira na pojačane aktivnosti Policije i Vlade. Jasno je, dakle, da mjere koje se sprovode ne daju željene rezultate, odnosno očigledno je da su preduzete mjere ili nedovoljne ili loše analizirane.

Dakle, obzirom da je struktura uzroka koja se zvanično objavljuje vrlo siromašna, i svaka saobraćajna nezgoda uzrokovana samo jednim uzrokom, potvrđuje se činjenica da nema detaljnije analize saobraćajnih nezgoda.

Jedan od razloga ovakvog stanja je svakako i zvanična evidencija, odnosno zvanični podaci koji se objavljuju. Da nas zvanični podaci, u stvari, samo zavaravaju i usmjeravaju na pogrešnu stranu navešću nekoliko primjera.

⁵ Naveden pod *ostalo*

⁶ Koji učestvuju tek sa oko 13,77% u ukupnom broju nastalih saobraćajnih nezgoda, pri čemu je tehnička neispravnost vozila utvrđena u samo jednoj saobraćajnoj nezgodi u trogodišnjem posmatranom periodu

Primjer broj 1

Vozač koji se nalazi pod uticajem alkohola započinje radnju preticanja, pri čemu dolazi do saobraćajne nezgode. Smanjene psihofizičke sposobnosti usljed konzumiranja alkohola utiču na njegovu sposobnost procjene saobraćajne situacije, zbog čega se odlučuje na izvođenje radnje preticanja u uslovima u kojima ona nije bezbjedna.

U ovom slučaju, **alkohol predstavlja osnovni (ključni) uzrok nastanka nezgode**, dok je nepropisno preticanje **neposredna greška vozača koja je proizašla iz tog uzroka**. Međutim, u službenim izvještajima se često kao glavni uzrok navodi upravo nepropisno preticanje.

Realni cilj prevencije u ovakvim slučajevima mora biti usmjeren na eliminaciju osnovnog uzroka, odnosno konzumacije alkohola u saobraćaju, čime se indirektno sprječava i nastanak grešaka poput nepropisnog preticanja. Iako bi vozač u normalnim okolnostima mogao biti svjestan saobraćajnih pravila, pod uticajem alkohola dolazi do značajnog smanjenja sposobnosti rasuđivanja i kontrole ponašanja.

Primjer broj 2

Vozač na raskrsnici, usled nepoznavanja saobraćajnih pravila, ne ustupa prvenstvo prolaza drugom vozilu, pri čemu dolazi do saobraćajne nezgode.

U ovom slučaju, stvarni **uzrok nastanka nezgode je nedovoljno znanje vozača o pravilima saobraćaja**, dok je neustupanje prvenstva prolaza **neposredna greška koja proizilazi iz tog nedostatka znanja**.

U praksi se često kao uzrok ovakvih nezgoda navodi samo neustupanje prvenstva prolaza, dok se zanemaruje činjenica da vozač nije imao adekvatno znanje za pravilno postupanje u konkretnoj saobraćajnoj situaciji.

Zbog toga represivne mjere, poput kažnjavanja za neustupanje prvenstva prolaza, nemaju pun efekat ukoliko nisu praćene adekvatnim obrazovanjem i edukacijom vozača. Dugoročno rješenje predstavlja unapređenje obuke budućih vozača kao i kontinuirane edukacije već postojećih vozača, čime se eliminiše osnovni uzrok ovakvih grešaka u saobraćaju.

Primjer broj 3

Na kolovozu prekrivenom snijegom i ledom, vozač gubi kontrolu nad vozilom usljed proklizavanja, nakon čega dolazi do saobraćajne nezgode. U ovakvim situacijama se, po pravilu, kao **uzrok nezgode navodi neprilagođena brzina**.

Međutim, detaljnijom analizom može se uočiti da neprilagođena brzina predstavlja neposrednu grešku, dok **stvarni uzrok leži u sadejstvu nepovoljnih vremenskih uslova (snijeg i led) i nedovoljne prilagođenosti ponašanja vozača tim uslovima**.

Drugim riječima, vozač nije adekvatno procijenio uslove na putu niti prilagodio način vožnje, što je dovelo do gubitka kontrole nad vozilom. U tom smislu, uzrok nezgode nije samo brzina kao takva, već nedovoljna sposobnost vozača da upravlja vozilom u specifičnim zimskim uslovima.

Efikasna prevencija ovakvih nezgoda podrazumijeva kombinaciju mjera, prije svega kroz unapređenje obuke vozača za vožnju u zimskim uslovima, kao i povećanje efikasnosti i opremljenosti službi za održavanje puteva u zimskom periodu. Poseban problem predstavlja činjenica da značajan broj vozača tokom obuke i polaganja vozačkog ispita nema priliku da stekne praktično iskustvo vožnje na snijegu i ledu, zbog čega se sa takvim uslovima susreću tek samostalno u realnom saobraćaju.

Prema zvaničnim podacima Policije Distrikta za posmatrani trogodišnji period, nijedna saobraćajna nezgoda nije evidentirana kao posljedica nedostataka putne infrastrukture, umora vozača ili nepovoljnih vremenskih uslova, dok je samo jedan slučaj pripisan tehničkoj neispravnosti vozila.

Ovakva struktura evidentiranih uzroka jasno ukazuje na nedostatke u procesu identifikacije i klasifikacije uzroka saobraćajnih nezgoda, posebno imajući u vidu opšte stanje putne

infrastrukture, starost voznog parka i prisutnost različitih vremenskih uslova na području Brčko distrikta Bosne i Hercegovine.

Dodatno, pojedini slučajevi iz prakse ukazuju na to da faktori poput umora vozača mogu imati značajnu ulogu u nastanku saobraćajnih nezgoda, iako se ne evidentiraju kao zvanični uzroci. Navedeno potvrđuje potrebu za detaljnijim i preciznijim pristupom u analizi uzroka saobraćajnih nezgoda.

Analiza postojećeg stanja ukazuje na to da je praćenje i klasifikacija uzroka saobraćajnih nezgoda u određenoj mjeri površna i nedovoljno precizna. Kao rezultat toga, preventivne mjere se često zasnivaju na nepotpunim ili generalizovanim podacima, što može ograničiti njihovu efikasnost.

U takvim okolnostima, mjere koje se preduzimaju od strane nadležnih institucija, uključujući Policiju i Vladu Brčko distrikta Bosne i Hercegovine, ne dovode do značajnijeg smanjenja broja saobraćajnih nezgoda i njihovih posljedica. Stanje u kojem se prosječno godišnje bilježi približno 230 saobraćajnih nezgoda i oko 7 smrtno stradalih lica ukazuje na to da postojeći nivo bezbjednosti saobraćaja nije na društveno prihvatljivom nivou.

Ovakvi pokazatelji dodatno naglašavaju potrebu za unapređenjem metoda analize uzroka saobraćajnih nezgoda, kao i za redefinisanjem preventivnih mjera u pravcu njihovog usmjeravanja ka stvarnim uzrocima.

4. ZVANIČNI UZROCI NASTANKA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA NA PODRUČJU BiH

U zvaničnoj statistici koju prikuplja i objavljuje BIHAMK⁷ a na osnovu podataka koje dobija od entitetskih MUP-ova i Policije Distrikta uzroci saobraćajnih nezgoda su samo opisno prikazani bez navođenja procenata ili brojeva. Na sledećoj slici je dat način analize uzroka saobraćajnih nezgoda na području BiH.

Veliki broj saobraćajnih nesreća na našim putevima posljedica je djelovanja više različitih faktora. Među najvažnijima se izdvajaju nepoštivanje saobraćajnih propisa, nedovoljno razvijena saobraćajna kultura, kao i konstantno povećanje broja učesnika u saobraćaju.

Jedan od najčešćih uzroka nezgoda jeste neprilagođena brzina kretanja vozila. Vožnja iznad dozvoljenih ograničenja, kao i neprilagođavanje brzine vremenskim prilikama, stanju puta i intenzitetu saobraćaja, značajno povećavaju mogućnost nastanka nesreće. Također, upravljanje vozilom pod dejstvom alkohola ili drugih opojnih sredstava predstavlja ozbiljnu prijetnju i dodatno ugrožava sigurnost svih učesnika u saobraćaju. Odstojanje između vozila i vožnja vozilom unazad su također uzroci koji utiču na dešavanje saobraćajnih nezgoda/nesreća na bosanskohercegovačkim cestama.

Osim toga, čest uzrok nezgoda su nepravilni postupci vozača odnosno nepropisno izvođenje radnji u saobraćaju, poput nepropisnog mijenjanja trake, oduzimanja prvenstva prolaza, nepravilnog preticanja ili neadekvatnog skretanja. Nepridržavanje saobraćajne signalizacije također ima značajan uticaj na nastanak saobraćajnih nezgoda.

Iako rjeđe, određeni broj nesreća uzrokovan je i drugim faktorima, kao što su tehnička neispravnost vozila, nekorištenje pokazivača pravca prilikom skretanja ili prestrojavanja, te loše stanje putne infrastrukture. Oštećenja kolovoza i nedovoljna rasvjeta mogu u pojedinim situacijama biti presudni faktori u nastanku nezgode.

Slika 2, izvod iz dijela Informacije na strani 11 tačka 4. Uzroci i mjesto nastanka saobraćajnih/prometnih nezgoda

⁷ Bosanskohercegovački auto-moto klub

Dakle, i iz ove informacije zaključujemo da je i ovde jedan od najčešćih uzroka neprilagođena brzina kretanja vozila. Alkohol se navodi kao ozbiljna pretnja i dodatno ugrožava bezbjednost svih učesnika u saobraćaju. Ali svi uzroci (i greške) su samo navedene kao pretpostavka ali ne i kao decidno utvrđeno i procentualno (brojno) prikazano. Ovaj navod koji je prikazan na slici 2 je skoro pa isti i u izvještaju za 2024, 2023 i 2022 godinu. Ni u jednom od ovih izvještaja nema brojnih podataka odnosno procenata. Stiće se utisak da se dati segment samo prepisuje iz izvještaja u izvještaj pa se postavlja pitanje da li su i zaključci ispravni.

Prema izvještajima MUP-a Republike Srpske⁸ za 2024 godinu uzroci su navedeni i spomenuti samo na strani 23 dokumenta gdje je navedeno sledeće

3.1. Saobraćajne nezgode i posledice

U 2024. godini dogodilo se 10.806 saobraćajnih nezgoda, što je više za 1,8% u odnosu na 2023. godinu. U saobraćajnim nezgodama poginula su 94 lica (mañe za 15 lica), teže je povrijeđeno 617 lica (mañe za 0,3%), dok su lakše povrijeđena 3.144 lica (više za 7,7%). Broj nezgoda samo sa materijalnom štetom (8.175) je veći za 0,2%. Najčešće greške koje su doprinijele nastanku saobraćajnih nezgoda su bile: neprilagođena i nepropisna brzina kretañja vozila uslovima puta (kod 15,4% saobraćajnih nezgoda); neдржање потребног одстојања (14,2%); страна кретања – недржање десне стране коловоза – некретање уз десну ивицу коловоза (11,2%) и вођња уназад (10,2%).

Slika 3, Izvod iz dijela Informacije na strani 23 tačka 3.1. Saobraćajne nezgode i posljedice

U ovom izvještaju greške su pravilno detektovane (upravo je navedeno GREŠKE a ne uzroci) i to sledeće:

- neprilagođena i nepropisna brzina	15,40% saobraćajnih nezgoda
- neдржање потребног одстојања	14,20% saobraćajnih nezgoda
- neдржање десне стране коловоза	11,20% saobraćajnih nezgoda
- вођња уназад	10,20% saobraćajnih nezgoda

Dakle, oko polovine saobraćajnih nezgoda (51,00%) nastaje zbog pomenutih grešaka ali nema podataka o drugim uzrocima/greškama koje „proizvode“ još polovinu saobraćajnih nezgoda.

Prema prethodno iznesenim podacima, može se zaključiti da je postojeći broj saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica u velikoj mjeri rezultat dosadašnjih pristupa i mjera koje preduzimaju nadležni organi u Bosni i Hercegovini. Kao odgovor na nepovoljne pokazatelje, mjere se najčešće svode na izmjene zakonodavstva, prvenstveno kroz pooštřavanje kaznenih odredbi, naročito u oblasti sankcionisanja vožnje pod uticajem alkohola.

Međutim, praksa pokazuje da ovakve mjere ne daju očekivane dugoročne rezultate, budući da se broj saobraćajnih nezgoda ne smanjuje u značajnoj mjeri nakon njihovog uvođenja. Ovakav ishod ukazuje na ograničenu efikasnost pristupa koji je dominantno usmjeren na represiju.

Razlog tome može se tražiti u činjenici da vozači pod uticajem alkohola imaju značajno smanjenu sposobnost rasuđivanja, procjene rizika i samokontrole, zbog čega preventivni efekat kaznenih

⁸ Informacija o stanju bezbjednosti u Republici Srpskoj u 2024 godini, Vlada Republike Srpske, MUP Republike Srpske, Služba ministra, Banja Luka, april 2025

mjera u takvim situacijama izostaje. Drugim riječima, svijest o mogućim sankcijama ne predstavlja dovoljno snažan faktor odvratanja u uslovima smanjenih psihofizičkih sposobnosti. Zbog toga se može zaključiti da mjere koje su primarno zasnovane na sankcionisanju posledica ne mogu same po sebi dovesti do značajnog smanjenja broja saobraćajnih nezgoda, već je neophodno njihovo dopunjavanje mjerama koje su usmjerene na otklanjanje stvarnih uzroka rizičnog ponašanja u saobraćaju.

Na kraju, konstantno povećanje broja saobraćajnih nezgoda iz godine u godinu pokazuje da su preduzete mjere samo „potrošile“ vrijeme i resurse bez očekivanih (zadovoljavajućih) rezultata.

5. PRIJEDLOG MJERA

Mjere koje je potrebno preduzeti u cilju smanjenja broja saobraćajnih nezgoda zasnivaju se na sistemskom pristupu koji obuhvata četiri ključne faze:

A. Prikupljanje podataka

Ova faza podrazumijeva uspostavljanje kvalitetne i sveobuhvatne baze podataka koja, pored osnovnih statističkih pokazatelja, mora sadržavati i podatke o stvarnim uzrocima nastanka saobraćajnih nezgoda.

Baza podataka treba da obuhvati klasifikaciju nezgoda prema:

- posljedicama (poginuli, povrijeđeni, materijalna šteta)
- učesnicima (vozači, pješaci, biciklisti i dr.)
- tipu nezgode (čeon, bočni sudar, slijetanje i sl.)
- karakteristikama izvršioca (starost, pol, vozačko iskustvo, kategorija, itd.)
- mjestu nastanka (naselje, van naselja, raskrsnice, krivine i sl.)
- vremenu nastanka (dan/noć, godišnje doba, sat u toku dana)
- vozilima (tip, starost, tehnička ispravnost)
- drugim relevantnim faktorima (uslovi na putu, vremenski uslovi i sl.)

Podaci se prikupljaju iz više izvora, kao što su policijski zapisnici, uvidaji na licu mjesta, izjave učesnika, vještačenja, sudske presude, zdravstvene ustanove, osiguravajuće kuće itd.

B. Analiza i utvrđivanje uzroka

Na osnovu prikupljenih podataka vrši se detaljna analiza saobraćajnih nezgoda, s ciljem razlikovanja:

- **uzroka** (alkohol, umor, neznanje, stanje puta, vremenski uslovi)
- **neposrednih grešaka** (brzina, preticanje, neustupanje prvenstva)

Ovakav pristup omogućava preciznije razumijevanje mehanizma nastanka nezgode i predstavlja osnov za definisanje efikasnih preventivnih mjera.

Analizu mogu vršiti isključivo stručno osposobljena lica sa znanjem iz oblasti saobraćajne struke, forenzike i bezbjednosti saobraćaja.

C. Definisanje i implementacija mjera

Na osnovu utvrđenih uzroka definišu se ciljane mjere koje uključuju širi društveni angažman, i to kroz:

- unapređenje obrazovanja (predškolske ustanove, škole, autoškole)
- unapređenje zakonodavnog okvira i njegove primjene
- poboljšanje putne infrastrukture
- unapređenje tehničke ispravnosti vozila
- jačanje preventivnog i represivnog djelovanja policije

Mjere treba usmjeriti na otklanjanje stvarnih uzroka, a ne isključivo na sankcionisanje grešaka u saobraćaju.

D. Praćenje i evaluacija efekata

Efikasnost preduzetih mjera procjenjuje se kontinuiranim praćenjem i upoređivanjem stanja prije i nakon njihove primjene.

Mjere koje daju pozitivne rezultate potrebno je dalje razvijati, dok mjere bez značajnog efekta treba redefinisati ili zamijeniti novim pristupima.

E. Očekivani efekti

Primjenom ovakvog sistemskog pristupa mogu se postići sledeći rezultati:

- smanjenje broja saobraćajnih nezgoda
- smanjenje broja poginulih i povrijeđenih
- smanjenje materijalne i nematerijalne štete
- povećanje nivoa bezbjednosti saobraćaja
- efikasnije upravljanje sistemom bezbjednosti na lokalnom nivou

Na osnovu ovako prikupljenih i analiziranih podataka moguće je vršiti dodatne analize, kao što su:

- stepen ugroženosti saobraćaja
- trendovi nezgoda
- identifikacija opasnih mjesta (crnih tačaka)
- vremenska distribucija nezgoda
- drugi indikatori bezbjednosti saobraćaja

ZAKLJUČAK

Prema dostupnim podacima, stanje bezbjednosti saobraćaja u Bosni i Hercegovini i dalje izaziva zabrinutost, s obzirom na kontinuirano povećanje broja saobraćajnih nezgoda, kao i njihove teške posljedice po ljudske živote i materijalna dobra. Takvo stanje ukazuje na potrebu preispitivanja postojećeg pristupa analizi i prevenciji saobraćajnih nezgoda.

Jedan od ključnih problema ogleda se u nedovoljno detaljnoj i preciznoj analizi uzroka saobraćajnih nezgoda, usljed čega se preventivne mjere često zasnivaju na nepotpunim ili površno utvrđenim činjenicama. Kao rezultat toga, preduzete mjere, koje su u velikoj mjeri usmjerene na represivne aktivnosti, ne daju očekivane dugoročne efekte.

Efikasan sistem bezbjednosti saobraćaja zahtijeva identifikaciju stvarnih, odnosno ključnih uzroka nastanka nezgoda, čime se stvaraju uslovi za definisanje ciljanih i djelotvornih preventivnih mjera. Takav pristup omogućava racionalnije korišćenje raspoloživih resursa i postizanje boljih rezultata u smanjenju broja saobraćajnih nezgoda.

Poseban značaj ima edukacija budućih vozača, koja treba da bude zasnovana na stvarnim uzrocima saobraćajnih nezgoda, a ne samo na formalnom poznavanju propisa. Uvođenjem kvalitetnijeg sistema prikupljanja i analize podataka, kao i njihovim adekvatnim korišćenjem u procesu obuke i planiranja mjera, moguće je unaprijediti ukupni nivo bezbjednosti saobraćaja.

U skladu s tim, neophodno je uspostaviti sistemski pristup koji će omogućiti kontinuirano praćenje, analizu i pravilno tumačenje uzroka saobraćajnih nezgoda, s ciljem smanjenja njihovog broja i posljedica, te unapređenja bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju.

Ključni problem postojećeg sistema je fokus na sankcionisanju posledica, umjesto na identifikaciji i otklanjanju uzroka.

LITERATURA

- [1] Inić M., Fenomenologija saobraćajnih nezgoda, FTN, Novi Sad, R Srbija, 1995
[2] Informacija o saobraćajnim/prometnim nezgodama, njihovim uzrocima i poslasticama u Bosni i Hercegovini u 2025 godini, BIHAMK, april/travanj 2026 godine
[3] Izvod iz izvještaja o radu Policije Brčko distrikta BiH za 2024 godinu, statistički podaci, Policija Brčko distrikta BiH, novembar 2025 godine
[4] Informacija o stanju bezbjednosti u Republici Srpskoj u 2024 godini, Vlada Republike Srpske, MUP Republike Srpske, Služba ministra, Banja Luka, april 2025

DETAILED ANALYSIS OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS AS A BASIS FOR IDENTIFYING REAL CAUSES AND REDUCING THEIR NUMBER

Stević Stevo⁹

Petrić Željko¹⁰

Abstract: Successful prevention and reduction of road traffic accidents require a systematic and professional approach to analyzing their occurrence. A road traffic accident is the result of one or more causes that act prior to or at the moment of its occurrence.

A detailed analysis of individual road traffic accidents enables the identification of the actual causes that led to their occurrence. Proper determination of these causes creates the basis for defining and implementing appropriate preventive measures.

In this way, it is possible to address risk factors, reduce the number of road traffic accidents, improve the overall level of road safety, and enable more efficient management of the road safety system within a given area.

KEYWORDS: ROAD SAFETY, ROAD TRAFFIC ACCIDENTS, TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS, CAUSES OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

⁹ Stević Stevo, M.Sc, FTSc, University“Privredna akademija”, Brčko District, Bosnia and Herzegovina

¹⁰ Petrić Željko, PhD, FTSc, University“Privredna akademija”, Brčko District, Bosnia and Herzegovina

PROJEKTOVANJE I ANALIZA KRUŽNE RASKRSNICE NA MAGISTRALNOM PUTU M16 – STUDIJA SLUČAJA

Prof. dr Stojan Aleksić¹

Mr. Nebojša Teonić²

Mr. Saša Džigerović³

Doc. dr Gordana Aleksić-Blagojević⁴

Sažetak: U radu je detaljno analiziran proces projektovanja kružne raskrsnice na ukrštanju magistralnog puta M16 i pristupne saobraćajnice Agroindustrijske zone u Novoj Topoli, sa posebnim osvrtom na unapređenje bezbjednosti i efikasnosti saobraćaja. Analiza obuhvata postojeće stanje raskrsnice, identifikaciju nedostataka, kao i definisanje optimalnog projektantskog rješenja zasnovanog na savremenim principima regulacije saobraćaja. Poseban značaj dat je projektovanju vertikalne i horizontalne signalizacije, izboru tehničkih elemenata, kao i procjeni ekonomskih aspekata realizacije projekta. Rezultati ukazuju da implementacija kružne raskrsnice predstavlja optimalno rješenje za predmetnu lokaciju, jer omogućava smanjenje konfliktnih tačaka, povećanje bezbjednosti i stabilizaciju saobraćajnih tokova.

Ključne riječi: kružna raskrsnica, projektovanje saobraćaja, signalizacija, bezbjednost, putna infrastruktura.

UVOD

Savremeni razvoj saobraćajne infrastrukture zahtijeva kontinuirano unapređenje rješenja koja omogućavaju efikasno, bezbjedno i održivo odvijanje saobraćaja. Tradicionalne raskrsnice sa pravom prvenstva prolaza ili semaforском regulacijom često ne mogu adekvatno odgovoriti na povećane zahtjeve savremenog saobraćaja, naročito u zonama sa izraženim konfliktima tokova i neujednačenim opterećenjem.

U tom kontekstu, kružne raskrsnice predstavljaju jedno od najefikasnijih rješenja, jer omogućavaju kontinuirano kretanje vozila uz smanjenje brzine i eliminaciju najopasnijih konflikata, poput frontalnih i bočnih sudara. Njihova primjena posebno dolazi do izražaja na lokacijama gdje postoji izražena neravnomjernost saobraćajnih tokova ili povećan broj nezgoda. Predmet ovog rada je analiza i projektovanje kružne raskrsnice na ukrštanju magistralnog puta M16 i pristupnog puta Agroindustrijskoj zoni u Novoj Topoli. Cilj rada je da se kroz teorijsku i praktičnu analizu pokaže opravdanost primjene kružnog toka, kao i da se definišu osnovni projektantski elementi koji utiču na bezbjednost i funkcionalnost raskrsnice.

1. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja predstavlja ključnu fazu u procesu projektovanja, jer omogućava identifikaciju problema i definisanje osnovnih zahtjeva za novo rješenje. Predmetna lokacija predstavlja trokraku raskrsnicu bez semaforске regulacije, pri čemu magistralni put M16 ima dominantnu ulogu u odvijanju saobraćaja. U postojećem stanju, raskrsnica je karakterisana nedovoljnom signalizacijom, neadekvatnom organizacijom tokova i ograničenom preglednošću, što direktno utiče na bezbjednost učesnika u saobraćaju. Poseban problem predstavlja uključivanje vozila sa sporednog puta, gdje dolazi do zadržavanja i povećanog rizika od nezgoda.

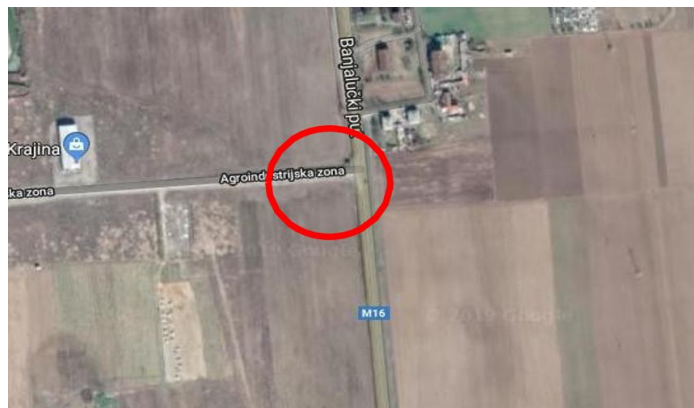
¹ Prof. dr Stojan Aleksić, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, e-mail: stojanaleksic@yahoo.com

² Mr. Nebojša Teonić, sekretar za polaganje stručnih ispita u Ministarstvu za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske, e-mail: n.teonic@mnr.vladars.rs

³ Mr Saša Džigerović, Fructa-Trade d.o.o Derventa, e-mail: sasa.dzigerovic@fructatrade.com

⁴ Doc. dr Gordana Aleksić-Blagojević, Saobraćajna i elektro škola Doboj, e-mail: blagojevicaleksic@yahoo.com

Takođe, evidentiran je nedostatak infrastrukturnih elemenata za pješake, kao što su uređeni trotoari i jasno definisani prelazi, što dodatno pogoršava bezbjednosnu situaciju.



Slika 1: Predmetna lokacija

Daljom analizom utvrđeno je da postojeće rješenje ne zadovoljava savremene standarde projektovanja, te da je neophodno uvesti rješenje koje će omogućiti sigurnije i efikasnije odvijanje saobraćaja.



Slika 2: Vertikalna signalizacija



Slika 3: Ivice kolovoza i stanje infrastrukture

2. RAZLOZI ZA PRIMJENU KRUŽNE RASKRSNICE

Primjena kružne raskrsnice na predmetnoj lokaciji zasniva se na potrebi unapređenja bezbjednosti i protočnosti saobraćaja. Kružne raskrsnice omogućavaju smanjenje broja konfliktnih tačaka sa 32 kod klasičnih četvorokrakih raskrsnica na znatno manji broj, čime se direktno smanjuje vjerovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda.

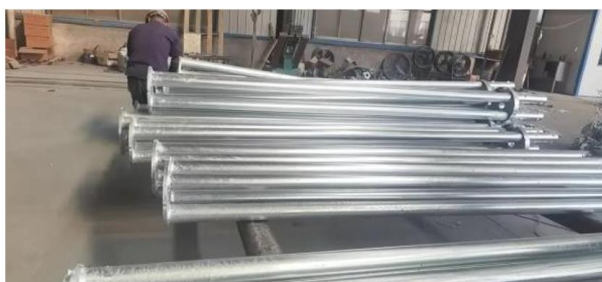
Pored toga, kružni tok uslovljava smanjenje brzine vozila prilikom ulaska u raskrsnicu, što ima pozitivan efekat na težinu eventualnih nezgoda. Kontinuirano kretanje vozila eliminiše potrebu za potpunim zaustavljanjem, čime se smanjuju zadržavanja i povećava efikasnost saobraćaja.

U poređenju sa semaforskim raskrsnicama, kružne raskrsnice imaju manju zavisnost od regulacionih uređaja i bolju adaptabilnost na promjenjive uslove saobraćaja. Takođe, imaju pozitivan uticaj na životnu sredinu kroz smanjenje emisije izduvnih gasova.

3. PROJEKTNO RJEŠENJE

Projektno rješenje kružne raskrsnice definisano je u skladu sa važećim standardima i tehničkim propisima. Osnovni koncept zasniva se na formiranju centralnog ostrva oko kojeg se odvija kružno kretanje vozila, uz jasno definisane ulazne i izlazne krakove.

Geometrijski elementi raskrsnice projektovani su tako da obezbijede optimalne radijuse kretanja, što omogućava sigurno i stabilno upravljanje vozilima. Posebna pažnja posvećena je projektovanju razdjelnih ostrva, koja imaju funkciju usmjeravanja tokova i povećanja preglednosti.



Slika 4: Standardni stubovi signalizacije

Centralno ostrvo projektovano je kao vizuelni i funkcionalni element koji dodatno utiče na smanjenje brzine kretanja vozila i poboljšava orijentaciju vozača.



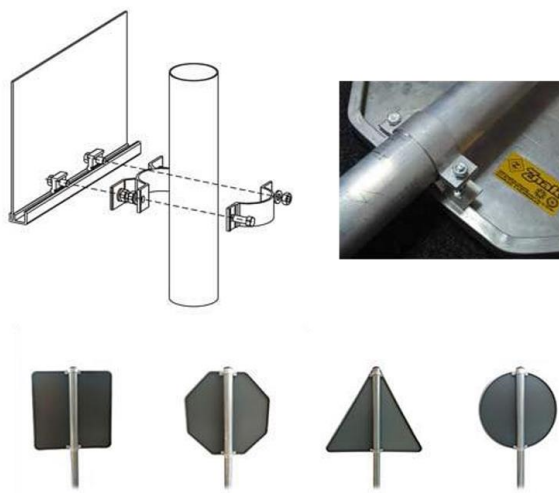
Slika 5: Svjetleći saobraćajni znakovi u centralnom ostrvu

5. SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA

5.1. Vertikalna signalizacija

Vertikalna signalizacija predstavlja ključni element upravljanja saobraćajem, jer vozačima pruža informacije o režimu kretanja, ograničenjima i pravilima ponašanja. U projektovanom rješenju predviđena je primjena standardizovanih znakova u skladu sa važećim propisima i evropskim normama.

Znakovi su izrađeni od aluminijumskih materijala sa reflektujućim folijama, čime se obezbjeđuje njihova vidljivost u svim uslovima. Posebno je predviđena primjena svjetlećih znakova, koji dodatno povećavaju bezbjednost u noćnim uslovima.



Slika 6: Način vezivanja saobraćajnog znaka

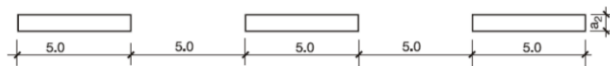
5.2. Horizontalna signalizacija

Horizontalna signalizacija ima značajnu ulogu u vođenju saobraćajnih tokova, posebno u zoni raskrsnice gdje je potrebno jasno definisati pravce kretanja. Projektovano rješenje obuhvata primjenu uzdužnih i poprečnih oznaka koje omogućavaju intuitivno kretanje vozila.

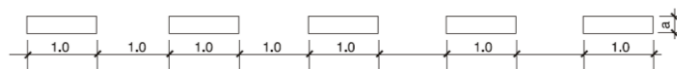
Posebno su važni elementi kao što su linije zaustavljanja, isprekidane linije i pješački prelazi, koji doprinose bezbjednosti svih učesnika u saobraćaju.



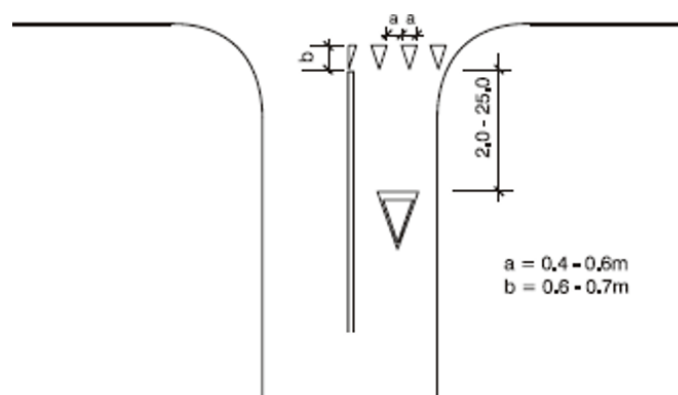
Slika 7: Puna linija



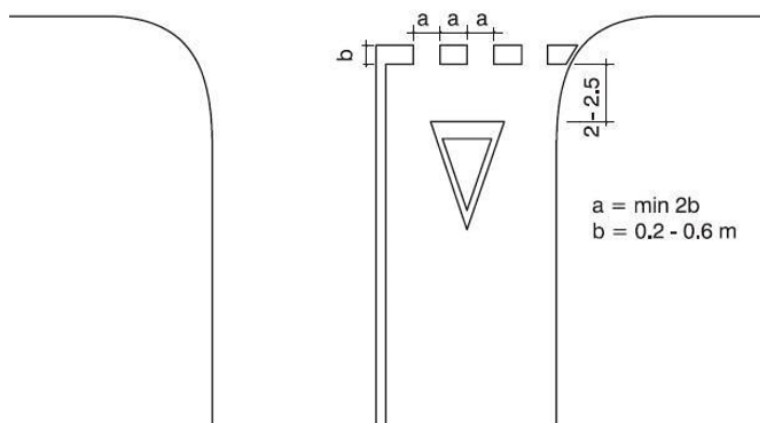
Slika 8: Isprekidana linija



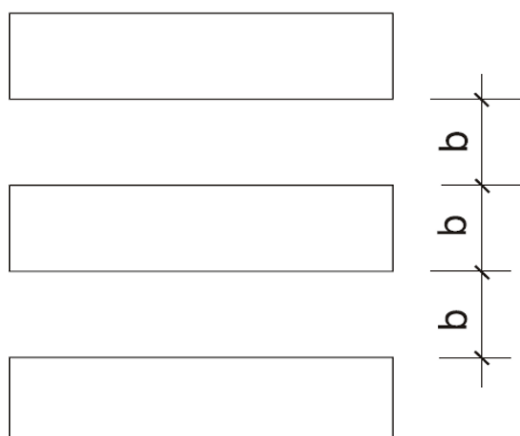
Slika 9: Kratka isprekidana linija



Slika 10. Šematski prikaz izgleda zaustavne linije projektovane trouglovima



Slika 11: Šematski prikaz izgleda isprekidane zaustavne linije



Slika 12. Šematski prikaz izgleda pješačkog prela

6. TEHNIČKI I EKONOMSKI ASPEKTI

Tehnički i ekonomski aspekti projektovanja kružne raskrsnice predstavljaju ključni segment u donošenju odluke o realizaciji ovakvog infrastrukturnog rješenja. Analiza ne obuhvata samo inicijalne troškove izgradnje, već i dugoročne efekte kroz smanjenje troškova održavanja, povećanje bezbjednosti i optimizaciju saobraćajnih tokova.

Ukupna procijenjena vrijednost projekta iznosi približno 27.690,80 KM, pri čemu najveći dio investicije otpada na vertikalnu saobraćajnu signalizaciju, posebno na savremene svjetleće znakove koji značajno doprinose vidljivosti i bezbjednosti u noćnim uslovima i uslovima smanjene vidljivosti. Građevinski radovi, uključujući izradu temelja za stubove signalizacije i pripremu podloge, čine značajan ali ne dominantan dio ukupnih troškova, što ukazuje da je projekat relativno ekonomičan u odnosu na infrastrukturne intervencije većeg obima.

Sa tehničkog aspekta, projektovana raskrsnica zadovoljava sve osnovne kriterijume modernog projektovanja, uključujući optimalne radijuse kretanja, adekvatne širine saobraćajnih traka i pravilno dimenzionisane razdjelne elemente. Time se obezbjeđuje stabilno i predvidivo kretanje vozila, što je posebno važno u uslovima mješovitog saobraćaja gdje učestvuju putnička i teretna vozila različitih karakteristika.

Jedan od najvažnijih elemenata tehničke analize jeste procjena eksploatacionih troškova. Kružne raskrsnice, za razliku od semaforizovanih, ne zahtijevaju složene elektroenergetske i upravljačke sisteme, čime se eliminišu troškovi električne energije, održavanja signalnih uređaja i periodične zamjene komponenti. Dugoročno posmatrano, ovo predstavlja značajnu ekonomsku prednost, naročito u sredinama gdje su budžetska sredstva ograničena.

Pored direktnih troškova, neophodno je analizirati i indirektne ekonomske efekte. Smanjenje vremena čekanja i zadržavanja vozila dovodi do smanjenja potrošnje goriva, što ima pozitivan uticaj kako na ekonomiju korisnika, tako i na ukupne emisije štetnih gasova. Kontinuirano kretanje vozila smanjuje broj zaustavljanja i ubrzavanja, što dodatno smanjuje mehaničko habanje vozila i troškove održavanja.

Važan segment ekonomske analize odnosi se i na troškove saobraćajnih nezgoda. Brojna istraživanja pokazuju da kružne raskrsnice značajno smanjuju broj i težinu nezgoda, što direktno utiče na smanjenje društvenih troškova, uključujući troškove liječenja, materijalne štete i gubitke radne sposobnosti. U tom kontekstu, iako početna investicija može djelovati relativno visoka, ukupni troškovi kroz životni ciklus projekta su znatno manji u odnosu na klasična rješenja.

Dodatno, tehničko rješenje predviđa upotrebu materijala visoke trajnosti, poput aluminijumskih konstrukcija i reflektujućih folija visokog kvaliteta, što obezbjeđuje dug vijek trajanja signalizacije uz minimalne intervencije održavanja. Ovakav pristup doprinosi stabilnosti sistema i smanjuje potrebu za čestim rekonstrukcijama.

Sveobuhvatna analiza ukazuje da projektovana kružna raskrsnica predstavlja tehnički optimalno i ekonomski opravdano rješenje, koje omogućava dugoročnu održivost i visok nivo funkcionalnosti u uslovima realnog saobraćaja.

7. BEZBJEDNOST SAOBRAĆAJA

Bezbjednost saobraćaja predstavlja osnovni kriterijum u projektovanju svih raskrsnica, a posebno u zonama gdje dolazi do ukrštanja saobraćajnih tokova različitog intenziteta. U tom smislu, kružne raskrsnice se u savremenoj saobraćajnoj praksi smatraju jednim od najefikasnijih rješenja za smanjenje rizika od saobraćajnih nezgoda.

Osnovna prednost kružnih raskrsnica ogleda se u značajnom smanjenju broja konfliktnih tačaka. Kod klasičnih raskrsnica postoji veliki broj potencijalnih konflikata, uključujući presijecanja i frontalne sudare, koji su najčešće povezani sa teškim posljedicama. Uvođenjem kružnog toka eliminišu se direktni konflikti, a kretanje vozila se svodi na uključivanje u tok i isključivanje iz njega, što značajno smanjuje vjerovatnoću sudara.

Jedan od ključnih bezbjednosnih faktora je i smanjenje brzine kretanja vozila. Geometrija kružne raskrsnice, uključujući radijuse i razdjelna ostrva, prirodno uslovljava vozače da smanje brzinu prilikom ulaska u raskrsnicu. Time se ne samo smanjuje vjerovatnoća nastanka nezgode, već i težina posljedica u slučaju njenog nastanka.

Poseban značaj ima i povećana preglednost raskrsnice. Projektovano rješenje omogućava vozačima bolju percepciju situacije u saobraćaju, jer su svi tokovi jasno definisani i vizuelno odvojeni. Upotreba adekvatne vertikalne i horizontalne signalizacije dodatno doprinosi razumijevanju režima kretanja i smanjuje mogućnost pogrešnog reagovanja vozača.

Bezbjednost pješaka takođe je značajno unaprijeđena. Uvođenjem kružne raskrsnice smanjuje se dužina prelaska kolovoza, a brzine vozila su niže, što povećava šanse za pravovremenu reakciju vozača. Pješački prelazi su jasno označeni i pozicionirani van zone direktnog konflikta, čime se dodatno povećava sigurnost.

Važan aspekt bezbjednosti odnosi se i na noćne uslove vožnje. Primjena svjetlećih saobraćajnih znakova i reflektujućih materijala omogućava visoku vidljivost signalizacije, čak i u uslovima smanjene vidljivosti. Time se smanjuje rizik od pogrešne interpretacije signalizacije i povećava sigurnost učesnika u saobraćaju.

Sa aspekta psihologije vozača, kružne raskrsnice utiču na promjenu načina ponašanja u saobraćaju. Vozači su primorani na veću pažnju i oprez, jer ulazak u kružni tok zahtijeva procjenu razmaka i brzine drugih vozila. Ovakav način kretanja smanjuje agresivnu vožnju i doprinosi opštem povećanju bezbjednosti.

Analizirajući sve navedene faktore, može se zaključiti da projektovana kružna raskrsnica značajno unapređuje bezbjednosni nivo predmetne lokacije. Smanjenje konflikata, kontrola brzine, povećana preglednost i kvalitetna signalizacija predstavljaju ključne elemente koji doprinose sigurnijem odvijanju saobraćaja.

U konačnici, implementacija ovog rješenja ne samo da rješava postojeće probleme, već stvara dugoročno stabilan i bezbjedan saobraćajni sistem koji je usklađen sa savremenim standardima i zahtjevima.

ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene analize postojećeg stanja, definisanih projektantskih zahtjeva i razrađenog tehničkog rješenja, može se zaključiti da implementacija kružne raskrsnice na ukrštanju magistralnog puta M16 i pristupne saobraćajnice Agroindustrijske zone u Novoj Topoli predstavlja optimalno rješenje sa aspekta bezbjednosti, funkcionalnosti i dugoročne održivosti saobraćajnog sistema.

Detaljna analiza postojećeg stanja ukazala je na niz nedostataka karakterističnih za nesemaforizovane raskrsnice, među kojima se posebno izdvajaju nedovoljna preglednost, neadekvatna regulacija saobraćajnih tokova i povećan rizik od konflikata između vozila. Ovi problemi su dodatno naglašeni usljed rasta saobraćajnog opterećenja i specifičnosti lokacije, koja obuhvata pristup industrijskoj zoni sa značajnim udjelom teretnog saobraćaja. U tom kontekstu, jasno je da postojeće rješenje ne može zadovoljiti savremene zahtjeve u pogledu bezbjednosti i efikasnosti.

Projektovano rješenje kružne raskrsnice omogućava suštinsku transformaciju načina odvijanja saobraćaja na predmetnoj lokaciji. Eliminacijom direktnih konfliktnih tačaka i uvođenjem kružnog kretanja postiže se značajno smanjenje vjerovatnoće nastanka saobraćajnih nezgoda, dok geometrija raskrsnice prirodno uslovljava smanjenje brzine kretanja vozila. Ovakav pristup ne samo da smanjuje broj nezgoda, već i ublažava njihove posljedice, što je od ključnog značaja sa aspekta ukupne bezbjednosti saobraćaja.

Sa funkcionalnog aspekta, kružna raskrsnica omogućava kontinuirano odvijanje saobraćaja bez potrebe za potpunim zaustavljanjem vozila, čime se smanjuju zadržavanja i povećava protočnost. Posebno je značajno da ovakav tip raskrsnice pokazuje visok nivo adaptabilnosti na promjenjive uslove saobraćaja, što ga čini pogodnim za primjenu u zonama sa neujednačenim opterećenjem i promjenjivom strukturom saobraćaja.

Ekonomska analiza dodatno potvrđuje opravdanost primjene ovog rješenja. Iako realizacija projekta zahtijeva određena inicijalna ulaganja, dugoročni efekti kroz smanjenje troškova održavanja, smanjenje potrošnje goriva i naročito kroz smanjenje troškova saobraćajnih nezgoda, višestruko nadmašuju početne investicije. Time se kružna raskrsnica ne može posmatrati samo kao tehničko rješenje, već kao ekonomski racionalan izbor u kontekstu upravljanja saobraćajnom infrastrukturom.

Poseban doprinos projektovanog rješenja ogleda se u unapređenju bezbjednosti ranjivih učesnika u saobraćaju, prije svega pješaka. Jasno definisani pješački prelazi, smanjene brzine kretanja vozila i povećana preglednost značajno doprinose smanjenju rizika od nezgoda u kojima učestvuju pješaci. Takođe, primjena savremene signalizacije, uključujući svjetleće znakove i reflektujuće materijale, obezbjeđuje visok nivo vidljivosti u svim uslovima, što dodatno povećava sigurnost.

Rezultati rada ukazuju i na širi značaj primjene kružnih raskrsnica u savremenom projektovanju putne infrastrukture. Ovakva rješenja doprinose ne samo povećanju bezbjednosti i protočnosti, već i smanjenju negativnih uticaja na životnu sredinu kroz smanjenje emisije štetnih gasova i buke. U tom smislu, kružne raskrsnice predstavljaju važan element održivog razvoja saobraćajnih sistema.

Na osnovu svega navedenog, može se zaključiti da projektovana kružna raskrsnica predstavlja tehnički opravdano, bezbjednosno superiorno i ekonomski isplativo rješenje za predmetnu

lokaciju. Njena realizacija bi doprinijela značajnom unapređenju ukupnog saobraćajnog sistema, uz stvaranje stabilnih i predvidivih uslova za sve učesnike u saobraćaju.

Kao preporuka za dalja istraživanja i unapređenje rada, moguće je izvršiti detaljniju kvantitativnu analizu kapaciteta raskrsnice, kao i simulaciju saobraćajnih tokova primjenom savremenih softverskih alata. Time bi se dodatno potvrdili dobijeni rezultati i omogućila preciznija evaluacija performansi projektovanog rješenja u različitim uslovima eksploatacije.

LITERATURA

1. Ernst Neufert, Arhitektonsko projektovanje, 2012.
2. Horizontalna signalizacija, Zdravković P., Sanić B., Vukanović S., Milosavljević S., Saobraćajni fakultet Beograd 2003. godina.
3. JU standard, cestovna signalizacija i oprema.
4. Pravilnik o osnovnim uslovima koje javni putevi i njihovi elementi i objekti na njima moraju ispuniti sa gledišta bezbjednosti saobraćaja
5. Pravilnik o saobraćajnim znakovima i signalizaciji na cestama, načinu obilježavanja radova i prepreka na cesti i znakovima koje učesnicima u saobraćaju daje ovlaštena osoba (Sl. glasnik BiH 16/07 od 07.03.2007.god.)
6. Radoslav Mijatović, Normativi i standardi rada u građevinarstvu – Niskogradnja, Građevinska knjiga Beograd, 2008.
7. Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima (Direkcija cesta Federacije BiH i JP „Putevi Republike Srpske“ , Sarajevo/Banja Luka 2005
8. Zakon o osnovama sigurnosti saobraćaja na putevima u Bosni i Hercegovini Službeni glasnik BiH 6/06 od 31.01.2006.godine.

DESIGN AND ANALYSIS OF A ROUNDABOUT AT THE INTERSECTION OF THE M16 MAIN ROAD – A CASE STUDY

Abstract: This paper presents a comprehensive analysis of the design process of a roundabout located at the intersection of the M16 main road and the access road to the Agro-Industrial Zone in Nova Topola. Particular emphasis is placed on safety improvement, traffic efficiency, and the application of modern traffic engineering principles. The study includes an assessment of the existing intersection conditions, identification of its deficiencies, and the development of an optimal design solution based on contemporary traffic management approaches. Special attention is given to the design of vertical and horizontal traffic signage, selection of technical elements, and evaluation of economic aspects of project implementation. The results indicate that the implementation of a roundabout represents the most suitable solution for the analyzed location, as it significantly reduces conflict points, enhances traffic safety, and improves overall traffic flow stability.

Keywords: roundabout, traffic engineering design, traffic control devices, road safety, transportation infrastructure

ISPITIVANJE SNAGE MOTORNIH VOZILA NA ŠASIJSKOM DINAMOMETRU

Msc. Svetko Milutinović¹

Prof. dr Stojan Aleksić²

Doc. dr Gordana Aleksić-Blagojević³

Sažetak: U radu je analiziran princip rada šasijskog dinamometra i njegova primjena u ispitivanju performansi motornih vozila u laboratorijskim uslovima. Poseban akcenat stavljen je na mjerenje snage i obrtnog momenta, kao i na simulaciju realnih uslova vožnje putem modela putnog opterećenja. Eksperimentalna ispitivanja provedena su na dinamometru AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM, pri čemu su analizirane osnovne veličine kao što su snaga i obrtni moment. Mjerenja su izvršena na vozilu Škoda Octavia, a dobijeni rezultati pokazuju dobru ponovljivost i potvrđuju značaj pravilne korekcije gubitaka u transmisiji za tačno određivanje snage motora.

Ključne riječi: šasijski dinamometar, snaga motora, vučna sila, simulacija putnog opterećenja.

UVOD

Razvoj savremenih motornih vozila zahtijeva precizno određivanje njihovih performansi, prije svega snage i obrtnog momenta pogonskog agregata. U realnim uslovima eksploatacije, performanse vozila zavise od velikog broja faktora, uključujući aerodinamičke uticaje, otpor kotrljanja, karakteristike transmisije i uslove okoline. Zbog složenosti ovih uticaja, direktno mjerenje performansi na putu često ne daje dovoljno precizne i ponovljive rezultate [1].

Iz tog razloga razvijeni su šasijski dinamometri, koji omogućavaju simulaciju realnih uslova vožnje u laboratoriji. Ovi uređaji omogućavaju ne samo mjerenje snage i obrtnog momenta, već i detaljnu analizu ponašanja vozila u različitim režimima rada. Posebna prednost šasijskih dinamometara ogleda se u mogućnosti kontrole uslova ispitivanja, čime se obezbjeđuje visoka ponovljivost mjerenja.

U ovom radu analiziran je princip rada šasijskog dinamometra AVL Roadsim, kao i metodologija mjerenja snage vozila. Pored teorijske analize, prikazan je i eksperimentalni postupak ispitivanja, sa ciljem da se ukaže na značaj pravilne interpretacije rezultata mjerenja.

1. ŠASIJSKI DINAMOMETRI

Šasijski dinamometri predstavljaju kompleksne elektro-mehaničke sisteme koji omogućavaju ispitivanje vozila u stacionarnim uslovima uz simulaciju realnih opterećenja. Osnovna funkcija ovih uređaja jeste da reprodukuju sile koje djeluju na vozilo tokom vožnje, čime se omogućava analiza njegovih performansi bez potrebe za testiranjem na otvorenom putu [2].

U realnim uslovima, energija proizvedena u motoru prenosi se preko transmisije do pogonskih točkova, pri čemu dolazi do određenih gubitaka. Upravo zbog tih gubitaka, snaga koja se mjeri na točkovima uvijek je manja od snage na zamajcu motora. Šasijski dinamometar omogućava mjerenje upravo te snage na točkovima, ali i procjenu gubitaka u transmisiji.

¹ Msc. Svetko Milutinović, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj, e-mail: s.milutinovic@hotmail.com

² Prof. dr Stojan Aleksić, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, e-mail: stojanaleksic@yahoo.com

³ Doc. dr Gordana Aleksić-Blagojević, Saobraćajna i elektro škola Doboj, blagojevicaleksic@yahoo.com

Poseban značaj ovih uređaja ogleda se u mogućnosti simulacije različitih režima rada, kao što su konstantna brzina, ubrzanje ili usporenje. Na taj način moguće je analizirati ponašanje vozila u različitim uslovima eksploatacije, uključujući gradski i van-gradski režim vožnje.

Pored toga, šasijski dinamometri imaju široku primjenu u ispitivanju emisije izduvnih gasova, potrošnje goriva, kao i u procesu razvoja i kalibracije upravljačkih sistema motora. Njihova upotreba je danas standard u automobilske industriji i istraživačkim laboratorijama.

2. Eksperimentalna oprema

Eksperimentalni dio rada realizovan je na šasijskom dinamometru AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM, koji predstavlja savremeni sistem za ispitivanje vozila u laboratorijskim uslovima.

Slika 1: Šasijski dinamometar AVL Chassis Dyno]



Ovaj dinamometar spada u grupu aktivnih dinamometara i omogućava simulaciju putnog opterećenja primjenom elektroagregata koji generišu potrebne sile na valjcima. Konstrukcija uređaja omogućava ispitivanje vozila sa različitim tipovima pogona, uključujući prednji, zadnji i pogon na sva četiri točka [3].

Osnovni elementi sistema su valjci na koje se postavljaju pogonski točkovi vozila. Valjci su povezani sa mjernim i pogonskim sistemima, koji omogućavaju precizno određivanje vučne sile i brzine. Mjerenje sile vrši se pomoću senzora sile zasnovanog na tenzometrijskom principu.

Senzor sile na šasijskom dinamometru zasnovan je na tenzometrijskom principu i koristi se za indirektno mjerenje vučne sile na valjcima. Opterećenje koje nastaje usljed reakcije sile prenosi se na mjernu ćeliju, gdje dolazi do deformacije elastičnog elementa i promjene električnog otpora. Ova promjena se pretvara u električni signal proporcionalan sili, koji predstavlja osnovu za proračun snage vozila [4].

Enkoder je uređaj koji služi za mjerenje ugaone brzine valjaka, a time i brzine vozila. Najčešće se koristi inkrementalni enkoder koji generiše impulse tokom rotacije osovine. Brojanjem impulsa

u određenom vremenskom intervalu određuje se brzina, dok fazni pomak signala omogućava određivanje smjera rotacije. Ova veličina je ključna za izračunavanje snage.

Elektromotor u šasijskom dinamometru ima dvostruku funkciju: može raditi kao pogonski element ili kao generator. U režimu simulacije opterećenja elektromotor generiše otpor koji odgovara realnim uslovima vožnje, dok u režimu kočenja apsorbira energiju koju vozilo predaje sistemu. Na taj način omogućava preciznu kontrolu opterećenja tokom ispitivanja [5].

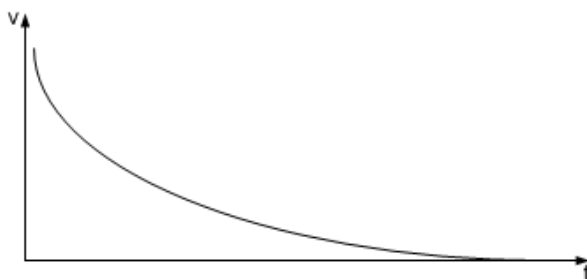
Ventilator za hlađenje ima zadatak da simulira protok vazduha koje nastaje tokom kretanja vozila. Njegova funkcija je da spriječi pregrijavanje motora i ostalih komponenti tokom ispitivanja na dinamometru. Brzina protoka vazduha može se regulisati u skladu sa brzinom vozila, čime se obezbjeđuju realni uslovi rada.

3. SIMULACIJA PUTNOG OPTEREĆENJA

Jedan od ključnih zadataka šasijskog dinamometra jeste simulacija putnog opterećenja, odnosno reprodukcija sila koje djeluju na vozilo tokom kretanja. Ove sile zavise od brzine vozila, mase, aerodinamičkih karakteristika i stanja kolovoza.

Putno opterećenje se najčešće aproksimira kvadratnom funkcijom brzine, pri čemu se ukupna sila izražava kao zbir konstantnog, linearnog i kvadratnog člana. Ovakav model omogućava relativno jednostavnu, ali dovoljno preciznu simulaciju realnih uslova vožnje.

Parametri modela određuju se eksperimentalno, najčešće primjenom „coastdown“ testa, pri kojem se vozilo pušta da slobodno usporava. Na osnovu promjene brzine u vremenu moguće je odrediti otporne sile koje djeluju na vozilo [6].



Grafikon 1: Brzina u funkciji vremena

S obzirom da vozilo aktivno ne ubrzava ili ne koči i pretpostavlja se da je ispitna staza ravna, onda ne postoji uticaj drugih sila (nagiba ili ubrzanja). Te uslove zavisnosti brzine od opterećenja treba da reprodukuje šasijski dinamometar. Zavisnost brzine od putnog opterećenja se obično aproksimira kvadratnom jednačinom.

$$F_r = F_0 + F_1 \cdot v + F_2 \cdot v^2 \quad (1)$$

- F_r - putno opterećenje otpora vazduha i otpora kotrljanja,
- F_0 - parametar sine nezavisan od brzine,
- F_1 - parametar sile proporcionalno zavisian od brzine,
- F_2 - parametar sile zavisian od kvadrata brzine.

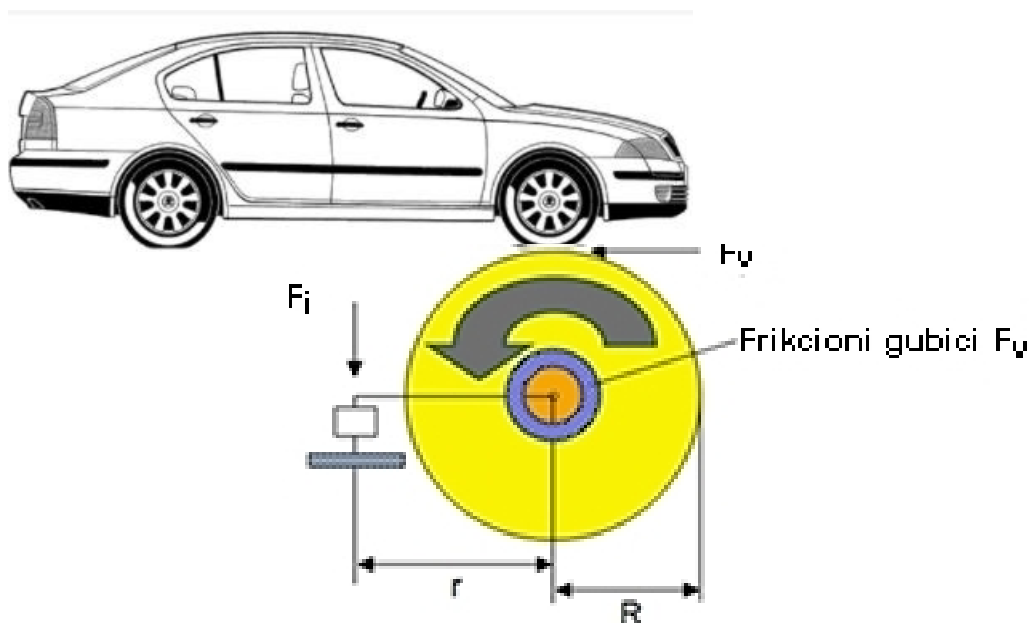
Ovi parametri zavise od mase, oblika karoserije vozila, pogona, pneumatika i drugih karakteristika. Proračun na osnovu formule sa odgovarajućim parametrima koja je prikazana iznad se izvršava u realnom vremenu preko parametara trenutne brzine vozila na šasijskom dinamometru [7].

Parametri F_0 , F_1 i F_2 se koriste za aproksimaciju krive putnog opterećenja dobijene kao na realnom putu. Da bi se dobili realni mjerni rezultati parametara putnog opterećenja, treba vozilo na šasijskom dinamometru podvrgnuti ispitivanju sa nekoliko izvedenih „coastdown“ testova (automatska adaptacija parametra vozila).

4. PRINCIP MJERENJA SNAGE

Dinamometar je elektro-mehanički uređaj koji služi i za mjerenje snage motornog vozila kako na pogonskim točkovima tako i na zamajcu pogonskog agregata sa mjerenjem izgubljene snage u transmisiji. Takođe se može mjeriti i obrtni moment pogonskog agregata uz prethodno određivanje prenosnih odnosa transmisije. Obrtni moment proizveden od strane pogonskog agregata pretvara se preko transmisije u vučnu silu na točkovima vozila. Snaga vozila je proizvod obrtnog momenta pogonskog agregata i ugaone brzine, tako da je za dobijanje snage potrebno izmjeriti vučnu silu na točkovima vozila, zbog čega je potrebna najveća mjerna tačnost kod mjerenja ovih veličina.

Jedine dvije direktno mjerene veličine na šasijskom dinamometru su sila i ugaona brzina. Na sledećoj slici je prikazan fizički princip mjerenja snage ispitnih vozila na šasijskom dinamometru.



Slika 2: Princip mjerenja snage na šasijskom dinamometru

Tok mjerenja sastoji se iz dvije faze. U prvoj fazi vozilo ubrzava, pri čemu se mjeri snaga na točkovima. U drugoj fazi vozilo se pušta da usporava, čime se određuju gubici u transmisiji. Sabiranjem ove dvije vrijednosti dobija se snaga motora. Ovakav pristup omogućava relativno precizno određivanje snage bez potrebe za direktnim mjerenjem na zamajcu motora.

5. REZULTATI EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA

Eksperimentalna ispitivanja dinamičke snage motora su provedena u Laboratoriji za motorna vozila Saobraćajnog fakulteta Doboj primjenom šasijskog dinamometra *AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM'*.

Snaga na točku i zamajcu motora je mjerena dinamičkim načinom ispitivanja koje podrazumijeva da se vozilo ubrzava u odgovarajućem stepenu prenosa od približno minimalne do približno maksimalne brzine, a zatim se ručica mjenjača prebacuje u neutralan položaj i vozilo slobodno usporava. Za vrijeme ubrzanja se mjeri vučna sila, odnosno dobijeni moment i snaga na pogonskim točkovima, a dok vozilo usporava mjeri se sila usporenja odnosno gubici snage i momenta u transmisiji. Sabiranjem dobijene snage i momenta pri određenoj brzini sa gubicima snage i momenta za istu brzinu dobija se snaga i moment na zamajcu pogonskog agregata.

Ispitivanja dinamičke snage i obrtnog momenta motora vršena su na testnom vozilu Škoda Octavia. Stanje brojača kilometara na dan ispitivanja je iznosilo 204037 km.

U sledećoj tabeli su date karakteristike motora testnog vozila.

Oznaka motora	TDI
Maksimalna snaga	150 kW pri 3500 – 4000 obrtaja
Maksimalni obrtni moment	320 Nm pri 1750 – 3000 obrtaja
Norma izduvne emisije	Euro 5
Pogonsko gorivo	Dizel
Radna zamremina	1968 cm ³
Tip dobave goriva	Commonrail
Broj cillindara	4
Prečnik cilindra	81 mm
Hod klipa	95.5 mm
Raspored cilindara	Linijski
Broj ventila po cilindru	4
Snadbjevanje vazduhom	Turbopunjač sa međuhladnjakom

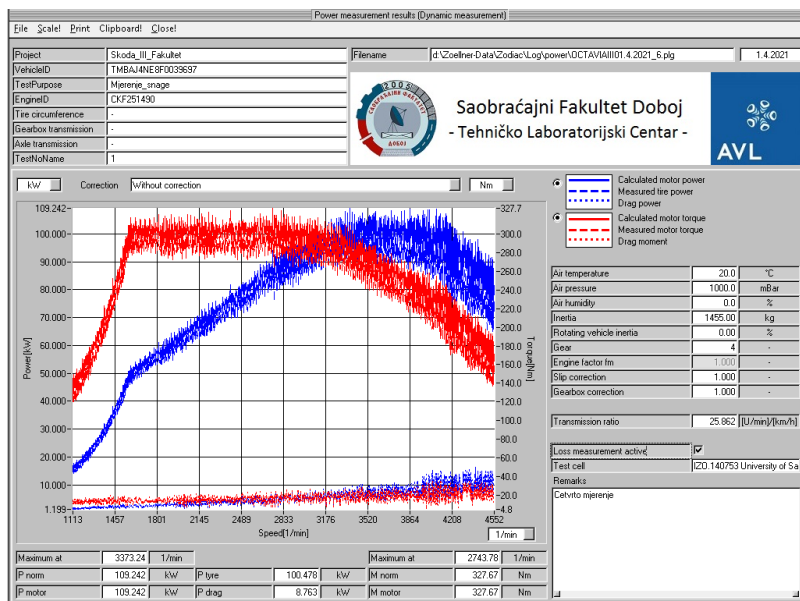
Tabela 1: Karakteristike motora testnog vozila

Na sledećoj slici je prikazano ispitno vozilo na šasijskom dinamometru AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM'.

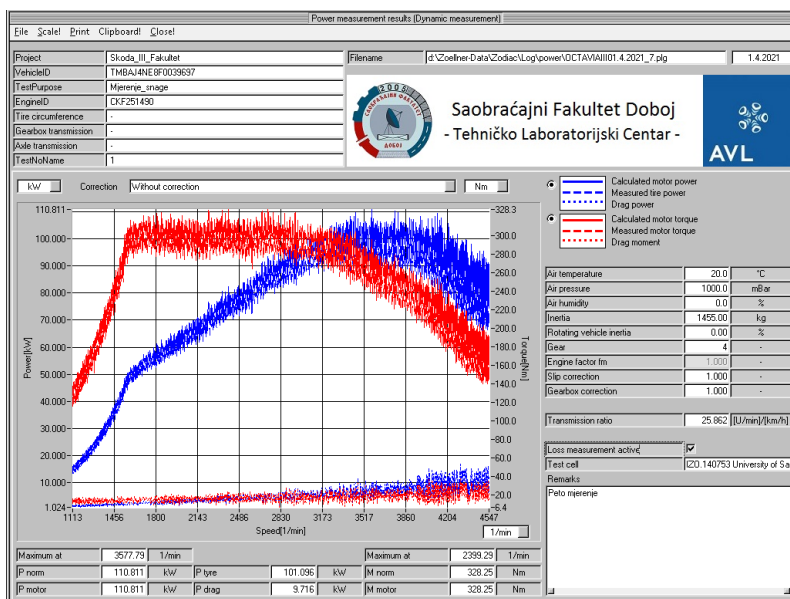


Slika 3: Ispitno vozilo na šasijskom dinamometru AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM'

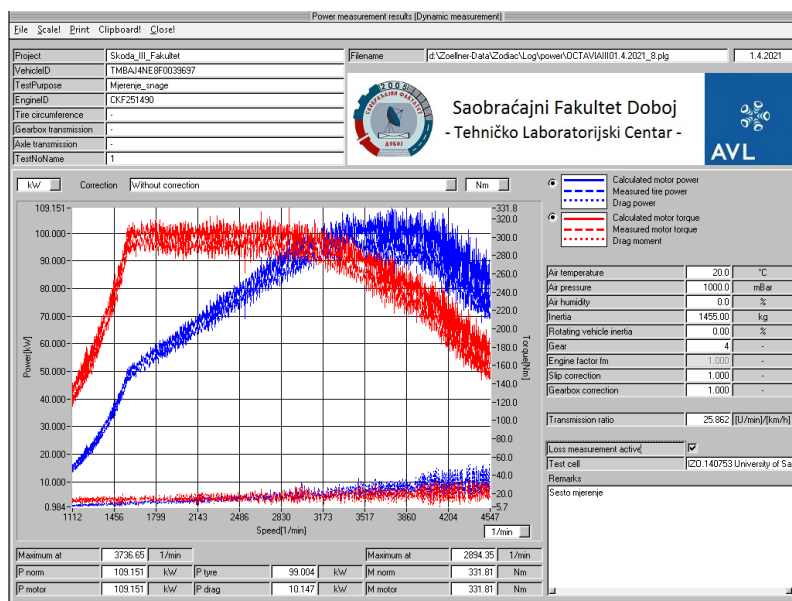
Na sledećim slikama su prikazani rezultati mjerenja snage i obrtnog momenta provedenih na na ispitnom vozilu.



Slika 4: Prvo mjerenje snage i obrtnog momenta



Slika 5: Drugo mjerenje snage i obrtnog momenta



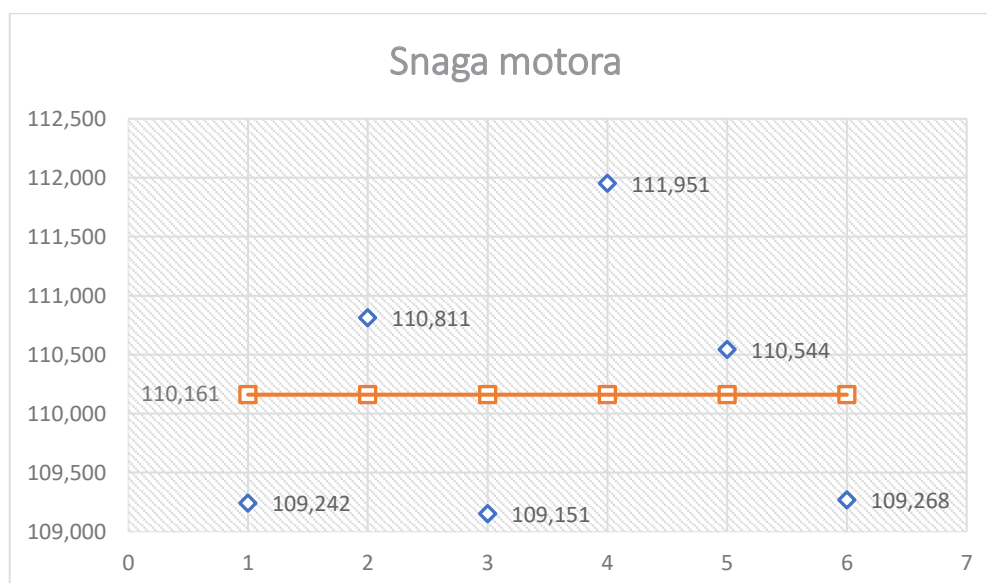
Slika 6: Treće mjerenje snage i obrtnog momenta

U sledećoj tabeli su dati mjerni rezultati snage i obrtnog momenta.

Mjerna veličina	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje	Četvrto mjerenje	Peto mjerenje	Šesto mjerenje
Snaga motora [kW]	109,242	110,811	109,151	111,951	110,544	109,268
Snaga na točku [kW]	100,478	101,096	99,004	98,790	96,559	99,837
Snaga gubitaka [kW]	8,763	9,716	10,147	13,161	13,986	9,436
Maksimalni obrtni moment [Nm]	327,67	328,25	331,81	334,74	342,91	327,75

Tabela 2: Mjerni rezultati snage i obrtnog momenta

Na sledećem grafikonu slici je prikazana srednja izmjerena snaga i apsolutne greške mjerenja.



Grafikon 2: Apsolutne greške mjerenja

Maksimalna apsolutna greška mjerenja iznosi:

$$\Delta P_{M \max} = 1,79 [kW]$$

Rezultat mjerenja snage motora može se prikazati u sljedećem obliku:

$$P_M = (110,161 \pm 1,79) [kW]$$

Relativna greška mjerenja iznosi:

$$\delta P = \frac{1,79 [kW]}{110,161 [kW]} \cdot 100\% = 1,62\%$$

ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene teorijske analize i eksperimentalnih ispitivanja može se zaključiti da šasijski dinamometar predstavlja jedan od najznačajnijih alata za precizno određivanje performansi motornih vozila u savremenim istraživačkim i industrijskim uslovima. Njegova osnovna prednost ogleda se u mogućnosti simulacije realnih uslova eksploatacije, čime se prevazilaze ograničenja koja su prisutna kod ispitivanja na otvorenom putu, kao što su promjenjivi meteorološki uslovi, uticaj vozača i nemogućnost ponavljanja identičnih testnih scenarija.

Rezultati dobijeni u ovom radu jasno potvrđuju da je tačnost mjerenja snage direktno zavisna od pravilnog modelovanja putnog opterećenja. Parametri F0, F1 i F2, koji definišu otpor kretanja vozila, imaju ključnu ulogu u reprodukciji realnih uslova vožnje na dinamometru. Njihovo određivanje primjenom „coastdown“ testa pokazalo se kao efikasan metod koji omogućava prilagođavanje laboratorijskih uslova stvarnim karakteristikama konkretnog vozila.

Eksperimentalna mjerenja provedena na vozilu Škoda Octavia pokazala su visok stepen ponovljivosti, što ukazuje na stabilnost i pouzdanost mjernog sistema. Srednja vrijednost snage motora od približno 110 kW, uz relativno mala odstupanja između pojedinačnih mjerenja, potvrđuje da primijenjena metodologija daje konzistentne i validne rezultate. Istovremeno, uočena razlika između snage na točkovima i snage motora jasno ukazuje na značaj gubitaka u transmisiji, koji se ne smiju zanemariti prilikom interpretacije rezultata.

Posebno je važno naglasiti da mjerenje snage na šasijskom dinamometru ne predstavlja direktno mjerenje snage motora, već kombinaciju mjerenja i proračuna. Zbog toga je neophodno primijeniti odgovarajuće korekcione faktore koji uzimaju u obzir gubitke u transmisiji, kao i uticaj atmosferskih uslova, poput temperature, pritiska i vlažnosti vazduha. Zanemarivanje ovih faktora može dovesti do značajnih odstupanja između izmjerenih i stvarnih vrijednosti snage.

Dalja analiza rezultata ukazuje na to da šasijski dinamometar omogućava ne samo određivanje maksimalne snage i obrtnog momenta, već i detaljno praćenje njihove promjene u funkciji brzine ili broja obrtaja motora. Ova karakteristika je od posebnog značaja u dijagnostici motora i optimizaciji njegovih performansi, jer omogućava identifikaciju odstupanja od nominalnih vrijednosti i potencijalnih kvarova u sistemu.

U širem kontekstu, rezultati ovog istraživanja potvrđuju da šasijski dinamometri imaju ključnu ulogu u razvoju savremenih vozila, posebno u segmentima optimizacije potrošnje goriva, smanjenja emisije štetnih gasova i unapređenja ukupne energetske efikasnosti. Njihova primjena je neophodna kako u istraživačkim institucijama, tako i u automobilskoj industriji.

Na kraju, može se zaključiti da pravilno sprovedena ispitivanja na šasijskom dinamometru, uz adekvatnu metodologiju i obradu podataka, omogućavaju dobijanje rezultata koji vrlo vjerodostojno predstavljaju stvarne performanse vozila u eksploataciji. Time se potvrđuje značaj ovih uređaja kao standardnog alata u savremenom inženjerskom pristupu analizi i unapređenju motornih vozila.

LITERATURA

1. Ajanović, M., Đukić, B., Ristikić, Z., Pavlović, M., Milutinović, S. (2019). Mjerenje snage motora vozila na šasijskom dinamometru. U Tehnički pregledi vozila Republike Srpske 2019. (121-130). Teslić: Univerzitet u Banjoj Luci.
2. Albers, A., & Duser, T. (2010). Implementation of a Vehicle-in-the-Loop Development and Validation Platform. U FISITA - World Automotive Congress. Prag: GUARANT International spol. s r.o.
3. Balawender, K., Jakubowski, M., Jaremcio, M., Jaworski, A., Krzeminski, A., Kuszewski, H., Ustrzycki, A., Wos, P. (2014). Comparison research of engine power on the chassis dynamometer. U National Transport University Bulletin: A Scientific and Technical Journal (23-30). Kyiv: National Transport University.
4. Dedović, V., Mladenović, D., & Sekulić, D. (2017). Dinamika vozila. Beograd: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.
5. Filipović, I., & Bibić, Dž. (2015). Motori s unutarnjim sagorijevanjem. Sarajevo: Mašinski fakultet Sarajevo.
6. Kothale, S., Jagtap, V.P., & Choudhari, C.S. (2016). Design of Chassis Dynamometer for Light Motor Vehicle of Service Stations. U International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Tamilnadu: Fast Track Publications.
7. Nedeljković, G. (2018). Auto gas raspoloživo rešenje. Kragujevac.
8. Pavlović, M., Milutinović, S., Đukić, B., Ristikić, Z. (2019). Ispitivanje vučnih karakteristika vozila pogonjenog tečnim naftnim gasom. U VII International Symposium New Horizons 2019 (668-673). Dobož: Univerzitet u Istočnom Sarajevu – Saobraćajni fakultet Dobož.
9. Šilić, Đ. (2010). Ispitivanje motornih vozila. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica.
10. Special AVL The Chassis Dynamometer as a Development Platform. (2009). Graz: AVL Zollner.
11. Su, D., SHIAO, Y., & YANG, J. (2008). Design and Implementation of a Chassis Dynamometer for Testing Battery-Powered Motorcycles. U WSEAS TRANSACTIONS on Circuits & Systems. Atena: WSEAS, Unifying the Science and Engineering.
12. Vehicle Chassis Dynamometers – From certification trough to a mechatronic development platform. (2011). Munich: Suddeutscher Verlag onpact GmbH.

INVESTIGATION OF AUTOMOTIVE VEHICLE POWER USING A CHASSIS DYNAMOMETER

Abstract: This paper analyzes the operating principle of a chassis dynamometer and its application in the testing of motor vehicle performance under controlled laboratory conditions. Particular emphasis is placed on the measurement of engine power and torque, as well as on the simulation of real driving conditions using a road load model. Experimental investigations were carried out using an AVL Roadsim Chassis Dyno 48" 4WD MiM, where key parameters such as power and torque were analyzed. The measurements were conducted on a Škoda Octavia vehicle, and the obtained results demonstrate good repeatability and confirm the importance of proper correction of drivetrain losses for accurate determination of engine power.

Keywords: chassis dynamometer, engine power, tractive force, road load simulation

MODEL UPRAVLJANJA RIZIKOM U VANREDNIM SITUACIJAMA NA ŽELEZNIČKIM VAGONIMA I LOKOMOTIVAMA

Svetozar Bugarin¹, Živoslav Adamović², Vesna Neborišević Nešić³

REZIME: Osnovni razlog primene interaktivnog timskog planiranja u slučaju vanrednih situacija na železnici je omogućavanje brze, fleksibilne i pouzdane komunikacije i razmene podataka, koja omogućavaju bolju koordinaciju akcija upravljanja vanrednom situacijom, odnosno omogućavanje efikasnog korišćenja resursa koji se nalaze na različitim lokacijama. Da bi se omogućila efikasna koordinacija i komunikacija, neophodno je da se ostvari interakcija. U ovom radu predstavljena je struktura informacionog sistema za interaktivno timsko upravljanje resursima nakon pojave vanredne situacije u železničkom saobraćaju.

Ključne reči: upravljanje resursima, vanredna situacija, interaktivno timsko planiranje.

UVOD

Rizici sve više poprimaju globalni karakter. Obim rizika neprestano raste, pa raste i broj potencijalno ugroženih ljudi i materijalnih resursa, kao i teritorija mogućeg narušavanja ekološke ravnoteže. Da bi se uzroci rizika i potencijalni efekti rizičnih događaja eliminisali, kontrolisali ili minimizirali, rizikom se mora upravljati. Sistemi za upravljanje rizikom su sistemi upravljanja, čiji je cilj planiranje, kontrola i redukcija rizika. Planiranje je bitan aspekt upravljanja rizikom, ali i vanrednim situacijama, s obzirom da je vanredna situacija poseban vid rizika. Planiranjem se, sa jedne strane, sprečavaju pogrešne akcije, a sa druge smanjuje broj neiskorišćenih mogućnosti, što je u procesu upravljanja vanrednim situacijama od izuzetne važnosti. Planiranje za slučaj vanrednih situacija je proces usvajanja i implementacije procedura za identifikovanje predvidivih vanrednih situacija korišćenjem systemske analize i pripreme, testiranja i revizije plana odgovora na vanredne situacije. Procedura planiranja u složenim sistemima, a u skladu sa realnim uticajem opasnosti, obuhvata:

- Planiranje u normalnim uslovima (strateško planiranje) i

- Planiranje u ekstremnim uslovima (operativno planiranje)

Strateško planiranje definiše preventivne aktivnosti, a realizuje se procesima logistike (regulativa, zaštita, održavanje, inspekcija, obrazovanje).

Operativno planiranje definiše konkretne aktivnosti u uslovima pojave i razvoja vanredne situacije. To je planiranje u realnom vremenu, a ostvaruje se u uslovima nedovoljnih i neodređenih informacija i u deficitu vremena.

Planiranje podrazumeva veliki broj procesa. Procesi planiranja se mogu podeliti na osnovne i pomoćne [11].

Osnovni procesi planiranja su: planiranje cilja, dekompozicija cilja, definisanje aktivnosti, definisanje uzajamne aktivnosti, ocena obima posla, definisanje resursa projekta, odnosno akcije

¹ mr. Svetozar Bugarin e-mail svetozar.bugarin@zelvoz.rs

² Prof. dr Živoslav Adamović e-mail zivoslav.adamovic@gmail.com

³ dipl.ing.Vesna Neborisević Nešić e-mail vesna.neborisevic@zelvoz.rs

upravljanja, određivanje resursa, ocena vrednosti, sastavljanje rasporeda izvršavanja posla, procena budžeta, razrada plana, realizacije, definisanje kriterijuma uspeha.

Pomoćni procesi planiranja su: planiranje kvaliteta, određivanje personala, planiranje komunikacije, identifikacija rizika, ocena rizika, razrada reagovanja, planiranje nabavki, priprema uslova.

Upravljanje resursima je značajan faktor u mnogim domenima, a posebno u upravljanju vanrednim situacijama i predstavlja osnovu za definisanje plana akcija. Upravljanje resursima je značajno ne samo u slučaju lokalnih sistema, već i u slučaju distribuiranih sistema. U praksi, planiranje i upravljanje resursima je iterativan proces.

Svaki sistem može da ima korist od efikasnog upravljanja resursima, nezavisno od toga kom tipu resursa je reč, odnosno od raspoloživosti resursa.

Odluke vezane za planiranje često se donose na osnovu raspoloživih resursa. Kreiranje plana i alokacija resursa su dve međusobno zavisne aktivnosti. Upravljanje vanrednim situacijama se karakteriše potrebom za integrisanjem većeg broja servisa. Uloga informacionih i komunikacionih tehnologija u predviđanju vanrednih situacija i analizi posledica pojave vanredne situacije je značajna. Iskustva vezana za pojavu vanrednih situacija govore u prilog činjenici da pribavljanje odgovarajućih informacija i efikasna komunikacija mogu značajno da poboljšaju bezbednost ljudi koji učestvuju u akcijama, kao i efikasnost celokupne faze odgovora na pojavu vanredne situacije.

Međutim, informacione i komunikacione tehnologije, a pre svega mobilne i multimedijalne tehnologije, trenutno se koriste (ukoliko se uopšte i upotrebljavaju) samo u ranim fazama odgovora na pojavu vanredne situacije i to u slučaju policije, vatrogasnih jedinica i hitne pomoći.

Da bi se definisale potrebe neophodno je kreirati informacioni sistem za organizacije koje učestvuju u procesu odgovora na pojavu vanredne situacije. Cilj sistema je poboljšanje komunikacije i koordinacije između organizacija u ovom procesu. Sa jedne strane, sistem omogućava onima koji se prvi susreću sa vanrednom situacijom da dobiju ažurne informacije koje su im neophodne za izvršavanje operacije spasavanja, kao što su informacije o opasnim materijama, mape regiona i zgrada, informacije o vremenskim prilikama, a sa druge strane omogućavaju pretpostavljenima da dobiju ažurne informacije o trenutnom statusu na terenu, skoro kao da se nalaze na licu mesta.

1. INFORMACIONI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE VANREDNIM SITUACIJAMA

Prirodne nepogode, kao i nesreće koje su izazvane ljudskim nemarom, predstavljaju veliki izazov za javne službe. Da bi se uhvatili u koštac sa ovakvim vanrednim situacijama i odgovorili na njih brzo i efikasno, uz neophodnu koordinaciju akcija i optimalno obezbeđivanje informacija vezanih za tekuću situaciju, na terenu je neophodan preduslov. Policija, vatrogasne jedinice, hitna pomoć i druge organizacije moraju da reaguju efikasno i u koordinaciji. Zato je neophodno ostvarivanje unutrašnje koordinacije unutar svake organizacije, ali i ostvarivanje koordinacije sa akcijama drugih organizacija i službi. Pošto koordinacija zahteva ažurne informacije koje se razmenjuju unutar organizacije, javlja se potreba za integrisanim informacionim i komunikacionim sistemom za upravljanje vanrednim situacijama koji obezbeđuje efikasnu, pouzdanu i bezbednosnu razmenu relevantnih informacija kao i odgovarajuću obradu tih informacija.

Informacioni sistem za upravljanje vanrednim situacijama omogućava razmenu podataka između jedinica na terenu i udaljene komande. Operativne jedinice na terenu imaju mogućnost

pristupa udaljenim bazama podataka, upoznaju se sa planom aktivnosti i podacima koji su dinamički menjaju iz kontrolnog centra i unose izveštaje o trenutnom statusu.

Softverska arhitektura sistema definiše komunikacionu infrastrukturu. Komunikacija se može ostvariti pomoću mreža različitog tipa (bežične mreže, LAN, WAN, GPRS/UMTS ...). Osnovni servisi predstavljaju najvažnije funkcionalnosti sistema (upravljanje porukama, servis za predstavljanje grafičkih informacija, upravljanje podacima, komunikacioni servis). Na osnovu dodatnih funkcionalnih modula, sistem može da se konfiguriše tako da pruža informacije o opasnim materijama i raspoloživim resursima, dodatne servise o upravljanju porukama, izveštajima i obaveštenjima/upozorenjima.

Aktivnosti koje se javljaju u procesu upravljanja vanrednim situacijama pretežno su vezane za planiranje, a u okviru toga i upravljanje resursima.

Interaktivni timski rad u procesu planiranja aktivnosti nakon pojave vanredne situacije je neminovan. Upravljanje vanrednim situacijama predstavlja izazov kada je reč o implementiranju rešenja za interaktivni timski rad. Organizacije različitog tipa moraju da ulože odgovarajuće resurse i napor da bi se eliminisale posledice vanredne situacije, tako da je neophodna koordinacija njihovih akcija.

2. UPRAVLJANJE RESURSIMA U VANREDNIM SITUACIJAMA

U terminologiji vazanoja za upravljanje projektima, resursi predstavljaju sve ono što je neophodno za izvršavanje projektnih zadataka. Resursi mogu biti ljudi, oprema, postrojenja, materijalna sredstva i sve ono što je neophodno za izvršavanje konkretne aktivnosti u okviru projekta. Nedostatak određenog resursa onemogućava izvršenje konkretne projektno aktivnosti.

Resursi mogu biti statički i dinamički. Statički resursi su locirani na jednom mestu, dok se dinamički resursi mogu upotrebljavati tamo gde to trenutna situacija zahteva (npr. vozila). I jednim i drugim resursima treba upravljati na odgovarajući način.

Upravljanje resursima je osnovni aspekt planiranja u velikom broju domena. U opštem slučaju, upravljanje resursima je vezano za definisanje karakteristika sistema sa stanovništa korisničkih zahteva u toku vremena. Konkretni korisnički zahtev obično zahteva izvršavanje specifičnog skupa zadataka, koji zavise od raspoloživosti specifičnih resursa. Sistem sadrži određeni konačni skup resursa koje korisnici mogu da upotrebljavaju u okviru različitih zadataka, a alokacija ovih resursa za potrebe izvršavanja zadataka na efikasan način predstavlja suštinu procesa upravljanja resursima. Upravljanje resursima je neophodno u sistemima u okviru kojih je neophodno korišćenje kompleksnih, heterogenih skupova resursa za izvršavanje planiranih aktivnosti, a upotreba resursa mora da bude sinhronizovana tako da zadovoljava složena vremenska i prostorna ograničenja.

Izvor resursa može da nudi jedan ili više resursa. Vremenom mogu da se dodaju novi resursi, a neki resursi mogu da u određenom trenutku ne budu više dostupni. Izvor resursa prijavljuje da na raspolaganju postoji odgovarajući resurs.

Upravljanje resursom je osnova planiranja mnogih praktičnih domena i bazira se na uočavanju mogućnosti sistema da ažurira nove zahteve vremenom. Novi zahtevi podrazumevaju izvršavanje skupa zadataka koji zavise od karakteristika resursa. Sistem za reagovanje u vanrednim situacijama treba da sadrži konačan skup resursa koji se mogu iskoristiti.

Nakon što se indetifikuje neophodan resurs, može da se zahteva njegovo korišćenje. Vreme kada će se proslediti zahtev za određenim resursom je veoma važno. Resursi mogu da se

zahtevaju odmah ili tek onda kada se njihovo korišćenje više ni na koji način ne može izbeći. U oba slučaja neophodno je primeniti odgovarajuću proceduru za upravljanje resursima.

Cilj sistema za upravljanje resursima je da se prevaziđu problemi vezani za upotrebu resursa, tako što će se upravljati resursima i koordinisati akcije uz primenu odgovarajuće informaciono-komunikacione infrastrukture. Takav sistem mora da obezbedi sledeće:

- Omogućavanje članovima tima da reaguju autonomno na osnovu mogućnosti definisanja lokalnog rasporeda aktivnosti.
- Definisanje personalizovanog rasporeda za članove tima, tako da se raspored prilagođava konkretnoj situaciji na osnovu strategije koju definiše koordinacioni centar.
- Podrška nadgledanju aktivnosti članova tima i dinamičkoj adaptaciji njihovog ličnog rasporeda.
- Omogućavanje percepcije i snimanja činjenica vezanih za trenutnu situaciju, kao zahtev vezanih za akcije jedinica na terenu.

Važan deo strateškog plana je identifikacija ciljeva za upravljanje resursom. Ovo je strateški proces kod kog je bitno donošenje odluke u trenutku kada se pojave nedostaci resursa. Ovaj proces započinje analizom resursa neophodnih pri pojavi vanredne situacije. Nakon toga se vrši procena zaliha i donosi odluka o pribavljanju ili angažovanju novih resursa.

Druga komponenta upravljanja resursom je sposobnost lociranja potrebnih resursa u trenutku pojave vanredne situacije, tako da softver mora sadržati modul za upravljanje dostupnim resursima kojim upravlja koordinator za vanredne situacije.

Interaktivno timsko planiranje omogućava da korisnik i inteligentni sistem ostvaruju blisku interakciju u procesu kreiranja plana i izvršavanja odgovarajućih akcija. Klasična definicija problema planiranja odnosi se na jednostavnost kreiranja zadovoljavajućeg plana koji ispunjava unapred definisane ciljeve i inicijalno stanje. U slučaju vanredne situacije neophodno je efikasno korišćenje resursa koji stoji na raspolaganju.

Da bi se najbolje primenilo upravljanje resursom na određeni domen, neophodno je [2]:

1. Identifikovati ključne komponente

Identifikovanje ključnih komponenti zahteva dobro poznavanje domena na koji se primenjuju resursi i analizu funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva sistema. Ključne komponente sistema su komponente koje troše skupe resurse ili veliki broj resursa. Resursi su skupi ako su retki ili ako je njihova proizvodnja skupa.

2. Identifikovati povezanost resursa

Problem pri realizaciji sistema je način povezivanja resursa na koje se primenjuju modeli (šabloni). Krajnji rezultat ovog koraka je mogućnost umetanja novih zahteva i resursa u već postojeći sistem.

3. Primeniti šablone

Na svaki identifikovani resurs primenjuje se jedan ili više šablona.

U procesu analize neophodni podaci su: zahtevi za određenim resursima, predviđeni period u budućnosti kada će se upotrebljavati resurs, kao i željene karakteristike resursa, raspoloživost resursa i predviđeni trenutak kada u budućnosti resurs treba da bude raspoloživ.

4. INTERAKTIVNO PLANIRANJE RESURSIMA

Sistemi za interaktivno planiranje omogućavaju korisnicima interakciju sa sistemom u procesu kreiranja plana, njegovog izvršavanja i modifikovanja. Takvi sistemi su se razvili pod nazivima kao što su sistemi za planiranje zasnovani na većem broju inicijativa, interaktivni sistemi za planiranje i sistemi za planiranje sa podesivom autonomijom. Svi ovi sistemi se razlikuju u nekoliko aspekta, ali omogućavaju sledeće: moraju da komuniciraju sa korisnikom u procesu kreiranja plana i moraju da imaju sposobnost kreiranja plana i analiziranja kvaliteta kreiranog plana.

Omogućavanje korisniku da u interakciji sa sistemom za planiranje kreira plan, poboljšava se poverenje korisnika u konačne rezultate sistema za planiranje, odnosno kombinuju se intuitivne veštine eksperata sa mogućnostima sistema za automatsko generisanje planova. Sistemi za interaktivno planiranje mogu se primenjivati u slučaju aplikacija za upravljanje vanrednim situacijama, kao i edukativni sistemi za učenje ljudi kako da definišu planove i donose odluke. Ovi sistemi se razlikuju po tome ko ima inicijativu, koje znanje stoji na raspolaganju agentu, odnosno koji je konačan cilj samog sistema (obuka ili definisanje plana akcija). Oba tipa aplikacije imaju isti cilj, a to su mogućnost kreiranja planova, obezbeđivanje povratnih informacija o izvodljivosti akcije ili alternativnih akcija, nadgledanje izvršavanja akcija, kao i redefinisane plana kao odgovor na nepredviđene događaje ili korisničke intervencije.

Reč je o velikim i složenim sistemima koji implementiraju veliki broj funkcija. Pored generisanja plana, ostvaruje se i komunikacija sa korisnikom, često i na prirodnom jeziku, modeliraju aspekti mentalnog stanja korisnika, prepoznaju korisničke namere, izvršavaju planovi i nadgleda spoljašnje okruženje. Korisnici često zahtevaju fleksibilnu kontrolu nad procesom kreiranja plana i to na nivou mikroupravljanja, odnosno pristup svim neophodnim podacima u trenucima kada se očekuje da sistem samostalno obavi određenu akciju. Omogućavanje fine kontrole u procesu kreiranja planova, na različitim nivoima hijerarhije, usložnjava se problem izdvajanja modula za komunikaciju od modula za kreiranje planova. Nedostatak modularnosti ograničava opštost ovih modula. Ovo je najočiglednije u slučaju tehnika za kreiranje planova, koje u suštini predstavljaju glavni element ovakvih sistema. Zbog bliskosti između komponenti za planiranje i komunikaciju najveći broj tehnika za planiranje, koje se primenjuju u okviru sistema za interaktivno planiranje, su vrlo specifične ili veoma jednostavne.

Ključna ideja je da se definiše skup apstraktnih zahteva vezanih za proces planiranja koji mogu služiti kao spona između sistema za upravljanje dijalozima i tradicionalnog sistema za planiranje. Neophodno je definisati opšti postupak pomoću koga se ostvaruje veza između korisničkih zahteva i mogućnosti sistema za planiranje.

Ovaj pristup je motivisan praktičnom efikasnošću tehnika planiranja primenjenih u sistemu za interaktivno timsko planiranje. Iako planiranje u opštem slučaju predstavlja izuzetno težak i nepredvidiv proces, za veliki broj primena odgovarajuće tehnike mogu dati veoma dobre rezultate. Ove je posebno tačno u slučaju relativno ograničenih domena koji se obično primenjuju u slučaju sistema za interaktivno timsko planiranje.

Životni ciklus resursa počinje njihovom akvizicijom. Na koji način i kada će se resursi zahtevati može značajno da utiče na funkcionisanje sistema. Optimizovanjem vremena traženja resursa značajno mogu da se poboljšaju performanse vezane za odgovor na pojavu određene vanredne situacije. Najosnovniji problem koji treba da se reši pre nego što se inicira korišćenje resursa je da se željeni resurs pronađe. Značajno je da izvor resursa može da stavi određeni resurs na raspolaganje, kao i to na koji način korisnik sistema može da pronađe odgovarajući resurs koji mu je neophodan.

Šablon za upravljanje resursima opisuje način na koji se pronalaze resursi i način na koji se pristupa tako pronađenim resursima, bilo da su oni lokalni ili se nalaze na udaljenoj lokaciji, korišćenjem servisa za pretraživanje. Zahtevanje korišćenja resursa treba da se obavi što je moguće kasnije, odnosno sve dok to zaista nije moguće izbeći. Još jedan šablon koji opisuje način na koji se optimizuje upravljanje resursima je akvizicija resursa u nekoliko koraka. Svaki korak zahteva korišćenje nekog resursa, zavisno od ograničenja koje postavlja sam sistem, pre svega na osnovu raspoloživosti traženih resursa.

Sistem obezbeđuje podršku za definisanje plana tako da za svaku aktivnost za koju nije precizno definisano mesto u okviru plana, sistem automatski definiše skup odgovarajućih potencijalnih pozicija u okviru plana. Atributi aktivnosti i resursa mogu se menjati, čime se menjaju ograničenja i zahtevi za posmatrani problem.

Atributi resursa mogu na isti način da se menjaju, a samim tim i da utiču na osnovne pretpostavke vezane za problem. Na primer, raspoloživi resursi i njihove inicijalne lokacije mogu se menjati u cilju pocene posledica alternativnog načina rešavanja problema. Korisnik po sopstvenom izboru upotrebljava procedure za odlučivanje koje nudi sam sistem, a da bi bio u mogućnosti da generiše različite raspodele resursa u slučaju scenarija koji omogućavaju fleksibilnu raspodelu resursa, može da podešava ciljeve i preporuke vezane za alokaciju koje definiše planer. Funkcije koje se upotrebljavaju u procesu upravljanja resursima i alokacije resursa su: praćenje resursa, kreiranje plana akcija i eliminisanje konfliktnih situacija.

Mobilni timovi su bitan element u sistemu upravljanja vanrednim situacijama, što ukazuje na značaj obezbeđivanja resursa i upravljanja resursima za njihov adekvatan rad. Posebnu pažnju treba posvetiti upravljanju informacionim resursima za mobilne timove. Prilikom konkretne situacije neophodno je realizovati interaktivni timski rad. Zbog distribuirane organizacije ovih kompanija, mnogi radnici se često sele sa jednog mesta na drugo, pa je neophodno da dele izveštaje i poslovne dokumente nezavisno od njihove fizičke lokacije i trenutne povezanosti. Iako su kreirani mnogi alati i sistemi za interaktivni timski rad, veliki broj njih ne podržava mobilni timski rad. U [13] je opisana arhitektura i komponente generičke MOTION platforme za kreiranje aplikacije koje omogućavaju interaktivno timsko planiranje. Tipična MOTION konfiguracija se sastoji od računara, i PDA uređaja, kao i klijenata koji sadrže čitače weba i mobilnih telefona koji podržavaju WAP protokol, a koji predstavljaju korisnike servisa. Najniži nivo ove arhitekture nudi osnovne komunikacione servise. Iznad njega je sloj koji omogućava ostvarivanje timskog rada. Ovaj sloj integriše osnovne systemske komponente, kao što je skladište dokumenata, sa servisima koji omogućavaju interaktivni timski rad. Sistem nudi servise kao što su (1) čuvanje važnih činjenica i metapodataka u lokalnom skladištu podataka, (2) upravljanje resursima (činjenicama, podacima o korisnicima i udruženjima), (3) razmena podataka između korisnika, (4) prijavljivanje na određene servise u MOTION sistemu, (5) razmena poruka sa korisnicima i primanje poruka sistema, (6) upravljanje pristupnim privilegijama koje su vezane za resurse, (7) pretraživanje resursa na osnovu korisničkih zahteva. Programer može da kreira dodatne servise na osnovu API interfejsa, korišćenjem raspoloživih funkcionalnosti. Na vrhu slojevite strukture nalazi se prezentacioni sloj. On obezbeđuje korisnički interfejs ka servisima koje obezbeđuje sistem.

Zbog mobilnosti, tipična konfiguracija sadrži korisnički interfejs za različite uređaje (kao što su stoni i prenosni računari, PDA uređaji), za pristup putem weba i korišćenjem WAP protokola.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je struktura informacionog sistema za interaktivno timsko upravljanje resursima nakon pojave vanredne situacije. Osnovni razlog primene interaktivnog timskog planiranja u slučaju vanrednih situacija je omogućavanje brze, fleksibilne i pouzdane komunikacije i razmene podataka, bolja koordinacija akcija nakon pojave konkretne vanredne situacije, odnosno omogućavanje efikasnog korišćenja resursa koji se nalaze na različitim lokacijama.

Uvođenje složenijih algoritama za definisanje optimalne raspodele resursa i vizuelizacijom postupka interaktivnog timskog planiranja, kao i uvođenje dinamičkih resursa, omogućiće formiranje još preciznije slike o trenutnoj situaciji na terenu i mogućnostima da se reše realni problemi koji se javljaju nakon pojave odgovarajuće vanredne situacije.

LITERATURA

1. M. Kircher, P. Jain, "Pattern-Oriented Software Architecture: Patterns for Resource Management", vol. 3, John Wiley & Sons, 2004.
2. Z. Wang, A. Meissner, J. Grimmer, Jan, S. Richter, "A Mobile Multimedia Emergency Response Information System for Public Safety Organizations", The Second International Conference on Advances in Mobile Multimedia (MOMM2004), Bali, Indonesia, 22-24 September 2004.
3. В.В. Кульба, "Проблемы обеспечения экономической безопасности сложных социально – экономических систем", Институт проблем управления, Москва, 2000.
4. Meissner, T. Luckenbach, T. Risse, T. Kirste, H. Kirchner, "Design Challenges for an Intergrated Disaster Management Communication and Information System", DIREN 2002 – 1st IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks, New York, 2002.
5. E. Kirda, P. Fenkam, G. Reif, H. Gall, "A service architecture for mobile teamwork", SEKE '02: Proceedings of the 14th international conference on Software engineering and knowledge engineering, 2002.
6. S. Smith, D. Hildum and D. Crimm, "Interactive Resource Management in the COMIREM Planner", In Proc. Of the IJCAI-03 Workshop on Mixed-Initiative Intelligent Systems, Acapulco Mexico, August 2003.
7. R. Dechter, I. Meiri and J. Pearl, "Temporal constraint networks", Artificial Intelligence, 49, 1991.
8. H.S. Kim, J. Gratch, "A Planner-Independent Collaborative Planning Assistant", In Proc. Of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems – Volumen 2 (AAMAS'04) New York, 2004, pp. 764-771.
9. W. Schafer, J. Carroll, S. Haynes, "Emergency management as collaborative community work", ECSCW 2005: Ninth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Paris, 18-22 September 2005.
10. M. Couturier, E. Wilkinson, "Open advanced system for improved crisis management (OASIS)", Proceedings of the 2nd International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, Brussels, Belgium, 18-20 April 2005.
11. G. Janačković, "Inteligentno nadgledanje tehničkih sistema zasnovano na web tehnologijama", 2004.
12. P. Safran, "A strategic approach for disaster and emergency assistance", Contribution to the 5th Asian Disaster Reduction Center International Meeting, Kobe, Japan 15-17 January 2003.
13. C. de Silva, "Sahana – Free and Open Source Disaster Management System – Project Overview", Draft version 0.9, December 2006.

Summary

The primary reason for implementing interactive team planning in the event of railway emergencies is to enable rapid, flexible, and reliable communication and data exchange. This facilitates better coordination of emergency management actions and ensures the efficient utilization of resources located across different sites. To achieve effective coordination and communication, establishing interaction is essential. This paper presents the structure of an information system for interactive team resource management following the occurrence of an emergency in railway traffic.

Keywords: resource management, emergency, interactive team planning

TRANSPORT

TRANSPORT OPASNIH ROBA U CESTOVNOM SAOBRAĆAJU U BOSNI I HERCEGOVINI: REGULATORNI OKVIR I BEZBJEDNOSNI ASPEKTI

Branislava Narančić Joveljić¹, Marko Milic²

Sažetak

Transport opasnih roba predstavlja jednu od najosjetljivijih oblasti savremenog saobraćaja zbog potencijalnih rizika koje ove materije nose po zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu. Cilj ovog rada jeste analiza regulatornog okvira i bezbjednosnih aspekata transporta opasnih roba u cestovnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini. Istraživanje se zasniva na analizi međunarodnih sporazuma, prije svega ADR-a, kao i važećih zakonskih rješenja u Bosni i Hercegovini. Metodologija ovog rada zasniva se na kvalitativnom istraživačkom pristupu, koji omogućava sveobuhvatnu analizu regulatornih i bezbjednosnih aspekata transporta opasnih roba u putnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini. Rezultati ukazuju da je primjena standardizovanih procedura i kontinuirano usklađivanje propisa sa međunarodnim normama od ključnog značaja za smanjenje rizika. Zaključuje se da unapređenje institucionalnog nadzora i stručne osposobljenosti učesnika u transportu doprinosi većem nivou bezbjednosti.

Ključne riječi: opasne robe, cestovni saobraćaj, Bosna i Hercegovina, ADR, bezbjednost

UVOD

Transport opasnih roba u cestovnom saobraćaju predstavlja kompleksan i visokorizičan segment savremenog transportnog sistema. Opasne materije, zbog svojih hemijskih, fizičkih i bioloških karakteristika, mogu izazvati ozbiljne posljedice po zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu, naročito u slučaju saobraćajnih nezgoda ili neadekvatnog rukovanja (Button, 2010). Ova oblast je izuzetno kompleksna, jer se upravljanje rizicima mora odvijati kroz kombinaciju pravnih, tehničkih i operativnih procedura, koje omogućavaju sigurno kretanje opasnih materija od mesta proizvodnje do krajnjeg korisnika (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road ADR, 2023). U savremenim transportnim sistemima, opasne robe se ne posmatraju samo kao logistički izazov, već i kao element ekološke i socijalne odgovornosti, čime se transport povezuje sa očuvanjem javnog zdravlja i zaštitom životne sredine. Upravo zbog toga, njihovo kretanje kroz saobraćajni sistem zahtijeva jasno definisane procedure i strogu kontrolu. Ovaj transport regulišu međunarodni i nacionalni propisi koji definišu klasifikaciju, pakovanje, označavanje i postupke rukovanja (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road ADR, 2023). Opasne robe se dijele na nekoliko klasa, uključujući eksplozive, zapaljive tečnosti, gasove, toksične i radioaktivne materije. Svaka klasa zahtjeva posebne procedure transporta, posebno u pogledu pakovanja, transportnog vozila i obuke osoblja (UN, 2021). Svaka od ovih kategorija nosi specifične rizike, koji zahtevaju individualizovan pristup u pogledu pakovanja, transportnih sredstava, označavanja i obuke osoblja. Na primjer, zapaljive tečnosti zahtevaju posebne kontejnere i kontrolu temperature tokom transporta, dok radioaktivni materijali moraju biti adekvatno

¹ Branislava Narančić Joveljić, Privredna akademija Brčko distrikta BIH, e-mail:branislanaranancic@gmail.com,

² Marko Milić, Privredna akademija Brčko distrikta BIH, e-mail:milicmarko.milic@gmail.com,

zapečaćeni i praćeni u skladu sa međunarodnim standardima. Pridržavanje propisanih procedura nije samo zakonska obaveza, već i preventivna mjera koja umanjuje rizik od incidenata koji mogu imati katastrofalne posledice.

Bezbjedan transport opasnih materija u praksi podrazumjeva sveobuhvatan pristup upravljanju rizicima. Svaki transportni proces počinje detaljnom analizom vrste materijala, njegovih osobina i potencijalnih opasnosti, nakon čega sledi odabir adekvatnog pakovanja i transportnog sredstva. Posebna pažnja posvećuje se dokumentaciji i označavanju, jer jasno definisane informacije o vrsti opasnosti i načinu rukovanja omogućavaju efikasno reagovanje u slučaju nezgode. Moderni sistemi praćenja, uključujući GPS i senzore za kontrolu temperature i pritiska, dodatno povećavaju sigurnost i omogućavaju nadzor transporta u realnom vremenu (Rosa & Johansson, 2020). Osim bezbjednosnog aspekta, transport opasnih roba ima i značajan ekološki dimenziju. Nepravilno rukovanje hemikalijama ili curenje opasnih materija može izazvati kontaminaciju zemljišta i voda, što dugoročno utiče na biodiverzitet i zdravlje ljudi. Zbog toga savremeni pristupi transportu opasnih materija uključuju i strategije održivog razvoja, kao što su korišćenje ekološki prihvatljivih vozila, optimizacija ruta kako bi se smanjila emisija štetnih gasova, kao i upotreba pakovanja koje smanjuje rizik od curenja (Rosa & Johansson, 2020). Sve ove mjere zajedno oblikuju sistem transporta opasnih roba koji je fokusiran na prevenciju i minimiziranje rizika, a istovremeno omogućava efikasno kretanje materijala neophodnih za industrijske, medicinske i komercijalne svrhe. Transport opasnih materija, iako potencijalno rizičan, može se smatrati primjerom integracije međunarodnih standarda, lokalnih propisa i tehnoloških inovacija koje zajedno omogućavaju bezbjedan, odgovoran i održiv logistički proces.

U Bosni i Hercegovini, regulacija transporta opasnih materija je usklađena sa međunarodnim standardima, prvenstveno ADR konvencijom, i obuhvata cjelokupni proces – od izdavanja dozvola, tehničkih uslova za vozila, obuke vozača i rukovalaca, do inspekcijskih nadzora i postupanja u vanrednim situacijama (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022). Implementacija ovih propisa posebno je važna u urbanim i industrijskim sredinama, gde je koncentracija ljudi i infrastrukture velika, a posledice eventualnih nezgoda potencijalno katastrofalne. Istorijski primjeri incidenata pokazuju da nepoštovanje propisa ili neadekvatna obuka može dovesti do ekoloških katastrofa, požara ili eksplozija, što dodatno naglašava značaj pravilne organizacije transporta. Jedan od ključnih aspekata transporta opasnih materija u BiH je obuka i sertifikacija vozača. Vozila koja prevoze hemikalije, goriva ili eksplozive moraju biti opremljena sigurnosnom opremom, a vozači moraju imati posebne licence i redovno se edukovati o bezbjednom rukovanju, procedurama u slučaju nezgoda i planovima evakuacije. Ovi standardi su posebno važni u urbanim centrima i industrijskim zonama, gdje se transport često odvija kroz naseljena područja, a potencijalne posledice nezgoda mogu biti ozbiljne.

Pored bezbjednosti ljudi, ekološki aspekt transporta opasnih roba je od velikog značaja u BiH. Nepravilno rukovanje hemikalijama može izazvati kontaminaciju zemljišta i vodenih resursa, što dugoročno utiče na poljoprivredu, turizam i javno zdravlje. S tim u vezi, sve transportne kompanije u BiH sve više primjenjuju sisteme praćenja u realnom vremenu, uključujući GPS uređaje i senzore koji detektuju curenje ili promjene u pritisku i temperaturi tokom transporta. Takvi sistemi omogućavaju brzu reakciju u slučaju incidenta i smanjuju rizik od ekoloških katastrofa. Praktični primjeri u BiH pokazuju koliko je efikasna implementacija propisa značajna. U nekim industrijskim centrima, kompanije koje transportuju opasne hemikalije obavezno koriste odvojene sigurnosne zone, a lokalne jedinice civilne zaštite redovno učestvuju u simulacijama nezgoda. Ove mjere nisu samo preventivne, već i edukativne, jer podižu svijest lokalne zajednice o opasnostima i načinu postupanja u vanrednim situacijama. Ipak, transport opasnih roba u BiH suočava se i sa izazovima. Infrastrukturni problemi, nedostatak modernih skladišnih kapaciteta i povremena neusklađenost između entitetskih i državnih propisa mogu

povećati rizik od incidenata. Zbog toga je dalji razvoj zakonodavnog okvira, unapređenje infrastrukture i kontinuirana edukacija osoblja od suštinskog značaja za povećanje sigurnosti i zaštitu životne sredine. Sve u svemu, transport opasnih roba u Bosni i Hercegovini predstavlja balans između efikasnosti i bezbjednosti. Implementacija ADR standarda i nacionalnih zakonskih regulativa, u kombinaciji sa modernim tehnologijama praćenja i preventivnim procedurama, omogućava siguran transport opasnih materija, čime se štite ljudi, imovina i životna sredina, ali i doprinosi održivom razvoju industrije i logistike u zemlji. Drumski saobraćaj ima dominantnu ulogu zbog svoje fleksibilnosti i mogućnosti direktne dostave, ali istovremeno nosi i najveći rizik od nezgoda (Rodrigue, 2020).

2. REGULATIVA TRANSPORTA OPASNIH ROBA

Regulativa transporta opasnih roba u Bosni i Hercegovini predstavlja ključni okvir za bezbjedno i odgovorno rukovanje materijama koje mogu ugroziti ljude, imovinu i životnu sredinu. Ona se zasniva na kombinaciji međunarodnih standarda, prvenstveno ADR konvencije (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road), i nacionalnih propisa koji definišu specifične procedure za prevoz, skladištenje i rukovanje opasnim materijama (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022). Implementacija ovih propisa osigurava da svi učesnici u transportu, od proizvođača i distributera do vozača i nadzornih organa, primjenjuju standardizovane procedure koje minimiziraju rizik od nezgoda i ekoloških šteta. Na državnom nivou, primjena regulative uključuje tehničke standarde transportnih vozila, obaveznu sertifikaciju i obuku vozača, kao i nadzor nad transportnim operacijama. Pravilnik o transportu opasnih materija drumskim putem detaljno reguliše sve aspekte transporta, od klasifikacije i pakovanja materija, preko označavanja i dokumentacije, do hitnih procedura u slučaju nesreća. Ovi propisi obuhvataju obaveze i odgovornosti svih učesnika, naglašavajući preventivne mjere koje su ključne za zaštitu javnog zdravlja i životne sredine (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022).

Bosna i Hercegovina, kao članica međunarodnog sistema regulative, mora osigurati usklađenost svojih zakona sa ADR standardima, čime se omogućava neometan i siguran prekogranični transport opasnih roba. To uključuje primjenu striktnih pravila za pakovanje i označavanje, redovne inspekcije transportnih vozila, praćenje pošiljki i edukaciju osoblja. U praksi, ovo znači da kompanije koje transportuju hemikalije, goriva, eksplozive ili toksične materije moraju koristiti sertifikovana vozila, implementirati tehnologije praćenja u realnom vremenu i poštovati propisane rute i sigurnosne procedure (Rosa & Johansson, 2020). Jedan od izazova u primjeni regulative u BiH je koordinacija između entitetskih i državnih propisa, kao i ograničena infrastruktura na nekim transportnim pravcima. Uprkos tome, nadležni organi kontinuirano rade na modernizaciji zakonodavnog okvira i unapređenju edukacije učesnika u transportu. Ove aktivnosti uključuju simulacije nezgoda, razvoj sigurnosnih zona i primjenu sistema za nadzor i praćenje opasnih materija, čime se smanjuje rizik od nesreća i ekoloških posljedica. Ukratko, regulativa transporta opasnih roba u Bosni i Hercegovini predstavlja kombinaciju međunarodnih standarda i nacionalnih zakona, sa ciljem osiguranja bezbjednog, efikasnog i ekološki odgovornog transporta. Njena primjena omogućava pouzdano upravljanje rizicima, zaštitu ljudskog života i imovine, kao i očuvanje životne sredine, dok istovremeno omogućava efikasnu logistiku i prekogranični transport hemikalija i drugih opasnih materija.

2.1. Regulisanje postupaka u toku prevoza opasnih roba

Regulisanje postupaka u toku prevoza opasnih roba predstavlja ključni segment sistema bezbjednosti u transportu, jer obuhvata sve operativne, tehničke i organizacione mjere koje se primjenjuju tokom samog procesa prevoza. S obzirom na potencijalne rizike koje opasne

materije nose, jasno definisani postupci imaju za cilj da osiguraju sigurnost učesnika u saobraćaju, zaštitu životne sredine i efikasno reagovanje u slučaju incidenta.

Ovi postupci su u velikoj mjeri standardizovani kroz međunarodne regulative, prije svega ADR konvenciju, koja propisuje obaveze svih učesnika u transportu opasnih materija (United Nations Economic Commission for Europe (UNECE, 2023).

Tokom prevoza opasnih roba, jedan od osnovnih zahtjeva odnosi se na poštovanje propisanih tehničkih i sigurnosnih mjera. Vozila koja se koriste za transport moraju ispunjavati stroge tehničke standarde, uključujući odgovarajuću opremu za osiguranje tereta, zaštitu od curenja i eksplozije, kao i obaveznu sigurnosnu opremu poput aparata za gašenje požara i zaštitne opreme za vozača. Takođe, vozila moraju biti jasno označena odgovarajućim oznakama opasnosti i identifikacionim brojevima, što omogućava brzo prepoznavanje vrste opasne materije i potencijalnih rizika. Jedan od najvažnijih aspekata regulisanja postupaka tokom transporta jeste ponašanje i odgovornost vozača. Vozači koji prevoze opasne materije moraju posjedovati posebne certifikate i proći specijalizovanu obuku koja obuhvata poznavanje propisa, rukovanje opasnim materijama i postupanje u vanrednim situacijama. Tokom vožnje, vozač je dužan da prati stanje vozila i tereta, pridržava se propisanih ruta i ograničenja, te da odmah reaguje u slučaju uočenih nepravilnosti ili opasnosti. Njegova uloga je ključna u prevenciji incidenata, ali i u njihovom ublažavanju ukoliko do njih dođe. Regulisanje postupaka uključuje i planiranje i kontrolu transportnih ruta. U mnogim slučajevima, transport opasnih materija podliježe posebnim ograničenjima u pogledu kretanja kroz urbane zone, tunele ili područja od posebnog značaja, kao što su vođeni resursi ili zaštićena prirodna područja. Ograničenja i zabrane imaju za cilj da smanje izloženost stanovništva i okoline potencijalnim rizicima. Savremeni sistemi upravljanja transportom omogućavaju praćenje kretanja vozila u realnom vremenu, čime se dodatno unapređuje kontrola i sigurnost transporta. Poseban segment regulisanja odnosi se na postupanje u slučaju nezgode ili incidenta. U skladu sa ADR standardima, vozači moraju imati pisana uputstva koja jasno definišu korake koje treba preduzeti u slučaju nesreće, uključujući obezbjeđivanje mjesta događaja, zaštitu sebe i drugih učesnika, obavještanje nadležnih službi i primjenu osnovnih mjera za sprječavanje širenja opasnosti. Brza i pravilna reakcija može značajno smanjiti posledice incidenta i spriječiti eskalaciju situacije.

U Bosni i Hercegovini, regulisanje postupaka tokom prevoza opasnih roba definisano je nacionalnim propisima koji su usklađeni sa međunarodnim standardima. Pravilnici i zakoni jasno propisuju odgovornosti svih učesnika u transportu, kao i kontrolne mehanizme koji osiguravaju njihovu primjenu (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022). Inspekcijski nadzor i kontrola na putevima dodatno doprinose poštovanju propisa i smanjenju rizika. Savremeni trendovi u regulisanju postupaka tokom transporta opasnih materija uključuju sve veću primjenu digitalnih tehnologija i automatizovanih sistema nadzora. Integracija GPS sistema, senzora i elektronske dokumentacije omogućava kontinuirano praćenje i kontrolu transporta, smanjujući mogućnost ljudskih grešaka i povećavajući efikasnost upravljanja bezbjednošću (Zhang et al., 2026). Ovi sistemi predstavljaju važan korak ka modernizaciji i usklađivanju sa evropskim standardima.

Regulisanje postupaka u toku prevoza opasnih roba predstavlja složen i multidisciplinarni proces koji uključuje tehničke, organizacione i ljudske faktore. Njegova efikasna primjena ključna je za smanjenje rizika i osiguranje bezbjednog transporta opasnih materija. Da bi broj nezgoda sa opasnim robama bio što manji kao i njihova težina, potrebno je utvrditi određena pravila ponašanja svih lica koja sa njima dolaze u kontakt, ili mogu na njih da utiču na bilo koji način. Sa tim ciljem 1954. godine Ujedinjene Nacije su formirale ekspertski tim koji je dao

preporuke kako stvoriti jedinstvene kriterijume koji se odnose na obilježavanje, klasifikacije vozila, uređaja na vozilima i dozvole. Na osnovu ovih preporuka, 1957 godine na UN je napravio sporazume koji su postali obavezujući za sve potpisnike sporazuma.

Danas imamo: ADR – putni saobraćaj, RID – željeznički saobraćaj, ICAO-TI – vazdušni saobraćaj, IMDG-CODE – vodeni saobraćaj, ADN – riječni saobraćaj. Prikaz sporazuma dat je na slici 1.

Slika 1. Vrste sporazuma za prevoz opasnih roba po vidovima transporta



Izvor: UNECE (2023), ADR – *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*.

3. UPRAVLJANJE RIZIKOM U TRANSPORTU OPASNIH ROBA

Upravljanje rizikom u transportu opasnih roba predstavlja ključni segment savremenih transportnih sistema, čiji je osnovni cilj identifikacija, procjena i kontrola potencijalnih opasnosti koje mogu nastati tokom transportnog procesa. Rizik se u ovom kontekstu definiše kao kombinacija vjerovatnoće nastanka neželjenog događaja i njegovih posljedica po ljude, imovinu i životnu sredinu (Rodrigue, 2020). Proces upravljanja rizikom započinje identifikacijom opasnosti, pri čemu se analiziraju karakteristike materija, uslovi transporta i potencijalni scenariji nezgoda. Nakon toga slijedi procjena rizika, koja uključuje kvantitativne i kvalitativne metode za određivanje nivoa opasnosti. U završnoj fazi primjenjuju se mjere kontrole koje imaju za cilj smanjenje vjerovatnoće nastanka incidenta ili ublažavanje njegovih posljedica (Button, 2010). Opasne materije — uključujući zapaljive tečnosti, gasove, eksplozive i toksične hemikalije — zahtijevaju preciznu identifikaciju i sistemsku kontrolu svih faza transporta kako bi se minimizirali rizici po ljude, imovinu i životnu sredinu (Renčelj et al., 2025).

Upravljanje rizikom obuhvata sveobuhvatne aktivnosti koje počinju sa identifikacijom opasnosti, preko procjene nivoa rizika do implementacije kontrolnih mjera. Temelj ove prakse u BiH čine međunarodni standardi, prvenstveno ADR konvencija, koja definiše obaveze država potpisnica u klasifikaciji, označavanju, pakovanju i dokumentovanju opasnih materija pri transportu drumskim putem (United Nations Economic Commission for Europe UNECE, 2023). Implementacija ovih standarda omogućava usklađivanje domaćih procedura sa međunarodnim normama i doprinosi smanjenju rizika od incidenata. Primjena ADR propisa u Bosni i

Hercegovini nije samo formalno pravilo: to je nužna operativna osnova za sve učesnike u logističkom lancu, uključujući transportne kompanije, vozače i nadzorne organe. Unutar ovog okvira, postavljanje specifičnih mjera — kao što su sertifikacija vozila, obavezna obuka osoblja i pravilno pakovanje — smanjuje mogućnost neželjenih događaja i omogućava adekvatno planiranje hitnih intervencija u slučaju nezgoda. U literaturi se takođe ističe značaj edukacije osoblja, ne samo u poznavanju pravila, već i u razvijanju kritičnog razumijevanja rizika i procedura koje je potrebno primjenjivati kako bi se smanjio njihov uticaj (Deljanin, Otuzbir-Mecan & Zahirović, 2022).

Ključna komponenta upravljanja rizikom je procjena rizika, koja se u naučnoj literaturi opisuje kao proces identifikovanja scenarija nezgoda i vrednovanja njihove vjerovatnoće i posledica. U radu koji analizira globalne pristupe toj problematici, Nagy i saradnici (2022) ističu kako se različite metode procjene rizika — od kvalitativnih do kvantitativnih — koriste za određivanje transportnih ruta, procjenu rizika za populaciju i okruženje, te optimizaciju logističkih procesa. Takve analize pružaju teorijski okvir za operativne prakse koje se u BiH implementiraju putem nadzornih sistema praćenja transporta u realnom vremenu (npr. GPS i senzori), omogućavajući pravovremeno reagovanje u slučaju anomalija.

U BiH, upravljanje rizikom u transportu nije isključivo tehničko pitanje — ono je i regulatorno i organizacijsko. Zakonodavni okvir, koji uključuje Pravilnik o transportu opasnih materija cestovnim putem (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022), propisuje obaveze svih učesnika u transportnom procesu, od proizvođača do distributera. Pravilnik precizira i ulogu sigurnosnih savjetnika (Dangerous Goods Safety Advisers) koji imaju zadatak da procjenjuju rizike i savjetuju kompanije o strategijama minimalizacije istih, čime se povećava nivo bezbjednosti i smanjuje broj incidenata na transportnim pravcima. Pored tehničkih i regulatornih aspekata, upravljanje rizikom u Bosni i Hercegovini uključuje i institucionalnu saradnju. Transport opasnih roba kroz urbanizirane zone ili blizu osetljivih ekosistema zahtijeva koordinaciju između transportnih kompanija, inspeksijskih organa i jedinica civilne zaštite. Simulacije nesreća, zajednički planovi za hitne situacije i edukativne aktivnosti za lokalne zajednice dio su šireg sistema prevencije i odgovora na eventualne incidente. Upravljanje rizikom u transportu opasnih roba u Bosni i Hercegovini stoga predstavlja dinamičan proces koji balansira između operativnih zahtjeva, regulatornog okvira i tehnoloških mogućnosti. Integracija međunarodnih standarda, kontinuirana edukacija osoblja i razvoj savremenih metoda procjene rizika ključni su elementi koji doprinose bezbjednijem, efikasnijem i održivijem transportu opasnih materija, čime se doprinosi zaštiti ljudi i životne sredine. Savremeni pristupi upravljanju rizikom sve više uključuju integraciju informacionih sistema i digitalnih tehnologija, koje omogućavaju kontinuirano praćenje transporta i pravovremeno reagovanje. Ovakvi sistemi doprinose smanjenju neizvjesnosti i povećavaju efikasnost upravljanja kriznim situacijama.

3.1. Modeli bezbjednosti u transportu opasnih materija

Transport opasnih materija predstavlja jedno od najkritičnijih područja savremene logistike i saobraćaja. Zbog inherentnih rizika — uključujući curenja, požare, eksplozije i izloženost stanovništva — bezbjednosni modeli su ključni za smanjenje mogućih negativnih posljedica po ljude, imovinu i životnu sredinu. U posljednjih nekoliko godina istraživači su razvili sofisticirane pristupe koji kombinuju matematičko modeliranje, procjenu rizika i informacione tehnologije kako bi unaprijedili bezbjednost u transportu opasnih materija (HazMat) i omogućili pouzdano planiranje ruta te donošenje odluka zasnovanih na podacima. Jedan od najznačajnijih pravaca savremenih istraživanja odnosi se na kvantitativne modele procjene rizika. Tradicionalni pristupi često se fokusiraju na rizične tačke duž transportnih mreža, uzimajući u obzir faktore kao što su gustoća saobraćaja, dužina rute i izloženost stanovništva. Međutim, kako ukazuje

pregled literature, moderni modeli rizika uvažavaju i dinamičke varijable — na primjer karakteristike puta, vremenske uslove i trajanje izloženosti HazMat vozila stanovništvu — što omogućava precizniju procjenu ukupnog bezbjednosnog rizika (Ronay Ak et al., 2024). Osim osnovnih risiko-modela, razvijeni su i napredni multi-kriterijski i GIS-zasnovani bezbjednosni modeli koji se koriste kao podrška pri odlučivanju (Decision Support Systems – DSS). Ti modeli integrišu prostorne informacije i algoritme za optimizaciju rute kako bi se identifikovale rute koje minimiziraju izloženost HazMat vozila naseljenim područjima i drugim osjetljivim zonama. U ovom kontekstu, GIS-zasnovani DSS koriste kratkoročne i dugoročne podatke za mapiranje potencijalnih opasnih zona duž prometnih pravaca i vizuelizaciju nivoa rizika, što omogućava planiranje transporta uz minimalne negativne posljedice (Ronay Ak et al., 2024).

Drugi važan segment modernih modela bezbjednosti odnosi se na optimiranje rute uz minimiziranje rizika i troškova. U literaturi se ističe razvoj koncepata kao što su *Conditional Value-at-Risk (CVaR)* i drugi višekriterijski optimizacijski pristupi koji omogućavaju donošenje odluka u okruženjima sa neizvjesnošću. Ovi modeli ne samo da vode računa o riziku po stanovništvo, već uključuju i ekonomske aspekte transporta, čime se postiže balans između bezbjednosti i troškova logističkog lanca (Zhang et al., 2024). Jedna od aktuelnijih tendencija u naučno-istraživačkom radu je i multidimenzionalna procjena rizika za urbane sredine koja uzima u obzir ne samo samu fazu kretanja vozila, već i vrijeme provedeno na „tačkama zadržavanja“ — kao što su mjesta utovara, istovara, odmora i naplate putarine. Ovi modeli, često oslonjeni na metode kao što su *entropijski TOPSIS*, omogućavaju sistemsku procjenu i rangiranje rizika vezanih uz različite dijelove transportnog ciklusa (Ronay et al., 2024). Moderne metodologije bezbjednosti takođe uključuju i integraciju simulacija i GIS tehnologija sa realnim podacima o HazMat transportu. Ove tehnologije omogućavaju procjenu i vizualizaciju kako prostornih, tako i vremenskih varijabli koje doprinose riziku — što je naročito korisno u urbanim i gusto naseljenim sredinama. Takve integracije omogućavaju nadzor i simulaciju scenarija nezgoda prije njihove stvarne pojave te generiranje preventive i intervencijskih planova. Sve ove metode i modeli bezbjednosti imaju za cilj da unaprijede efikasnost transporta opasnih materija, istovremeno minimizirajući moguće štete.

U Bosni i Hercegovini, primjena ovakvih modela još uvijek nije dovoljno razvijena. Sistem bezbjednosti se u velikoj mjeri oslanja na reaktivne mjere, odnosno reagovanje nakon nastanka incidenta, umjesto na preventivne aktivnosti. Ovo ukazuje na potrebu promjene pristupa i uvođenja savremenih modela upravljanja bezbjednošću. Iako Bosna i Hercegovina još nema jedinstven zakon na državnom nivou koji se bavi svim aspektima transporta opasnih materija, međunarodni standardi, posebno ADR konvencija, služe kao referentni okvir za usklađivanje domaćih procedura sa globalnim praksama. Ovi standardi uključuju klasifikaciju materija, sisteme označavanja i zahtjeve za savjetnike za bezbjednost, što direktno utiče i na primjenu modela bezbjednosti u praksi. Jedan od važnih elemenata bezbjednosnih modela u BIH jeste saradnja između različitih aktera — transportnih kompanija, državnih nadzornih tijela, akademskih institucija i civilne zaštite. Takav multidisciplinarni pristup omogućava modeliranje scenarija nezgoda i planiranje hitnih intervencija. Iako konkretne GIS ili SDSS aplikacije još nisu široko primijenjene u BIH, relevantni propisi i inicijative ukazuju na smjer u kojem se ove metode implementiraju. S obzirom na međunarodne trendove, integracija GIS-zasnovanih modela i dinamičkih procjena rizika predstavlja najnoviji pravac u bezbjednosti transporta opasnih materija. Ove metode omogućavaju ne samo identificiranje i vizualizaciju rizičnih područja, već i detaljno planiranje preventivnih i interventnih strategija koje su ključne za smanjenje potencijalnih posljedica nezgoda. Efikasnost sistema transporta opasnih roba u velikoj mjeri zavisi od institucionalnog okvira i funkcionisanja nadzornih organa. U Bosni i Hercegovini, nadležnosti u ovoj oblasti podijeljene su između različitih institucija, uključujući

ministarstva, inspeksijske službe i policijske organe. Ovakva organizacija zahtijeva visok nivo koordinacije i saradnje kako bi se obezbijedila efikasna kontrola.

Međutim, praksa pokazuje da postoje određeni nedostaci u koordinaciji, što može dovesti do preklapanja nadležnosti ili nedovoljne kontrole u pojedinim segmentima. Pored toga, ograničeni ljudski i tehnički resursi dodatno otežavaju rad nadzornih organa, što utiče na ukupni nivo bezbjednosti (Ministarstvo komunikacija i transporta BiH, 2021). U zemljama Evropske unije, institucionalni okvir je u većoj mjeri centralizovan i podržan savremenim informacionim sistemima koji omogućavaju razmjenu podataka između različitih institucija. Ovakav pristup omogućava efikasniji nadzor i brže reagovanje u slučaju nezgoda, što predstavlja model koji bi mogao biti primijenjen i u Bosni i Hercegovini.

3.2. Bezbjednosni aspekti transporta

Bezbjednost transporta opasnih roba zavisi od niza međusobno povezanih faktora. Tehnička ispravnost vozila, adekvatno pakovanje i pravilno označavanje materija predstavljaju osnovne elemente sistema bezbjednosti. Međutim, poseban značaj ima ljudski faktor, odnosno stručna osposobljenost vozača i drugih učesnika u transportu (Button, 2010). Transport opasnih materija predstavlja jednu od najosetljivijih oblasti savremenog saobraćaja i logistike, budući da uključuje materije koje mogu izazvati ozbiljne posledice po zdravlje ljudi, infrastrukturu i životnu sredinu. Bezbjednosni aspekti ovog transporta obuhvataju širok spektar faktora, uključujući tehničke, organizacione, ljudske i ekološke dimenzije, koje zajedno određuju nivo rizika i efikasnost sistema zaštite. Savremena istraživanja naglašavaju da bezbjednost u transportu opasnih materija mora biti zasnovana na integrisanom pristupu koji kombinuje procjenu rizika, regulativu, tehnologiju i upravljanje ljudskim faktorima (Ke et al., 2025; Liu et al., 2024). Jedan od ključnih bezbjednosnih aspekata jeste identifikacija i procjena rizika, koja omogućava razumijevanje potencijalnih opasnosti tokom transportnog procesa. Savremeni modeli procjene rizika sve više koriste kvantitativne metode koje uzimaju u obzir varijable kao što su karakteristike rute, gustina saobraćaja, vremenski uslovi i blizina naseljenih područja.

Pored procjene rizika, značajan bezbjednosni aspekt odnosi se na planiranje i optimizaciju transportnih ruta. Savremeni pristupi koriste višekriterijumske modele koji balansiraju između ekonomskih i bezbjednosnih faktora, uključujući udaljenost, vrijeme transporta i izloženost stanovništva. Dinamički modeli optimizacije, koji se zasnivaju na podacima u realnom vremenu, omogućavaju prilagođavanje ruta u skladu sa trenutnim uslovima na putu, kao što su saobraćajne gužve ili incidenti, čime se smanjuje vjerovatnoća nezgoda. Ovakvi pristupi predstavljaju značajan napredak u odnosu na tradicionalne statičke modele planiranja. Tehnološki aspekti bezbjednosti takođe igraju ključnu ulogu. Primjena GPS sistema, senzora za detekciju temperature, pritiska i curenja, kao i digitalnih sistema za nadzor transporta omogućava kontinuirano praćenje stanja pošiljke i vozila. Ovi sistemi doprinose pravovremenom reagovanju u slučaju potencijalne opasnosti i smanjuju mogućnost eskalacije incidenta. Prema savremenim istraživanjima, integracija digitalnih tehnologija i automatizovanih sistema nadzora značajno povećava nivo bezbjednosti transporta i smanjuje ljudske greške, koje se često navode kao jedan od glavnih uzroka nezgoda. Jedan od najvažnijih, ali često zanemarenih aspekata bezbjednosti jeste ljudski faktor. Greške vozača, nedovoljna obuka i nepoštovanje procedura mogu značajno povećati rizik od nezgoda. Ekološki aspekti transporta opasnih materija predstavljaju dodatnu dimenziju bezbjednosti. Incidenti poput curenja ili eksplozija mogu izazvati dugoročne posledice po životnu sredinu, uključujući zagađenje vode, zemljišta i vazduha. Savremeni modeli bezbjednosti stoga uključuju i procjenu ekološkog rizika, uzimajući u obzir faktore kao što su blizina vodenih tokova, zaštićenih područja i urbanih zona. U tom kontekstu, višekriterijumski modeli koji integrišu ekološke i društvene

faktore postaju sve značajniji u planiranju bezbjednog transporta . (Ke, G., Nezhad, et al., 2025). Poseban izazov predstavljaju specifične transportne infrastrukture, poput tunela, gdje su posljedice incidenata potencijalno znatno veće zbog ograničenog prostora i otežanog pristupa službi za spasavanje. Istraživanja ukazuju da transport opasnih materija kroz takve zone zahtijeva dodatne bezbjednosne mjere i posebne protokole upravljanja rizikom, uključujući ograničenja transporta i specijalizovane planove evakuacije. (Liu, L., Gan, X., et al., 2024). Pisane instrukcije za postupanje u slučaju nezgode predstavljaju važan segment bezbjednosnog sistema, jer omogućavaju brzo i pravilno reagovanje. U situacijama kada dođe do curenja, požara ili eksplozije, pravovremena reakcija može značajno smanjiti posljedice po ljude i okolinu. (Patsekha, A. ,2024).

Savremeni pristupi bezbjednosti uključuju i primjenu novih tehnologija, kao što su sistemi za praćenje vozila i digitalna dokumentacija, koji doprinose boljoj kontroli i upravljanju rizicima (Rodrigue, 2020).

3.3. Dokumentacija u transportu opasnih roba

Dokumentacija u transportu opasnih roba predstavlja jedan od ključnih elemenata bezbjednog i pravilno organizovanog transportnog procesa. S obzirom na potencijalne rizike koje opasne materije nose, tačna, potpuna i standardizovana dokumentacija omogućava identifikaciju vrste opasnosti, pravilno rukovanje tokom transporta, kao i efikasno reagovanje u slučaju nezgode. U savremenim logističkim sistemima, dokumentacija nije samo administrativna obaveza, već integralni dio sistema upravljanja bezbjednošću (United Nations Economic Commission for Europe, 2023).

Osnovu dokumentacije u transportu opasnih roba čine međunarodni standardi, prvenstveno ADR konvencija, koja precizno definiše sadržaj i strukturu transportnih dokumenata. Transportni dokument mora sadržavati informacije o nazivu opasne materije, UN broju, klasi opasnosti, grupi pakovanja, količini i vrsti ambalaže, kao i posebne napomene vezane za rukovanje i sigurnost (UNECE, 2023). Ove informacije omogućavaju svim učesnicima u transportu, uključujući vozače, inspeksijske organe i službe za hitne intervencije, da brzo identifikuju potencijalne opasnosti i preduzmu odgovarajuće mjere.

Pored osnovnog transportnog dokumenta, značajnu ulogu imaju i prateći dokumenti, kao što su sigurnosno-tehnički listovi (Safety Data Sheets – SDS), koji sadrže detaljne informacije o hemijskim i fizičkim svojstvima materije, mjerama zaštite i postupcima u slučaju incidenta. Ovi dokumenti su posebno važni za rukovaoce i službe za spašavanje, jer pružaju precizne smjernice za reagovanje u vanrednim situacijama (European Chemicals Agency ECHA, 2023). U skladu sa evropskim standardima, SDS mora biti dostupan na jeziku zemlje kroz koju se transport vrši, što dodatno doprinosi efikasnosti i sigurnosti.

Dokumentacija u transportu opasnih roba obuhvata i uputstva za vozače, poznata kao pisana uputstva ili „instrukcije u slučaju nezgode“. Ova uputstva sadrže jasne i sažete informacije o postupcima koje vozač treba da preduzme u slučaju nesreće, uključujući mjere zaštite, evakuaciju i obavješćavanje nadležnih službi. Njihova standardizacija na nivou ADR-a omogućava da svi vozači, bez obzira na zemlju porijekla, imaju jedinstvene smjernice za postupanje u kriznim situacijama (UNECE, 2023). U Bosni i Hercegovini, dokumentacija u transportu opasnih roba regulisana je nacionalnim propisima koji su usklađeni sa međunarodnim standardima. Pravilnik o transportu opasnih materija cestovnim putem

propisuje obaveznu dokumentaciju koja mora pratiti svaku pošiljku, kao i odgovornosti pošiljaoca, prevoznika i primaoca (Ministarstvo saobraćaja BiH, 2022). Kontrola dokumentacije vrši se kroz inspekcijske nadzore, čime se osigurava poštovanje propisa i smanjuje rizik od nepravilnosti koje bi mogle dovesti do nezgoda.

Savremeni trendovi u oblasti dokumentacije uključuju digitalizaciju i uvođenje elektronskih transportnih dokumenata. Elektronski sistemi omogućavaju bržu razmjenu informacija, smanjuju mogućnost grešaka i povećavaju transparentnost transportnog procesa. Digitalna dokumentacija takođe omogućava integraciju sa sistemima za praćenje transporta, čime se unapređuje ukupni nivo bezbjednosti i efikasnosti logističkih operacija (Zhang et al., 2026). Uprkos jasnim pravilima i standardima, izazovi u vezi sa dokumentacijom i dalje postoje, posebno u pogledu tačnosti podataka, usklađenosti između različitih sistema i obuke osoblja. Nepravilno popunjena ili nepotpuna dokumentacija može dovesti do ozbiljnih posledica, uključujući pogrešno rukovanje materijama i otežano reagovanje u slučaju nezgode. Zbog toga je kontinuirana edukacija učesnika u transportu i unapređenje sistema kontrole dokumentacije od ključnog značaja za sigurnost. Zaključno, dokumentacija u transportu opasnih roba predstavlja temelj bezbjednog i efikasnog transportnog sistema. Njena pravilna primjena omogućava identifikaciju opasnosti, koordinaciju učesnika u transportu i efikasno reagovanje u vanrednim situacijama. Uvođenje savremenih tehnologija i digitalnih rješenja dodatno unapređuje ovaj proces, čime se doprinosi smanjenju rizika i povećanju sigurnosti transporta opasnih materija.

3.4. Perspektive razvoja i usklađivanje sa evropskim standardima u Bosni i Hercegovini

U kontekstu evropskih integracija, Bosna i Hercegovina ima obavezu da kontinuirano usklađuje svoje zakonodavstvo i praksu sa standardima Evropske unije. Ovo se posebno odnosi na oblast transporta opasnih roba, gdje su bezbjednosni zahtjevi veoma visoki. Jedan od ključnih pravaca razvoja jeste unapređenje zakonodavnog okvira i njegova dosljedna primjena u praksi. Pored toga, neophodno je ulagati u edukaciju i obuku kadrova, kao i u modernizaciju infrastrukture i vozila. Razvoj transporta opasnih materija u Bosni i Hercegovini uslovljen je potrebom za usklađivanjem sa evropskim i međunarodnim standardima, kao i modernizacijom postojećih sistema upravljanja bezbjednošću. U kontekstu evropskih integracija, Bosna i Hercegovina teži harmonizaciji zakonodavnog okvira sa pravnom stečevinom Evropske unije, što uključuje primjenu međunarodnih konvencija i unapređenje institucionalnih i tehničkih kapaciteta. Ovaj proces ima ključni značaj za povećanje bezbjednosti transporta opasnih materija, ali i za integraciju zemlje u evropske transportne tokove. Jedan od osnovnih koraka u usklađivanju sa evropskim standardima jeste implementacija međunarodnih regulativa, prvenstveno ADR konvencije, koja definiše pravila za drumski transport opasnih materija (United Nations Economic Commission for Europe UNECE, 2023). Pored ADR-a, značajnu ulogu imaju i RID i IMDG kodeks, koji regulišu željeznički transport. Usklađivanje sa ovim standardima omogućava sigurniji prekogranični transport i smanjenje rizika od incidenata, ali zahtijeva kontinuirano unapređenje zakonodavstva i njegovu dosljednu primjenu na svim nivoima vlasti. Perspektive razvoja transporta opasnih materija u Bosni i Hercegovini značajno su povezane sa digitalizacijom i primjenom savremenih tehnologija. Uvođenje inteligentnih transportnih sistema, GPS praćenja i senzorskih tehnologija omogućava kontinuirani nadzor nad transportom i pravovremeno reagovanje u slučaju potencijalnih opasnosti. Savremena istraživanja ukazuju da integracija digitalnih rješenja doprinosi smanjenju operativnih rizika i povećanju efikasnosti transportnih sistema (Zhang et al., 2026). U tom smislu, digitalna transformacija predstavlja ključni pravac razvoja i približavanja evropskim standardima. Važan aspekt razvoja odnosi se i na unapređenje transportne infrastrukture. Modernizacija puteva i željezničkih mreža, posebno na ključnim koridorima kao što je Koridor Vc, doprinosi povećanju sigurnosti i efikasnosti transporta. Istovremeno, savremeni pristupi planiranju transporta uključuju optimizaciju ruta

uzimajući u obzir bezbjednosne i ekološke faktore, čime se dodatno smanjuje rizik od nezgoda (Liu et al., 2024). Razvoj infrastrukture mora biti praćen implementacijom sigurnosnih standarda koji su u skladu sa evropskim direktivama. Usklađivanje sa evropskim standardima podrazumijeva i jačanje institucionalnih kapaciteta i edukaciju kadrova. Obuka vozača, logističkog osoblja i sigurnosnih savjetnika ima ključnu ulogu u implementaciji bezbjednosnih procedura. Evropski standardi naglašavaju potrebu za kontinuiranom edukacijom i sertifikacijom, što zahtijeva razvoj obrazovnih programa i saradnju sa međunarodnim institucijama. U Bosni i Hercegovini, ovakve aktivnosti se postepeno razvijaju kroz različite projekte i inicijative usmjerene na unapređenje znanja i prakse u oblasti transporta opasnih materija. Ipak, proces usklađivanja suočava se sa određenim izazovima. Fragmentiranost zakonodavstva između entiteta, ograničeni finansijski resursi i nedovoljno razvijena infrastruktura predstavljaju prepreke za bržu implementaciju evropskih standarda. Pored toga, neophodna je bolja koordinacija između nadležnih institucija kako bi se osigurala dosljedna primjena propisa u cijeloj zemlji. Uprkos tim izazovima, perspektive razvoja su pozitivne, posebno u kontekstu evropskih integracija i mogućnosti korištenja fondova Evropske unije za modernizaciju transportnog sektora. Zaključno, usklađivanje transporta opasnih materija u Bosni i Hercegovini sa evropskim standardima predstavlja dugoročan proces koji zahtijeva integraciju pravnih, tehničkih i organizacionih mjera. Primjena međunarodnih regulativa, razvoj infrastrukture, digitalizacija i edukacija kadrova ključni su faktori za unapređenje bezbjednosti i efikasnosti transporta. Takav pristup omogućava Bosni i Hercegovini da postane pouzdan i konkurentan učesnik u evropskom transportnom sistemu, uz istovremeno očuvanje bezbjednosti i zaštite životne sredine.

3.5. Transport opasnih roba u cestovnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini

Transport opasnih roba u cestovnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini može se ilustrovati na primjeru prevoza zapaljivih tečnosti, poput naftnih derivata, između rafinerijskih i distributivnih centara. U ovom slučaju, transport se najčešće odvija autocestama i magistralnim putevima, uključujući ključne transportne pravce kao što je Koridor Vc, koji povezuje sjever i jug zemlje. Tokom transporta, vozila moraju biti tehnički ispravna i opremljena u skladu sa ADR standardima, uključujući odgovarajuće oznake opasnosti, sigurnosnu opremu i dokumentaciju. Poseban izazov predstavlja prolazak kroz urbana područja i zone povećane gustine saobraćaja, gdje je rizik od nezgoda i potencijalnih posljedica znatno veći. U takvim uslovima, primjena mjera kao što su planiranje sigurnih ruta, ograničenje kretanja u određenim vremenskim intervalima i korištenje sistema za praćenje u realnom vremenu značajno doprinosi smanjenju rizika. U slučaju incidenta, jasno definisane procedure postupanja omogućavaju brzu reakciju nadležnih službi, čime se minimiziraju negativne posljedice po ljude, imovinu i životnu sredinu. Kao ilustrativan primjer složenosti transporta opasnih roba u Bosni i Hercegovini može se posmatrati prevoz komprimovanih gasova ili eksplozivnih materija kroz industrijske i urbane zone. Na konkretnom primjeru kroz Bosnu i Hercegovinu, transport zapaljivih tečnosti, poput naftnih derivata, odvija se između glavnih distributivnih i skladišnih centara, kao što su industrijske i energetske zone u sjevernom dijelu zemlje i potrošački centri u većim gradovima poput Sarajeva, Banje Luke, Tuzle i Mostara. Prevoz se obavlja specijalizovanim ADR cisternama koje moraju ispunjavati stroge tehničke uslove, biti redovno kontrolisane i jasno obilježene oznakama opasnosti koje ukazuju na zapaljiv karakter tereta. U praksi, transport se često odvija glavnim saobraćajnicama, pri čemu značajnu ulogu ima Koridor Vc, koji predstavlja najvažniju transportnu arteriju kroz BiH i povezuje sjeverne i južne dijelove zemlje. Iako se planiranjem ruta nastoji izbjeći prolazak kroz gusto naseljena urbana područja, u realnim uslovima to nije uvijek moguće, jer magistralni putevi često prolaze kroz ili uz gradske zone, industrijska naselja i lokalne saobraćajne čvorove. Tokom transporta, vozači su dužni da striktno primjenjuju ADR pravila, što uključuje ograničenja brzine, zabranu rizičnih radnji i obavezno pridržavanje

propisanih sigurnosnih procedura. Nadzor nad transportom u Bosni i Hercegovini se u praksi najčešće vrši putem GPS sistema koje koriste transportne kompanije, dok se dodatna kontrola obavlja kroz povremene inspekcije na putevima, terminalima ili prilikom utovara i istovara robe. Konkretni bezbjednosni izazovi u BiH ogledaju se u prolasku cisterni kroz urbane sredine poput prilaza Sarajevu, Zenici ili Doboju, gdje povećana gustina saobraćaja i prisustvo stanovništva povećavaju rizik od ozbiljnih posljedica u slučaju nezgode. Dodatni rizici uključuju dionice sa tunelima i uskim planinskim putevima, gdje je otežan pristup interventnim službama. U slučaju incidenta, u Bosni i Hercegovini se aktivira sistem hitnog odgovora koji uključuje policiju, vatrogasne jedinice i civilnu zaštitu. Policija obezbjeđuje zonu, vatrogasci intervenišu u slučaju požara ili curenja, dok civilna zaštita procjenjuje i sanira potencijalne ekološke posljedice. Međutim, efikasnost reakcije zavisi od lokalne opremljenosti i koordinacije između različitih institucija.

Ovaj primjer pokazuje da je transport zapaljivih tečnosti kroz Bosnu i Hercegovinu kombinacija međunarodnih ADR standarda i realnih infrastrukturnih i organizacionih uslova, pri čemu su planiranje rute, tehnička ispravnost vozila i ljudski faktor ključni elementi bezbjednosti.

Tabela 1. Procjena rizika u transportu eksplozivnih materija u BiH

OPASNOST	VJEROVATNOĆA POJAVE	POSLEDICE	NIVO RIZIKA	MJERE UBLAŽAVANJA
Saobraćajna nezgoda	Srednja	Povrede, materijalna šteta	Visok	Obuka vozača, ograničenje brzine, planiranje rute
Curenje eksplozivne materije	Niska	Zagađenje tla i vode	Srednji	Kvalitetna ambalaža, tehnički pregledi
Požar ili eksplozija	Niska	Teške posljedice po ljude i okolinu	Visok	ADR oprema, sigurnosne procedure
Ljudska greška	Srednja	Operativne greške, povećan rizik incidenta	Visok	Edukacija, standardizacija procedura
Neadekvatna dokumentacija	Niska	Kašnjenje reakcije, pogrešno rukovanje	Srednji	Kontrola i digitalizacija dokumentacije

Izvor: vlastita izrada na osnovu literature (Nagy et al., 2022; UNECE, 2023)

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija ovog rada zasniva se na kvalitativnom istraživačkom pristupu, koji omogućava sveobuhvatnu analizu regulatornih i bezbjednosnih aspekata transporta opasnih roba u cestovnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini. U radu je primijenjen deskriptivno-analitički metod, kojim su identifikovani, opisani i analizirani ključni elementi sistema transporta opasnih materija. Poseban fokus stavljen je na zakonodavni okvir, bezbjednosne procedure, upravljanje rizikom, dokumentaciju i institucionalni nadzor. Ovakav pristup omogućava sistematizaciju postojećih saznanja i njihovo povezivanje u jedinstvenu cjelinu.

Istraživanje se zasniva na sekundarnim izvorima podataka. Korišteni izvori uključuju međunarodne regulative, prvenstveno ADR sporazum i preporuke Ujedinjenih nacija, zatim važeće zakonske i podzakonske akte Bosne i Hercegovine, kao i relevantne naučne i stručne radove iz oblasti transporta, logistike i upravljanja rizikom. Takođe su analizirani izvještaji nadležnih institucija, koji pružaju uvid u stanje i izazove transportnog sistema u Bosni i

Hercegovini. U procesu obrade i analize podataka primijenjeno je više naučnih metoda. Metod analize sadržaja korišten je za sistematsko proučavanje zakonskih dokumenata i naučne literature, dok je komparativna metoda omogućila poređenje međunarodnih standarda i nacionalnih propisa. Metod sinteze korišten je za objedinjavanje prikupljenih informacija i formiranje relevantnih zaključaka. Pored toga, primijenjen je i induktivno-deduktivni pristup, kojim su pojedinačna saznanja generalizovana u šire zaključke, ali i opšti principi primijenjeni na konkretan kontekst Bosne i Hercegovine. U cilju ilustracije primjene teorijskih i regulatornih okvira, u radu je korišten primjer transporta eksplozivnih materija u Bosni i Hercegovini. Analizirani su osnovni elementi bezbjednosti, uključujući izbor rute, tehničke zahtjeve vozila i primjenu ADR standarda. Ovaj pristup omogućava povezivanje teorijskih saznanja sa praktičnim aspektima transporta opasnih materija.

ZAKLJUČAK

Transport opasnih roba u cestovnom saobraćaju u Bosni i Hercegovini predstavlja kompleksan sistem koji zahtijeva kontinuirano unapređenje. Primjena ADR standarda omogućava uspostavljanje visokog nivoa bezbjednosti, ali je neophodno dodatno raditi na njihovoj dosljednoj implementaciji. Unapređenje zakonodavstva, jačanje institucionalnih kapaciteta i kontinuirana edukacija učesnika u transportu ključni su faktori za smanjenje rizika. Integrisani pristup, koji uključuje sve relevantne aktere, predstavlja osnov za razvoj bezbjednog i efikasnog transportnog sistema. Analiza transporta opasnih roba u cestovnom saobraćaju ukazuje na složenost ovog sistema, koji je istovremeno uslovljen tehničkim, regulatornim i organizacionim faktorima. Iako Bosna i Hercegovina formalno primjenjuje odredbe ADR sporazuma, razlika između normativnog okvira i njegove praktične primjene i dalje predstavlja jedan od ključnih izazova. Ovo se najčešće ogleda u nedovoljnoj kontroli, neujednačenoj primjeni propisa i ograničenim institucionalnim kapacitetima, što potvrđuju i dostupni izvještaji nadležnih institucija (Ministarstvo komunikacija i transporta BiH, 2021). Posebno značajan problem predstavlja složena administrativna struktura Bosne i Hercegovine, koja podrazumijeva podijeljene nadležnosti između državnog, entitetskog i lokalnog nivoa. Takva organizacija često dovodi do različitih interpretacija i primjene propisa, što može stvoriti pravnu nesigurnost i otežati efikasnu kontrolu transporta opasnih roba. U poređenju sa zemljama Evropske unije, gdje je regulatorni okvir centralizovan i dosljednije primijenjen, Bosna i Hercegovina se suočava sa većim izazovima u implementaciji standarda (Rodrigue, 2020). Dodatno, pitanje tehničke opremljenosti voznog parka predstavlja važan faktor bezbjednosti. U mnogim slučajevima, transportna preduzeća koriste starija vozila koja ne ispunjavaju u potpunosti savremene tehničke zahtjeve propisane ADR-om. Ovo se posebno odnosi na sisteme za kočenje, električne instalacije i sigurnosnu opremu, čija neispravnost može značajno povećati rizik od nezgode. U tom kontekstu, ulaganje u modernizaciju vozila i opreme predstavlja jedan od ključnih preduslova za unapređenje bezbjednosti. Ljudski faktor ostaje jedan od najvažnijih elemenata u sistemu transporta opasnih roba. Iako su vozači obavezni da posjeduju odgovarajuće sertifikate i prođu obuku, u praksi se često javlja problem nedovoljnog razumijevanja rizika i nepoštovanja procedura. Prema istraživanjima iz oblasti transportne bezbjednosti, ljudska greška učestvuje u velikom procentu saobraćajnih nezgoda, posebno kada su u pitanju složeni transportni zadaci kao što je prevoz opasnih materija (Button, 2010). Savremeni pristupi upravljanju rizikom u transportu opasnih roba sve više uključuju primjenu digitalnih tehnologija. Sistemi za praćenje vozila u realnom vremenu, elektronska dokumentacija i automatizovani sistemi kontrole omogućavaju bolju transparentnost i efikasnije reagovanje u slučaju incidenta. Međutim, njihova primjena u Bosni i Hercegovini još uvijek nije na zadovoljavajućem nivou, što ukazuje na potrebu daljeg razvoja i ulaganja u ovu oblast. Uzimajući u obzir tranzitni značaj Bosne i Hercegovine i sve veći obim međunarodnog transporta, jasno je da ova oblast zahtijeva strateški pristup i dugoročno planiranje. Samo integracijom regulatornih, tehničkih i edukativnih mjera moguće je

obezbijediti visok nivo bezbjednosti i zaštite životne sredine, što predstavlja osnovni cilj savremenih transportnih sistema. Dokumentacija u transportu opasnih roba predstavlja jedan od najvažnijih elemenata ukupnog sistema bezbjednosti, jer omogućava pravovremenu identifikaciju rizika i adekvatno upravljanje transportnim procesima. Njena uloga prevazilazi administrativni okvir i postaje ključni instrument komunikacije između svih učesnika u transportnom lancu — od pošiljaoca i prevoznika do nadzornih organa i službi za hitne intervencije. Precizno i standardizovano vođenje dokumentacije omogućava smanjenje nesigurnosti, povećanje transparentnosti i efikasnije reagovanje u slučaju nezgoda, čime se direktno doprinosi zaštiti ljudi, imovine i životne sredine.

Dalji razvoj u ovoj oblasti treba da bude usmjeren ka digitalizaciji dokumentacije i uvođenju elektronskih sistema upravljanja podacima. Elektronski transportni dokumenti omogućavaju bržu razmjenu informacija, smanjuju mogućnost ljudskih grešaka i povećavaju efikasnost kontrolnih mehanizama. Pored toga, integracija digitalne dokumentacije sa sistemima za praćenje transporta i upravljanje rizikom predstavlja važan korak ka modernizaciji i unapređenju bezbjednosti transporta opasnih materija. Zaključno, može se istaći da dokumentacija predstavlja temelj sigurnog transporta opasnih roba i neizostavan element savremenih logističkih sistema. Njena pravilna primjena, uz kontinuirano unapređenje kroz edukaciju, kontrolu i digitalizaciju, ključna je za smanjenje rizika i povećanje ukupnog nivoa bezbjednosti.

Na osnovu analize transporta zapaljivih tečnosti kroz Bosnu i Hercegovinu, može se zaključiti da ovaj vid transporta predstavlja visoko rizičnu aktivnost koja zahtijeva dosljednu primjenu ADR standarda i stalnu kontrolu svih faza transportnog procesa. Iako su formalni propisi i regulatorni okvir usklađeni sa međunarodnim standardima, u praksi na nivo bezbjednosti značajno utiču infrastrukturna ograničenja, prolazak kroz urbana područja i specifičnosti putne mreže u Bosni i Hercegovini. Konkretni primjer pokazuje da se sigurnost transporta ne zasniva samo na zakonskoj regulativi, već i na praktičnim faktorima kao što su kvalitet planiranja rute, tehnička ispravnost vozila, stručnost vozača i efikasnost nadzornih sistema. Posebno je naglašena uloga ljudskog faktora i institucionalne koordinacije, koji imaju ključni uticaj u situacijama povećanog rizika, naročito pri prolasku kroz naseljena i infrastrukturno kompleksna područja.

Takođe, uočava se da sistem hitnog odgovora u Bosni i Hercegovini, iako funkcionalan, zavisi od lokalnih kapaciteta i brzine reakcije nadležnih službi, što može uticati na posljedice eventualnih incidenata. Zbog toga je potrebno kontinuirano unapređenje tehničke opremljenosti, digitalizacija nadzora i jačanje međuinstitucionalne saradnje. Zaključno, transport zapaljivih tečnosti kroz Bosnu i Hercegovinu zahtijeva integrisan pristup upravljanju rizikom koji objedinjuje regulatorne, tehničke i organizacione mjere, kako bi se obezbijedio viši nivo bezbjednosti ljudi, imovine i životne sredine.

LITERATURA

1. Button, K. (2010). *Transport economics* (3rd ed.). Edward Elgar Publishing.
2. Deljanin, A., Otuzbir Mecan, S., & Zahirović, T. (2022). Edukacija logističara za rukovanje opasnim materijama prema evropskim standardima sa posebnim osvrtom na Bosnu i Hercegovinu. *Zbornik radova*.
3. Ke, G., Nezhad, S. S., & Tulett, D. M. (2025). Sustainable risk mitigation in hazardous material transportation. *Computers & Operations Research*, 184, 107228.
4. Liu, L., Gan, X., Wu, Q., & Sun, Z. (2024). Route optimization of hazardous material transportation with risk equity and time-varying risk. *Transportation Research Record*, 2678(8), 901–918.

5. Ministarstvo komunikacija i transporta Bosne i Hercegovine. (2021). *Izveštaj o stanju transporta u Bosni i Hercegovini*.
6. Ministarstvo saobraćaja Bosne i Hercegovine. (2022). *Pravilnik o transportu opasnih materija drumskim putem*. Sarajevo: Ministarstvo saobraćaja Bosne i Hercegovine.
7. Nagy, Z., et al. (2022). Risk assessment of hazardous materials transportation: A review of research progress in the last thirty years. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 9(4), 571–590.
8. Patsekha, A. (2024). Challenges and safety considerations in the transportation of dangerous goods through tunnels. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 169, 635–642.
9. Renčelj, M., Lindov, O., Pljakić, M., & Sever, D. (2025). Assessment of dangerous goods transport: Case Western Balkan countries. *Sustainability*, 17(3), 891.
10. Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
11. Ronay Ak, R., Bahrami, M., & Bozkaya, B. (2024). A time-based model and GIS framework for assessing hazardous materials transportation risk in urban areas. *Reliability Engineering & System Safety*.
12. Rosa, P., & Johansson, M. (2020). Safety management in the transport of hazardous materials. *Journal of Transport Safety*, 15(3), 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2020.05.004>
13. United Nations. (2021). *Recommendations on the transport of dangerous goods: Model regulations* (22nd ed.). <https://unece.org/dangerous-goods>
14. United Nations Economic Commission for Europe. (2023). *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)*. <https://unece.org/transport/dangerous-goods>
15. Zhang, X., et al. (2024). Sustainable risk mitigation in hazardous material transportation. *Transportation Research Part E*.
16. Zhang, X., Wang, Y., Li, J., & Chen, Z. (2026). Advancing hazardous materials transport safety: Systematic insights on risks, challenges, and research gaps. *Journal of Safety Science and Resilience*, 7(1), 100226.

TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS IN ROAD TRAFFIC IN BOSNIA AND HERZEGOVINA: REGULATORY FRAMEWORK AND SAFETY ASPECTS

Abstract

The transport of dangerous goods represents one of the most sensitive areas of modern traffic due to potential risks to human health, property, and the environment. The aim of this paper is to analyze the regulatory framework and safety aspects of road transport of dangerous goods in Bosnia and Herzegovina. The methodology of this paper is based on a qualitative research approach, which enables a comprehensive analysis of the regulatory and safety aspects of hazardous goods transportation in road traffic in Bosnia and Herzegovina. The results indicate that the implementation of standardized procedures and continuous harmonization of regulations with international standards is of crucial importance for risk reduction. It is concluded that the improvement of institutional supervision and the professional competence of transport participants contributes to a higher level of safety.

Keywords: dangerous goods, road transport, Bosnia and Herzegovina, ADR, safety

PEDAGOŠKI MODELI ZA RAZVOJ KOMPETENCIJA U INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA: IZAZOVI I PERSPEKTIVE SAVREMENOG OBRAZOVANJA

Esma Hasanbašić¹, Miloš Đurković²

Sažetak

Inteligentni transportni sistemi (ITS) predstavljaju ključni segment savremenih transportnih rješenja zasnovanih na integraciji informaciono-komunikacionih tehnologija, analize podataka i automatizovanih sistema upravljanja. Razvoj ovih sistema zahtijeva interdisciplinarnu kompetenciju koje prevazilaze tradicionalne obrazovne pristupe. Cilj ovog rada je analiza savremenih pedagoških modela za razvoj kompetencija u ITS području, kao i identifikacija ključnih izazova i perspektiva njihovog unapređenja.

U radu se razmatraju različiti obrazovni pristupi, uključujući projektno orijentisano učenje, problem-based learning, digitalno i hibridno učenje, kao i koncept konstruktivnog usklađivanja. Poseban fokus stavljen je na njihovu primjenu u kontekstu razvoja tehničkih, digitalnih i transverzalnih kompetencija. Takođe, identifikovani su ključni izazovi u ITS obrazovanju, kao što su brza tehnološka promjena, nedostatak interdisciplinarnosti i ograničene mogućnosti za praktičnu nastavu.

Na osnovu sprovedene analize predložen je integrisani model obrazovanja koji objedinjuje teorijski, primijenjeni i profesionalni nivo učenja, s ciljem efikasnijeg povezivanja obrazovanja i tržišta rada. Zaključuje se da savremeni pedagoški pristupi, uz adekvatnu institucionalnu podršku i saradnju sa industrijom, mogu značajno doprinijeti razvoju kompetencija potrebnih za uspješnu implementaciju i upravljanje ITS sistemima.

Ključne riječi: inteligentni transportni sistemi, ITS, obrazovanje, kompetencije, pedagoški modeli, digitalno učenje, interdisciplinarnost

UVOD

Brza digitalna transformacija savremenog društva značajno je uticala na razvoj transportnih sistema, dovodeći do pojave inteligentnih transportnih sistema (ITS) kao naprednih i integrisanih rješenja. ITS se zasnivaju na primjeni informaciono-komunikacionih tehnologija, analize podataka i automatizovanih upravljačkih mehanizama s ciljem unapređenja efikasnosti, sigurnosti i održivosti transportnih procesa (Zečević, 2017).

U takvom tehnološki dinamičnom okruženju dolazi do značajnih promjena u pogledu kompetencija koje su potrebne stručnjacima u oblasti transporta. Savremeni ITS sistemi zahtijevaju interdisciplinarni pristup koji obuhvata znanja iz oblasti saobraćajnog inženjerstva, informacionih tehnologija, telekomunikacija, umjetne inteligencije i upravljanja sistemima. Istovremeno, razvoj pametne logistike i digitalizovanih transportnih mreža dodatno naglašava potrebu za stručnjacima koji su sposobni da razumiju i primjenjuju savremene tehnologije u realnim operativnim uslovima.

Međutim, tradicionalni obrazovni modeli, koji su pretežno usmjereni na teorijsko znanje unutar pojedinačnih disciplina, često nisu u potpunosti usklađeni sa ovim zahtjevima. Zbog toga se

¹ Prof.dr Esma Hasanbašić, van.prof., Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, prorektor.nastave@privrednaakademija.edu.ba,

² Mr Miloš Đurković, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, milos.djurkovic@privrednaakademija.edu.ba,

javlja potreba za transformacijom obrazovnih pristupa ka modelima koji podstiču razvoj praktičnih, analitičkih i digitalnih kompetencija, kao i sposobnost adaptacije na brze tehnološke promjene. Poseban značaj ima integracija interdisciplinarnog učenja, primjene savremenih tehnologija u nastavnom procesu i jačanje saradnje između akademskog okruženja i industrije.

Polazeći od navedenog, cilj ovog rada je analiza savremenih pedagoških modela za razvoj kompetencija u oblasti inteligentnih transportnih sistema, uz poseban fokus na njihovu ulogu u kontekstu inovacija u kooperativnom transportu i saobraćajnoj logistici. Takođe, rad nastoji identifikovati ključne izazove u obrazovanju i predložiti pravce unapređenja nastavnih praksi u skladu sa zahtjevima digitalnog doba i savremenih transportnih sistema.

2. TEORIJSKI OKVIR

2.1. ITS kao interdisciplinarno područje

Inteligentni transportni sistemi (ITS) predstavljaju složen i višedimenzionalan koncept koji se zasniva na integraciji različitih naučnih i tehničkih disciplina. Njihova suština ogleda se u povezivanju transportnog inženjerstva, informacionih tehnologija, telekomunikacija, automatike i analitike podataka u jedinstven funkcionalni okvir (United Nations Economic Commission for Europe (UNECE, 2024). Ovakva interdisciplinarna struktura omogućava razvoj sistema koji su sposobni za prikupljanje, obradu i razmjenu podataka u realnom vremenu, kao i za donošenje optimizovanih upravljačkih odluka. U tom kontekstu, granice između tradicionalnih disciplina postaju sve manje izražene, dok se naglasak stavlja na njihovu međusobnu integraciju i funkcionalnu povezanost. Upravo zbog toga, razvoj i implementacija ITS rješenja zahtijevaju stručnjake koji posjeduju širok spektar znanja i sposobnost sinteze informacija iz različitih oblasti.

Pored tehničkih znanja, poseban značaj imaju kompetencije u oblasti analize podataka, primjene umjetne inteligencije i upravljanja komunikacionim sistemima, koje omogućavaju efikasno funkcionisanje savremenih ITS rješenja (World Bank, 2021). Takav profil stručnjaka prevazilazi okvire tradicionalnog obrazovanja, što dodatno naglašava potrebu za razvojem obrazovnih modela koji podstiču interdisciplinarnost, integraciju znanja i primjenu savremenih tehnologija u procesu učenja.

2.2. Kompetencijski okvir za ITS obrazovanje

Savremeni obrazovni sistemi sve se intenzivnije oslanjaju na kompetencijski pristup, koji podrazumijeva usmjerenost na ishode učenja i sposobnost primjene stečenog znanja u realnim i kompleksnim situacijama. Za razliku od tradicionalnih modela koji akcenat stavljaju na reprodukciju teorijskih sadržaja, kompetencijski pristup naglašava razvoj funkcionalnih znanja, praktičnih vještina i sposobnosti rješavanja problema. U kontekstu inteligentnih transportnih sistema, ovaj pristup ima poseban značaj zbog potrebe za integracijom teorijskih i praktičnih znanja, kao i razvoja interdisciplinarnih vještina (OECD, 2020).

Primjena kompetencijskog pristupa u oblasti inteligentnih transportnih sistema (ITS) zahtijeva jasno definisanje skupa ključnih kompetencija koje odgovaraju složenosti ovog područja. One se mogu sistematizovati u nekoliko osnovnih kategorija (Tabela 1):

- **Tehničke kompetencije**, obuhvataju znanja i vještine iz oblasti programiranja, analize i obrade podataka, modeliranja i simulacije transportnih sistema, kao i razumijevanje infrastrukturnih i operativnih aspekata saobraćaja.
- **Digitalne kompetencije**, koje uključuju sposobnost primjene savremenih tehnologija poput umjetne inteligencije, Interneta stvari (IoT), sistema za upravljanje podacima i digitalnih platformi, uz razumijevanje njihove uloge u optimizaciji transportnih procesa.
- **Transverzne kompetencije**, koje podrazumijevaju razvoj kritičkog mišljenja, sposobnosti timskog rada, komunikacijskih vještina i sposobnost rješavanja kompleksnih problema.
- **Analitičke kompetencije**, koje se odnose na sposobnost prikupljanja, obrade i interpretacije podataka, kao i donošenja odluka zasnovanih na kvantitativnim analizama.
- **Menadžerske kompetencije**, koje uključuju planiranje, organizaciju i upravljanje projektima i resursima, kao i koordinaciju interdisciplinarnih timova u ITS okruženju.

Integracija ovih kompetencija predstavlja osnovu za obrazovanje stručnjaka sposobnih da odgovore na zahtjeve savremenih transportnih sistema.

Tabela 1: Kompetencijski okvir za inteligentne transportne sisteme (ITS)

Kategorija kompetencija	Opis	Ključne vještine	Primjena u ITS-u
Tehničke kompetencije	Znanja iz oblasti inženjerstva i IT-a potrebna za razvoj ITS rješenja	Programiranje, analiza podataka, modeliranje, simulacije	Optimizacija saobraćajnih tokova, razvoj ITS aplikacija
Digitalne kompetencije	Sposobnost korištenja savremenih digitalnih tehnologija	AI, IoT, big data, digitalne platforme	Upravljanje pametnim sistemima i real-time analiza
Transverzne kompetencije	Opće vještine primjenjive u različitim kontekstima	Kritičko mišljenje, komunikacija, timski rad	Rješavanje kompleksnih problema i rad u interdisciplinarnim timovima
Analitičke kompetencije	Sposobnost interpretacije i obrade podataka	Statistička analiza, donošenje odluka, vizualizacija podataka	Predikcija saobraćajnih tokova i optimizacija sistema
Menadžerske kompetencije	Upravljanje projektima i resursima	Planiranje, organizacija, donošenje odluka	Upravljanje ITS projektima i implementacija rješenja

Na osnovu definisanog kompetencijskog okvira i interdisciplinarne prirode inteligentnih transportnih sistema, nameće se potreba za identifikacijom adekvatnih pedagoških pristupa koji mogu podržati razvoj navedenih kompetencija. Tradicionalni modeli nastave, zasnovani na

pasivnom usvajanju znanja, nisu dovoljni za pripremu stručnjaka sposobnih da djeluju u dinamičnom i tehnološki kompleksnom ITS okruženju.

3. PEDAGOŠKI MODELI ZA ITS OBRAZOVANJE

Razvoj kompetencija u oblasti inteligentnih transportnih sistema zahtijeva primjenu savremenih pedagoških modela koji prevazilaze tradicionalne pristupe nastavi. S obzirom na interdisciplinarnost i tehnološku kompleksnost ITS-a, neophodno je koristiti modele učenja koji podstiču aktivno učešće studenata, praktičnu primjenu znanja i rješavanje realnih problema.

U tom kontekstu, posebno se izdvajaju pristupi poput projektnog učenja, problem-based learninga, digitalnog učenja i konstruktivnog usklađivanja, koji omogućavaju razvoj tehničkih, digitalnih i transverzalnih kompetencija.

3.1. Projektno orijentisano učenje (Project-Based Learning – PBL)

Projektno orijentisano učenje zasniva se na principima iskustvenog učenja, prema kojima se znanje usvaja kroz aktivno učešće i praktičnu primjenu u realnim ili simuliranim kontekstima (Kolb, 1984). Ovaj pedagoški model posebno je pogodan za oblast inteligentnih transportnih sistema, budući da omogućava integraciju teorijskih znanja i njihove primjene u rješavanju kompleksnih, interdisciplinarnih problema.

U okviru PBL pristupa, studenti rade na projektima koji reflektuju stvarne izazove iz ITS okruženja, čime se podstiče razvoj analitičkih, tehničkih i organizacionih kompetencija. Tipični zadaci mogu uključivati optimizaciju saobraćajnih tokova primjenom algoritama i simulacionih modela, kao i analizu velikih skupova podataka prikupljenih iz sistema pametnih gradova u cilju unapređenja efikasnosti i sigurnosti transporta (Kolb, 1984).

Primjena ovog modela doprinosi višestrukim obrazovnim ishodima. Prije svega, projektno učenje značajno povećava angažovanost studenata, jer ih stavlja u aktivnu ulogu rješavanja problema. Takođe, omogućava razvoj praktičnih kompetencija kroz direktnu primjenu znanja, čime se smanjuje jaz između teorije i prakse. Osim toga, rad na projektima simulira uslove realnog radnog okruženja, uključujući timski rad, upravljanje vremenom i donošenje odluka, što dodatno doprinosi pripremi studenata za profesionalni angažman u oblasti ITS-a.

3.2. Problem-based learning

Problem-based learning predstavlja pedagoški pristup koji se zasniva na učenju kroz rješavanje kompleksnih i otvorenih problema, bez unaprijed definisanih rješenja. Ovaj model posebno je pogodan za oblast inteligentnih transportnih sistema, gdje se studenti suočavaju sa višedimenzionalnim izazovima koji zahtijevaju integraciju različitih znanja i metoda (Chalkiadakis et al., 2020).

U okviru ovog pristupa, proces učenja započinje postavljanjem konkretnog problema iz realnog ili simuliranog ITS okruženja, nakon čega studenti samostalno ili u timovima identifikuju

potrebne informacije, analiziraju moguće pristupe i razvijaju rješenja. Uloga nastavnika se transformiše iz tradicionalnog predavača u mentora koji usmjerava i podržava proces učenja.

Chalkiadakis (2020) navodi da primjena problem-based learning modela doprinosi razvoju ključnih kompetencija, prije svega analitičkog razmišljanja i sposobnosti strukturiranog pristupa rješavanju problema. Studenti razvijaju i istraživačke vještine, uključujući prikupljanje, evaluaciju i interpretaciju podataka, kao i sposobnost donošenja odluka u uslovima neizvjesnosti. Ovakav pristup dodatno podstiče samostalnost u učenju i priprema studente za suočavanje sa realnim izazovima u ITS okruženju.

3.3. Digitalno i hibridno učenje

Razvoj digitalnih tehnologija značajno je transformisao obrazovne procese, omogućavajući primjenu fleksibilnih i prilagodljivih modela učenja koji nadilaze ograničenja tradicionalne nastave. Digitalno i hibridno učenje podrazumijeva kombinaciju online i klasičnih nastavnih aktivnosti, čime se studentima omogućava kontinuiran pristup obrazovnim sadržajima, kao i interakcija u različitim formatima. U tom kontekstu, informaciono-komunikacione tehnologije imaju ključnu ulogu u unapređenju kvaliteta nastave i efikasnosti učenja (OECD, 2006).

Poseban značaj u savremenom obrazovanju ima primjena umjetne inteligencije, koja omogućava personalizaciju procesa učenja kroz prilagođavanje sadržaja, tempa i metoda individualnim potrebama studenata. Na taj način, obrazovni sistemi postaju adaptivniji i usmjereniji na postizanje optimalnih ishoda učenja (OECD, 2025).

Vujović i saradnici (2014) smatraju da u oblasti inteligentnih transportnih sistema, digitalne platforme omogućavaju pristup naprednim alatima i resursima koji su ključni za razvoj praktičnih kompetencija. To uključuje korištenje simulacionih okruženja za modeliranje saobraćajnih tokova, virtualnih laboratorija za eksperimentisanje sa ITS tehnologijama, kao i mogućnosti međunarodne saradnje kroz online projekte i zajedničke istraživačke aktivnosti. Ovakav pristup doprinosi razvoju digitalnih i interdisciplinarnih kompetencija, te omogućava studentima da steknu iskustvo rada u globalnom i tehnološki naprednom okruženju.

3.4. Konstruktivno usklađivanje (Constructive Alignment)

Konstruktivno usklađivanje predstavlja pedagoški pristup koji podrazumijeva sistematsko povezivanje ishoda učenja, nastavnih aktivnosti i metoda evaluacije u jedinstvenu i koherentnu cjelinu. Prema ovom konceptu, proces učenja se dizajnira tako da sve komponente nastavnog procesa budu usmjerene ka postizanju jasno definisanih obrazovnih ciljeva (Biggs, 2014).

U kontekstu obrazovanja za inteligentne transportne sisteme, primjena konstruktivnog usklađivanja ima poseban značaj zbog potrebe integracije teorijskih znanja i praktičnih vještina. Prema Biggsu (2014), ovaj pristup omogućava da se nastavni sadržaji, projektni zadaci i metode ocjenjivanja usklade sa kompetencijama koje studenti treba da razviju, uključujući tehničke, digitalne i transverzalne vještine. Na taj način, studenti ne samo da usvajaju teorijska znanja, već ih aktivno primjenjuju kroz odgovarajuće nastavne aktivnosti, dok evaluacija reflektuje stvarni

nivo stečenih kompetencija. Konstruktivno usklađivanje doprinosi transparentnosti i efikasnosti obrazovnog procesa, te predstavlja ključni element u dizajnu savremenih studijskih programa.

Tabela 2: Pedagoški modeli za ITS obrazovanje i njihove karakteristike

Pedagoški model	Opis	Ključne kompetencije	Prednosti	Ograničenja
Projektno orijentisano učenje (PBL)	Učenje kroz rad na realnim projektima iz ITS domena	Tehničke, timski rad, rješavanje problema	Visoka angažovanost, praktična primjena znanja	Zahtijeva resurse i vrijeme
Problem-based learning	Rješavanje otvorenih problema bez unaprijed definisanih rješenja	Analitičko razmišljanje, istraživačke vještine	Razvija kritičko mišljenje i samostalnost	Može biti vremenski zahtjevno
Digitalno i hibridno učenje	Kombinacija online i klasične nastave uz korištenje ICT alata	Digitalne kompetencije, samostalno učenje	Fleksibilnost, pristup simulacijama i globalnim resursima	Ograničena direktna interakcija
Konstruktivno usklađivanje	Usklađivanje ishoda učenja, aktivnosti i evaluacije	Sistematsko učenje, primjena znanja	Jasna struktura i mjerljivi ishodi	Zahtijeva pažljivo planiranje
Učenje kroz saradnju sa industrijom	Praktičan rad u realnom okruženju (prakse, projekti)	Profesionalne, praktične kompetencije	Direktna priprema za tržište rada	Zависи od dostupnosti partnera

Na osnovu analiziranih pedagoških pristupa, može se uočiti da nijedan model pojedinačno ne može u potpunosti odgovoriti na složene zahtjeve obrazovanja u oblasti inteligentnih transportnih sistema. Stoga se nameće potreba za njihovom integracijom u jedinstven, koherentan obrazovni okvir koji objedinjuje teorijska znanja, praktične vještine i saradnju sa realnim sektorom.

4. MODEL INTEGRISANOG ITS OBRAZOVANJA

Na osnovu prethodno analiziranih pedagoških pristupa, može se zaključiti da efikasno obrazovanje u oblasti inteligentnih transportnih sistema zahtijeva integraciju različitih modela učenja u jedinstven i koherentan okvir. U tom smislu, predlaže se integrisani model obrazovanja koji objedinjuje teorijska znanja, praktične vještine i saradnju sa industrijom, s ciljem razvoja sveobuhvatnih kompetencija neophodnih za savremeno ITS okruženje. Ovakav pristup u skladu je sa savremenim obrazovnim trendovima koji naglašavaju potrebu za jačim povezivanjem obrazovnog sistema i tržišta rada (OECD, 2020; World Bank, 2021).

Predloženi model zasniva se na višeslojnoj strukturi koja omogućava postepeni razvoj kompetencija kroz tri međusobno povezana nivoa (Tabela 3):

1. Osnovni nivo (teorijski okvir) - Na ovom nivou fokus je na usvajanju fundamentalnih znanja iz oblasti transportnih sistema, informacionih tehnologija i srodnih disciplina. Nastavne aktivnosti uključuju predavanja, analizu studija slučaja i osnovne vježbe, čime se postavlja temelj za razumijevanje kompleksnih ITS koncepata.

2. Primijenjeni nivo (projekti i simulacije) - Drugi nivo usmjeren je na razvoj praktičnih vještina kroz projektno i problemski orijentisano učenje. Studenti učestvuju u laboratorijskim vježbama, koriste simulacione alate i rade na rješavanju konkretnih zadataka iz ITS domena. Ovaj nivo omogućava primjenu teorijskih znanja u realističnim scenarijima i razvoj analitičkih i tehničkih kompetencija.

3. Profesionalni nivo (saradnja sa industrijom) - Na najvišem nivou obrazovanja naglasak je na direktnoj interakciji sa realnim sektorom kroz stručnu praksu, rad na stvarnim projektima i saradnju sa industrijskim partnerima. Ovaj segment omogućava studentima sticanje radnog iskustva, razumijevanje profesionalnog okruženja i razvoj kompetencija potrebnih za efikasno uključivanje na tržište rada.

Ovakva strukturirana i integrisana organizacija obrazovnog procesa omogućava kontinuirani razvoj znanja i vještina, kao i njihovu primjenu u realnim uslovima, čime se značajno unapređuje kvalitet obrazovanja u oblasti inteligentnih transportnih sistema.

Tabela 3. Model integrisanog ITS obrazovanja

Nivo obrazovanja	Fokus	Ključne aktivnosti	Razvijene kompetencije	Očekivani ishodi
Osnovni nivo (teorijski)	Fundamenti ITS-a i interdisciplinarna znanja	Predavanja, studije slučaja, osnovne vježbe	Tehničke, digitalne (osnovni nivo)	Razumijevanje ITS koncepata i tehnologija
Primijenjeni nivo (projekti i simulacije)	Primjena znanja u praktičnim kontekstima	Projektni zadaci, laboratorije, simulacije	Analitičke, tehničke, transverzalne	Razvoj praktičnih vještina i rješavanje problema
Profesionalni nivo (industrija)	Realno okruženje i tržište rada	Stručna praksa, rad na projektima, saradnja sa industrijom	Menadžerske, profesionalne, timski rad	Spremnost za rad u ITS sektoru

5. IZAZOVI U ITS OBRAZOVANJU

Obrazovanje u oblasti inteligentnih transportnih sistema suočava se sa nizom strukturnih i konceptualnih izazova koji proizlaze iz brzog tehnološkog razvoja i kompleksne prirode ovog područja. Identifikacija i razumijevanje ovih izazova predstavljaju ključni korak ka unapređenju obrazovnih programa i razvoju adekvatnih pedagoških pristupa.

5.1. Brza tehnološka promjena

Jedan od osnovnih izazova odnosi se na intenzivan razvoj tehnologija kao što su umjetna inteligencija, autonomni sistemi i napredne komunikacione mreže. Ove promjene zahtijevaju kontinuirano ažuriranje nastavnih planova i programa kako bi obrazovni sadržaji ostali relevantni i usklađeni sa savremenim tehnološkim trendovima (OECD, 2025). Međutim, obrazovne institucije često se suočavaju sa institucionalnim i administrativnim ograničenjima koja usporavaju proces prilagođavanja kurikuluma.

5.2. Nedostatak interdisciplinarnosti

ITS po svojoj prirodi zahtijeva integraciju različitih disciplina, ali tradicionalni obrazovni sistemi su najčešće organizovani po jasno definisanim akademskim oblastima. Ovakva fragmentacija otežava razvoj interdisciplinarnih studijskih programa i ograničava mogućnost povezivanja znanja iz različitih domena (UNECE, 2024). Kao rezultat, studenti često ne razvijaju cjelovit pogled na kompleksne transportne sisteme.

5.3. Nedovoljna praktična nastava

Još jedan značajan izazov predstavlja nedostatak praktične nastave i ograničen pristup savremenim alatima i tehnologijama. Bez adekvatnih laboratorijskih vježbi, simulacija i rada na realnim projektima, studenti nemaju mogućnost da razviju ključne kompetencije potrebne za rad u ITS okruženju (Chalkiadakis et al., 2020). Ovaj jaz između teorije i prakse dodatno otežava njihovu spremnost za profesionalni angažman.

6. PERSPEKTIVE RAZVOJA ITS OBRAZOVANJA

Savremeni trendovi u razvoju inteligentnih transportnih sistema ukazuju na potrebu kontinuirane transformacije obrazovnih pristupa kako bi se osigurao razvoj kompetencija usklađenih sa zahtjevima digitalnog društva. U tom kontekstu, perspektive razvoja ITS obrazovanja usmjerene su ka većoj fleksibilnosti, tehnološkoj integraciji i jačanju veze između akademskog i profesionalnog okruženja.

6.1. Razvoj modularnih i fleksibilnih kurikuluma

Jedan od ključnih pravaca razvoja odnosi se na uvođenje modularnih studijskih programa koji omogućavaju bržu adaptaciju na tehnološke promjene. Ovakvi kurikulumi pružaju mogućnost kombinovanja različitih oblasti znanja, kao i uvođenje specijalizovanih modula iz domena umjetne inteligencije, analize podataka i pametnih transportnih sistema. Time se studentima omogućava personalizacija obrazovnog puta i sticanje ciljanih kompetencija (OECD, 2020).

6.2. Integracija digitalnih tehnologija i simulacionih alata

Primjena naprednih digitalnih alata, uključujući simulacione platforme i digitalne blizance, predstavlja značajan potencijal za unapređenje kvaliteta obrazovanja. Ovi alati omogućavaju modeliranje realnih transportnih sistema i eksperimentalno učenje u kontrolisanim uslovima,

čime se unapređuje razumijevanje kompleksnih procesa i donošenje odluka zasnovanih na podacima.

6.3. Jačanje saradnje sa industrijom

Povezivanje obrazovnih institucija sa industrijskim sektorom predstavlja jedan od ključnih faktora razvoja relevantnih kompetencija. Uvođenje dualnih modela obrazovanja, stručnih praksi i zajedničkih istraživačkih projekata omogućava studentima sticanje praktičnih iskustava i direktan uvid u savremene izazove ITS okruženja (World Bank, 2021).

6.4. Promocija cjeloživotnog učenja

S obzirom na dinamičnost tehnoloških promjena, cjeloživotno učenje postaje neizostavan element profesionalnog razvoja u ITS oblasti. Kontinuirano usavršavanje kroz dodatne edukacije, online kurseve i profesionalne programe omogućava stručnjacima da prate nove trendove i održavaju konkurentnost na tržištu rada.

7. DISKUSIJA

Analiza savremenih pedagoških modela i identifikovanih izazova ukazuje na potrebu sistemske transformacije obrazovanja u oblasti inteligentnih transportnih sistema. Tradicionalni pristupi, zasnovani na fragmentiranom i teorijski orijentisanom učenju, nisu adekvatni za razvoj kompetencija koje zahtijeva savremeno ITS okruženje. U tom smislu, poseban značaj ima prelazak ka integrisanim i interdisciplinarnim modelima obrazovanja koji omogućavaju povezivanje znanja iz različitih oblasti i njihovu primjenu u realnim kontekstima.

Primjena aktivnih metoda učenja, kao što su projektno i problemski orijentisano učenje, pokazuje značajan potencijal u razvoju analitičkih, tehničkih i transverzalnih kompetencija. Ovi pristupi omogućavaju studentima da kroz praktičan rad razviju sposobnost rješavanja kompleksnih problema, što je od ključne važnosti za ITS sisteme. Istovremeno, digitalno i hibridno učenje doprinosi fleksibilnosti obrazovanja i omogućava pristup naprednim alatima i resursima.

Međutim, implementacija ovih modela suočava se sa određenim ograničenjima, uključujući nedostatak infrastrukturnih resursa, potrebu za dodatnom obukom nastavnog kadra i institucionalne barijere u prilagođavanju kurikuluma. Takođe, nedovoljna saradnja između akademskog i industrijskog sektora dodatno otežava razvoj praktičnih kompetencija kod studenata.

U tom kontekstu, predloženi integrisani model obrazovanja može predstavljati efikasan okvir za prevazilaženje ovih izazova, jer omogućava postepeni razvoj znanja i vještina kroz kombinaciju teorije, prakse i profesionalnog iskustva. Njegova primjena zahtijeva koordinisano djelovanje

obrazovnih institucija, industrije i donosilaca politika, kako bi se osigurala relevantnost i održivost obrazovnih programa.

ZAKLJUČAK

Razvoj inteligentnih transportnih sistema nameće potrebu za redefinisanjem obrazovnih pristupa i usmjeravanjem ka modelima koji omogućavaju razvoj interdisciplinarnih i primjenjivih kompetencija. Tradicionalni obrazovni sistemi suočavaju se sa brojnim izazovima, uključujući brze tehnološke promjene, nedostatak interdisciplinarnosti i ograničene mogućnosti za praktičnu nastavu.

U radu je pokazano da savremeni pedagoški modeli, poput projektnog i problemski orijentisanog učenja, digitalnog obrazovanja i konstruktivnog usklađivanja, imaju značajan potencijal za unapređenje kvaliteta obrazovanja u ITS oblasti. Njihova integracija kroz predloženi model obrazovanja omogućava razvoj kompetencija koje su usklađene sa zahtjevima savremenog tržišta rada.

Poseban značaj ima jačanje saradnje između obrazovnih institucija i industrije, kao i primjena digitalnih tehnologija koje omogućavaju fleksibilnije i efikasnije učenje. Takođe, promocija cjeloživotnog učenja predstavlja ključni faktor za održavanje relevantnosti stručnjaka u dinamičnom ITS okruženju.

Zaključno, transformacija obrazovanja u oblasti inteligentnih transportnih sistema nije samo poželjna, već i nužna, kako bi se osigurao razvoj stručnjaka sposobnih da odgovore na izazove savremenog transporta i doprinesu razvoju održivih i inteligentnih mobilnih sistema.

LITERATURA

1. Biggs, J. (2014). *Constructive alignment in university teaching*. Higher Education Academy.
2. Chalkiadakis, C., Iordanopoulos, P., & Mitsakis, E. (2020). Training opportunities for intelligent transport systems. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2010.12037>
3. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
4. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). *ICT and learning: Supporting out-of-school learning*. OECD Publishing.
5. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). *Education in the digital age*. OECD Publishing.
6. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2025). *AI adoption in the education system*. OECD Publishing.
7. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2024). *Intelligent transport systems for sustainable mobility*. <https://unece.org>
8. World Bank. (2021). *Intelligent transport systems and logistics*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org>
9. Zečević, S. (2017). *Logistika*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
10. Vujanić, M., Lipovac, K., & Jovanović, D. (2014). *Bezbednost saobraćaja*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.

PEDAGOGICAL MODELS FOR COMPETENCY DEVELOPMENT IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS: CHALLENGES AND PERSPECTIVES OF MODERN EDUCATION

Abstract

Intelligent Transport Systems (ITS) represent a key component of modern transport solutions based on the integration of information and communication technologies, data analytics, and automated management systems. The development of these systems requires interdisciplinary competencies that go beyond traditional educational approaches. The aim of this paper is to analyze contemporary pedagogical models for the development of competencies in the ITS domain, as well as to identify key challenges and perspectives for their improvement.

The paper examines various educational approaches, including project-based learning, problem-based learning, digital and hybrid learning, as well as the concept of constructive alignment. Special emphasis is placed on their application in the development of technical, digital, and transversal competencies. Furthermore, key challenges in ITS education are identified, such as rapid technological change, lack of interdisciplinarity, and limited opportunities for practical training.

Based on the conducted analysis, an integrated education model is proposed, combining theoretical, applied, and professional levels of learning, with the aim of strengthening the connection between education and the labor market. It is concluded that modern pedagogical approaches, supported by adequate institutional frameworks and cooperation with industry, can significantly contribute to the development of competencies necessary for the successful implementation and management of ITS systems.

Keywords: intelligent transport systems, ITS, education, competencies, pedagogical models, digital learning, interdisciplinarity

GEOPOLITIČKI POREMEĆAJI I TRANSFORMACIJA TRANSPORTNIH TOKOVA: PROCJENA EFEKATA NA BIH, ZAPADNI BALKAN I EVROPU

Doc. dr. sci. Kemal Jaganjac¹

Prof. dr. sci. Danislav Drašković²

Prof. dr. sci. Stojan Aleksić³

SAŽETAK

Savremeni geopolitički i ratni sukobi predstavljaju jedan od najznačajnijih faktora transformacije globalnih, evropskih i regionalnih transportnih sistema u 21. stoljeću. Usljed eskalacije konflikata, uključujući rat u Ukrajini, sigurnosne poremećaje u Crvenom moru i Sueskom kanalu, te aktuelni sukob između Sjedinjenih Američkih Država, Izraela i Irana, dolazi do dubokih i dugoročnih promjena u strukturi, pravcima i modalnoj raspodjeli transportnih tokova. Ovi procesi imaju izražen sistemski karakter i utiču ne samo na efikasnost transporta, već i na njegovu pouzdanost, sigurnost, troškovnu strukturu i ekonomsku održivost.

U radu se analizira uticaj savremenih geopolitičkih poremećaja na transportne sisteme Bosne i Hercegovine, regiona Zapadnog Balkana i Evrope, sa posebnim fokusom na transformaciju lanaca snabdijevanja, povećanje troškova transporta usljed energetske nestabilnosti, promjene u izboru transportnih pravaca, te rast značaja otpornosti i sigurnosti transportne infrastrukture. Posebna pažnja posvećena je ulozi ključnih globalnih transportnih „uska grla“ (chokepoints), poput Sueskog kanala i Hormušskog moreuza, čija destabilizacija ima globalne implikacije.

Primjenom deskriptivno-analitičke i komparativne metode, uz korištenje scenarijskog pristupa predviđanju, identifikuju se ključni trendovi koji oblikuju budući razvoj transporta. Analiza ukazuje da savremene krize ne uzrokuju samo kratkoročne poremećaje, već dovode do dugoročnog restrukturiranja transportnih sistema, uključujući diversifikaciju transportnih koridora, jačanje intermodalnog transporta, digitalizaciju logističkih i carinskih procesa, te povećanu potrebu za sigurnosnim i regulatornim prilagođavanjem.

Rezultati istraživanja pokazuju da se transportni sistemi nalaze u fazi tranzicije iz modela zasnovanog na troškovnoj efikasnosti prema modelu zasnovanom na otpornosti, fleksibilnosti i sigurnosti. U tom kontekstu, budući razvoj transporta u Bosni i Hercegovini biće determinisan sposobnošću sistema da odgovori na kompleksne geopolitičke izazove kroz modernizaciju infrastrukture, unapređenje institucionalnog i regulatornog okvira, digitalizaciju procesa, te jačanje regionalne i evropske integracije.

Zaključno, rad potvrđuje da savremeni geopolitički sukobi ne predstavljaju samo kratkoročne poremećaje, već trajno mijenjaju paradigmu razvoja transporta, pri čemu otpornost i prilagodljivost postaju ključni faktori konkurentnosti transportnih sistema na globalnom i regionalnom nivou.

Ključne riječi: geopolitički rizici, ratni sukobi, transportni sistemi, logistika, lanci snabdijevanja, Bosna i Hercegovina, Zapadni Balkan,

UVOD

Transport predstavlja jednu od ključnih komponenti savremenih ekonomskih sistema i osnovu funkcionisanja globalnih lanaca snabdijevanja. Njegova uloga prevazilazi fizičko premještanje robe i putnika, obuhvatajući osiguravanje kontinuiteta ekonomskih tokova, stabilnosti tržišta i

¹ Internacionalni univerzitet Travnik – Saobraćajni fakultet

² Panevropski univerzitet „Apeiron“ Banja Luka – Saobraćajni fakultet

³ Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko – Fakultet tehničkih nauka

održivosti proizvodnje. U uslovima globalne međuzavisnosti, transportni sistemi postaju strateški resurs koji direktno utiče na konkurentnost ekonomija.

U protekloj deceniji, transportni sektor suočio se sa nizom sistemskih šokova koji su značajno promijenili njegove karakteristike. Pandemija COVID-19 ukazala je na ranjivost globalnih lanaca snabdijevanja, dok su savremeni geopolitički i ratni sukobi dodatno produbili ove slabosti, transformišući transport u sigurnosno i strateško pitanje.

Rat u Ukrajini, kao jedan od ključnih događaja, doveo je do destabilizacije evropskih transportnih tokova kroz ograničenje pomorskog saobraćaja u Crnom moru i povećanje opterećenja kopnenih koridora. Istovremeno, poremećaji u Crvenom moru i Sueskom kanalu produžili su transportne rute između Azije i Evrope, povećavajući troškove i vrijeme transporta. Dodatno, destabilizacija Hormuškog moreuza usljed geopolitičkih tenzija utiče na globalno snabdijevanje energentima i indirektno povećava troškove transporta.

Globalni transportni sistem karakteriše visoka koncentracija ključnih pravaca, što ga čini izrazito osjetljivim na poremećaje. Kao posljedica, čak i lokalni sukobi mogu imati globalne implikacije, posebno u pomorskom transportu koji dominira svjetskom trgovinom. U takvim uslovima, transportni sistemi prelaze iz modela zasnovanog na efikasnosti ka modelu koji naglašava otpornost, sigurnost i fleksibilnost.

Savremeni geopolitički sukobi utiču na transport kroz više mehanizama: prekid transportnih pravaca, promjenu ruta, povećanje sigurnosnih zahtjeva i rast cijena energenata. Ovi faktori dovode do rasta troškova transporta i smanjenja njegove pouzdanosti.

Za Evropu, ovi procesi imaju poseban značaj zbog zavisnosti od kompleksnih transportnih i energetske mreže. Region Zapadnog Balkana dodatno je opterećen infrastrukturnim i administrativnim ograničenjima, dok Bosna i Hercegovina, sa dominantnim drumskim transportom i ograničenom digitalizacijom, pokazuje povećanu ranjivost na globalne poremećaje.

Uzimajući u obzir navedene procese, postavlja se centralno istraživačko pitanje ovog rada: **Na koji način savremeni geopolitički i ratni sukobi utiču na strukturu i buduće tendencije razvoja transporta u Bosni i Hercegovini, regionu Zapadnog Balkana i Evropi?**

Predmet istraživanja je analiza uticaja geopolitičkih poremećaja na transportne sisteme, dok je cilj identifikacija ključnih trendova i predviđanje budućih pravaca razvoja transporta.

Struktura rada obuhvata teorijski okvir, metodologiju istraživanja, analizu globalnih poremećaja, implikacije na evropski i regionalni transport, te poseban fokus na Bosnu i Hercegovinu, uz scenarijsko predviđanje budućih tendencija razvoja.

2. TEORIJSKI OKVIR

Savremeni transportni sistemi ne mogu se adekvatno analizirati isključivo kroz tehničko-infrastrukturnu prizmu, već zahtijevaju interdisciplinarni pristup koji integriše ekonomiju, geopolitiku, logistiku, teoriju sistema i upravljanje rizicima. U tom kontekstu, teorijski okvir ovog rada zasniva se na integraciji savremenih koncepata koji objašnjavaju ponašanje transportnih sistema u uslovima visoke neizvjesnosti i geopolitičkih poremećaja.

Ključni teorijski stubovi ovog rada obuhvataju:

- teoriju geopolitičkog rizika u transportu,
- teoriju otpornosti transportnih sistema (transport resilience),
- teoriju lanaca snabdijevanja i njihove ranjivosti,
- koncept intermodalnosti i adaptivnih logističkih sistema,
- teoriju kompleksnih sistema i kaskadnih poremećaja.

2.1 Geopolitički rizik kao strukturni faktor transportnih sistema

Geopolitički rizik predstavlja jedan od najznačajnijih eksternih faktora koji utiču na organizaciju transportnih tokova. U savremenim uslovima globalizacije, transportni sistemi su postali izuzetno osjetljivi na političke i vojne promjene.

Globalna trgovina zavisi od ograničenog broja ključnih transportnih pravaca (chokepoints), čija destabilizacija može izazvati globalne poremećaje[4]. Ovi pravci uključuju:

- Sueski kanal
- Hormuški moreuz
- Bosfor i Dardaneli
- Malajski prolaz

Geopolitički sukobi utiču na transport kroz tri osnovna mehanizma:

1. **Fizička disrupcija infrastrukture** – uništenje ili blokada transportnih pravaca
2. **Regulatorne i sigurnosne restrikcije** – zatvaranje prostora, sankcije
3. **Tržišni efekti** – rast cijena energenata i osiguranja

Savremeni transportni modeli prelaze sa koncepta minimizacije troškova ka konceptu **optimizacije rizika (risk-adjusted logistics)**, gdje sigurnost i pouzdanost postaju ključni kriteriji odlučivanja.

2.2 Teorija otpornosti transportnih sistema (Transport Resilience Theory)

Koncept otpornosti predstavlja centralni teorijski okvir za razumijevanje savremenih transportnih sistema. Otpornost se definiše kao sposobnost sistema da apsorbira poremećaje, prilagodi se promjenama i obnovi funkcionalnost.

Otpornost transportnog sistema obuhvata četiri ključne dimenzije[5]:

- **Robusnost (robustness)** – sposobnost sistema da izdrži poremećaj bez značajnog gubitka funkcionalnosti
- **Redundansa (redundancy)** – postojanje alternativnih pravaca i kapaciteta
- **Responzivnost (responsiveness)** – brzina reakcije sistema na poremećaje
- **Oporavak (recovery)** – sposobnost vraćanja u funkcionalno stanje

Savremena literatura razlikuje dva osnovna modela otpornosti:

- **Inženjerski model otpornosti**

Fokusira se na brzinu povratka sistema u prethodno stanje.

- **Adaptivni model otpornosti**

Podrazumijeva transformaciju sistema i prilagođavanje novim uslovima.

U kontekstu savremenih geopolitičkih poremećaja, transportni sistemi prelaze sa inženjerskog na adaptivni model otpornosti, što znači da krize postaju katalizator transformacije.

2.3 Teorija lanaca snabdijevanja i njihova ranjivost

Globalni lanci snabdijevanja razvijeni su na principu optimizacije troškova i maksimalne efikasnosti. Međutim, ovaj model pokazao se izuzetno ranjivim u uslovima geopolitičkih poremećaja.

Savremeni lanci snabdijevanja karakterišu[11]:

- geografska disperzija proizvodnje,
- minimalne zalihe (just-in-time sistem),
- visok nivo međuzavisnosti.

Ove karakteristike dovode do povećane ranjivosti sistema. Poremećaji u jednom segmentu lanca brzo se prenose na druge dijelove, što rezultira tzv. **kaskadnim efektima**.

Kao odgovor na ove izazove, razvijaju se novi koncepti:

- **Nearshoring** - Premještanje proizvodnje bliže tržištu radi smanjenja rizika.
- **Friend-shoring** - Premještanje proizvodnje u politički stabilne zemlje.
- **Multi-sourcing** - Diversifikacija dobavljača i transportnih pravaca.

Ovi procesi direktno utiču na transportne tokove i dovode do njihove reorganizacije.

2.4 Intermodalni transport i fleksibilnost sistema

Intermodalni transport predstavlja ključni element savremenih transportnih sistema jer omogućava kombinovanje različitih vidova transporta u cilju povećanja efikasnosti i otpornosti. Intermodalni transport doprinosi smanjenju troškova, povećanju fleksibilnosti, smanjenju emisija štetnih uticaja i povećanju otpornosti sistema[6].

U uslovima geopolitičkih poremećaja, intermodalnost omogućava brzo preusmjeravanje robe, kombinovanje alternativnih pravaca, kao i smanjenje zavisnosti od pojedinačnih ruta.

2.5 Teorija kompleksnih sistema i kaskadnih poremećaja

Savremeni transportni sistemi mogu se posmatrati kao **kompleksni adaptivni sistemi**, u kojima su različiti elementi međusobno povezani i međuzavisni.

U takvim sistemima, poremećaji imaju karakter **kaskadnih efekata (cascading disruptions)**, gdje:

- poremećaj u jednom segmentu izaziva lančanu reakciju,
- efekti se multipliciraju kroz sistem,
- dolazi do nelinearnih promjena.

Na primjer:

- zatvaranje Hormuškog moreuza → rast cijena nafte → rast cijena transporta → inflacija → smanjenje trgovine
- poremećaj u Sueskom kanalu → povećanje vremena transporta → zagušenje luka → kašnjenja u industriji

Ovaj teorijski okvir omogućava bolje razumijevanje kompleksnosti savremenih transportnih poremećaja.

2.6 Digitalizacija kao teorijski i operativni okvir transformacije

Digitalizacija transporta predstavlja ključni faktor povećanja otpornosti i efikasnosti sistema.

Digitalni sistemi omogućavaju smanjenje administrativnih barijera, ubrzanje protoka robe, povećanje transparentnosti i bolju koordinaciju između aktera[7].

Digitalizacija uključuje elektronske transportne dokumente, pametne logističke platforme i automatizaciju procesa.

2.7 Integrativni teorijski model rada

Na osnovu prethodno analiziranih koncepata, može se definisati integrativni model koji objašnjava savremene transportne procese:

Geopolitički poremećaji → disrupcija transportnih tokova → povećanje troškova i rizika → transformacija lanaca snabdijevanja → razvoj otpornijih i intermodalnih sistema

Ovaj model predstavlja teorijsku osnovu za analizu u narednim poglavljima.

2.8 Sinteza teorijskog okvira

Na osnovu sveobuhvatne analize može se zaključiti:

- transportni sistemi postaju geopolitički determinisani,
- otpornost postaje ključni kriterij razvoja,
- lanci snabdijevanja se restrukturiraju,
- intermodalni transport dobija na značaju,
- digitalizacija postaje nužnost, a ne opcija.

Ovi koncepti predstavljaju osnovu za razumijevanje uticaja savremenih geopolitičkih i ratnih sukoba na transportne sisteme.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodološki okvir ovog rada zasniva se na integrisanom pristupu koji kombinuje kvalitativne i kvantitativne elemente analize, sa ciljem sveobuhvatnog sagledavanja kompleksnih uticaja savremenih geopolitičkih i ratnih sukoba na transportne sisteme. S obzirom na dinamičnu, nelinearnu i višedimenzionalnu prirodu istraživane problematike, primijenjen je metodološki model koji omogućava istovremenu analizu postojećih trendova i projekciju budućih kretanja.

3.1 Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja ovog rada jeste analiza uticaja savremenih geopolitičkih i ratnih sukoba na strukturu, funkcionisanje i buduće tendencije razvoja transporta na tri međusobno povezana nivoa:

- globalni nivo (svjetski transportni tokovi),
- regionalni nivo (Zapadni Balkan),
- nacionalni nivo (Bosna i Hercegovina).

Poseban fokus stavljen je na: promjene u transportnim koridorima, uticaj energetske poremećaja na troškove transporta, transformaciju lanaca snabdijevanja i institucionalne i infrastrukturne odgovore transportnih sistema.

Cilj istraživanja je trostruk:

1. **analitički cilj** – identifikacija ključnih faktora i mehanizama uticaja geopolitičkih poremećaja na transport,
2. **eksplanatorni cilj** – objašnjenje uzročno-posljedičnih veza između globalnih događaja i promjena u transportnim tokovima,
3. **prognostički cilj** – predviđanje budućih tendencija razvoja transporta kroz scenarijski pristup.

3.2 Istraživačka pitanja i hipoteze

U skladu sa definisanim ciljevima, istraživanje se zasniva na sljedećim ključnim pitanjima:

- Kako savremeni geopolitički i ratni sukobi utiču na globalne transportne tokove?
- Na koji način se ovi uticaji reflektuju na evropski transportni sistem?
- Koje su specifične implikacije za region Zapadnog Balkana?
- Kako globalni poremećaji utiču na transportni sistem Bosne i Hercegovine?
- Koje promjene u modalnoj strukturi transporta se mogu očekivati u budućnosti?

Na osnovu teorijskog okvira formulisane su sljedeće hipoteze:

- **H1:** Geopolitički i ratni sukobi uzrokuju dugoročno preusmjeravanje transportnih tokova u Evropi.
- **H2:** Povećanje sigurnosnih i energetske rizika dovodi do rasta značaja intermodalnog i željezničkog transporta.

- **H3:** Konkurentnost transporta u Bosni i Hercegovini sve više zavisi od otpornosti sistema i efikasnosti institucionalnog okvira, a ne samo od geografskog položaja.

Struktura rada obuhvata teorijski okvir, metodologiju istraživanja, analizu globalnih poremećaja, implikacije na evropski i regionalni transport, te poseban fokus na Bosnu i Hercegovinu, uz scenarijsko predviđanje budućih tendencija razvoja.

3.3 Metodološki pristup i istraživački dizajn

Istraživanje je koncipirano kao **kvalitativno-analitički rad sa elementima kvantitativne interpretacije**, uz primjenu sljedećih metodoloških pristupa:

- **Deskriptivna analiza** - Deskriptivna metoda korištena je za sistematizaciju i interpretaciju aktuelnih geopolitičkih dešavanja i njihovog uticaja na transportne sisteme. Ova metoda omogućava identifikaciju ključnih fenomena i trendova;
- **Komparativna analiza** - Komparativni pristup primijenjen je na tri nivoa analize:
 - globalni (svjetski transportni tokovi),
 - evropski (EU transportni sistem),
 - regionalni i nacionalni (Zapadni Balkan i BiH).

Cilj ove metode je identifikacija razlika u stepenu uticaja i adaptivnim kapacitetima transportnih sistema.

- **Analiza sekundarnih izvora** - Rad se zasniva na analizi relevantnih izvještaja i publikacija međunarodnih institucija, uključujući:
 - World Bank (Washington D.C.)
 - European Commission (Brisel)
 - UNCTAD (Ženeva)
 - EUROCONTROL (Brisel)
 - Transport Community (Beograd)

Ova metoda omogućava korištenje pouzdanih i validiranih podataka.

3.4 Scenarijska metoda i model predviđanja

Scenarijska metoda predstavlja ključni alat za analizu budućih tendencija u uslovima visoke neizvjesnosti.

U radu su definisana tri scenarija:

- **Optimistični scenario** - Podrazumijeva stabilizaciju geopolitičkih odnosa, smanjenje energetske rizika i oporavak globalne trgovine.
- **Realni scenario** - Podrazumijeva nastavak umjerene nestabilnosti uz postepeno prilagođavanje transportnih sistema.
- **Pesimistični scenario** - Podrazumijeva eskalaciju sukoba i produbljivanje transportnih poremećaja.

3.5 Analitički model istraživanja

U cilju sistematizacije analiziranih uticaja, definisan je konceptualni model koji prikazuje ključne uzročno-posljedične veze između geopolitičkih poremećaja i transformacije transportnih sistema.

Ovaj model omogućava sistemsku analizu i interpretaciju rezultata.

Izvor: Autori

Geopolitical Disruptions → Transport Impact Model

Slika 1. Konceptualni model uticaja geopolitičkih poremećaja na transportne sisteme

Model, na Slici 1, prikazuje kako geopolitički poremećaji dovode do disrupcije energetske i transportnih tokova, što uzrokuje rast troškova, promjene transportnih ruta i transformaciju lanaca snabdijevanja, čime se mijenja struktura transportnih sistema.

Empirijski nalazi prikazani u narednim poglavljima (Slike 2 i 3) služe za verifikaciju i ilustraciju definisanog modela.

3.6 Indikatori analize

Za potrebe istraživanja definisani su ključni indikatori:

Transportni indikatori

- vrijeme transporta,
- troškovi transporta,
- pouzdanost isporuke,
- opterećenje koridora.

Ekonomski indikatori

- cijene energenata,
- inflacija,
- obim trgovine.

Operativni indikatori

- vrijeme čekanja na granicama,
- efikasnost logističkih procesa,
- nivo digitalizacije.

Ovi indikatori omogućavaju kvantifikaciju uticaja poremećaja.

3.7 Ograničenja istraživanja

Istraživanje ima određena ograničenja, kao što su oslanjanje na sekundarne izvore podataka, ograničena dostupnost kvantitativnih podataka za BiH, visoka neizvjesnost geopolitičkih procesa i nemogućnost preciznog modeliranja svih varijabli.

Međutim, integrisani metodološki pristup omogućava validne zaključke.

3.8 Naučni doprinos istraživanja

Naučni doprinos ovog rada ogleda se u razvoju integrativnog analitičkog modela koji povezuje geopolitičke poremećaje sa transformacijom transportnih sistema kroz niz međusobno povezanih kaskadnih efekata. Za razliku od postojećih istraživanja koja geopolitičke i transportne procese analiziraju odvojeno, ovaj rad ih sagledava kao jedinstven kompleksni sistem.

Poseban doprinos predstavlja konceptualizacija odnosa između energetske poremećaja, rasta transportnih troškova, promjene transportnih ruta i restrukturiranja lanaca snabdijevanja, što je prikazano kroz originalni model.

Rad dodatno doprinosi kroz primjenu scenarijske metode u analizi transportnih sistema, čime se omogućava predviđanje budućih trendova u uslovima geopolitičke nestabilnosti, uz poseban fokus na specifičnosti Bosne i Hercegovine i regiona Zapadnog Balkana.

3.9 Sinteza metodološkog pristupa

Primijenjeni metodološki okvir omogućava sveobuhvatnu analizu kompleksnih procesa, povezivanje teorije i prakse, predviđanje budućih trendova i donošenje relevantnih zaključaka.

4. GLOBALNI POREMEĆAJI I NJIHOV UTICAJ NA TRANSPORT

Savremeni globalni transportni sistem funkcioniše kao kompleksna, visoko integrisana mreža u kojoj poremećaji imaju izražene **kaskadne i multiplikativne efekte**. Za razliku od ranijih perioda, današnji poremećaji nisu izolovani niti kratkoročni, već imaju sistemski karakter i javljaju se simultano na više geopolitičkih žarišta, što značajno povećava njihovu kompleksnost i intenzitet uticaja.

Ključni globalni poremećaji koji oblikuju savremeni transportni sistem uključuju:

- rat u Ukrajini,
- poremećaje u Crvenom moru i Sueskom kanalu,
- rat između Sjedinjenih Američkih Država, Izraela i Irana, sa posebnim uticajem na Hormuški moreuz,
- energetske nestabilnost i volatilitnost cijena energenata.

Ovi faktori zajedno proizvode **sistemski šok** koji dovodi do transformacije transporta na globalnom nivou.

4.1 Rat u Ukrajini i restrukturiranje evropskih transportnih tokova

Rat u Ukrajini predstavlja inicijalni i ključni poremećaj koji je pokrenuo proces transformacije transportnih tokova u Evropi. Njegov značaj ogleda se ne samo u direktnom uticaju na regionalne tokove, već i u promjeni strateških prioriteta transportne politike Evropske unije.

Jedna od najznačajnijih posljedica jeste destabilizacija crnomorskog regiona, koji je imao ključnu ulogu u izvozu žitarica, energenata i sirovina. Ograničenja u pomorskom transportu dovela su do preusmjerenja robnih tokova prema kopnenim koridorima kroz EU.

Prema podacima Evropske komisije, inicijativa 'Solidarity Lanes' omogućila je transport preko 200 miliona tona robe od 2022. godine, ali je istovremeno dovela do preopterećenja željezničke infrastrukture, povećanja pritiska na drumski transport, zastoja na graničnim prelazima[2].

Ovaj proces je razotkrio strukturne slabosti evropskog transportnog sistema, uključujući tehničku neusklađenost željezničkih mreža i administrativne prepreke.

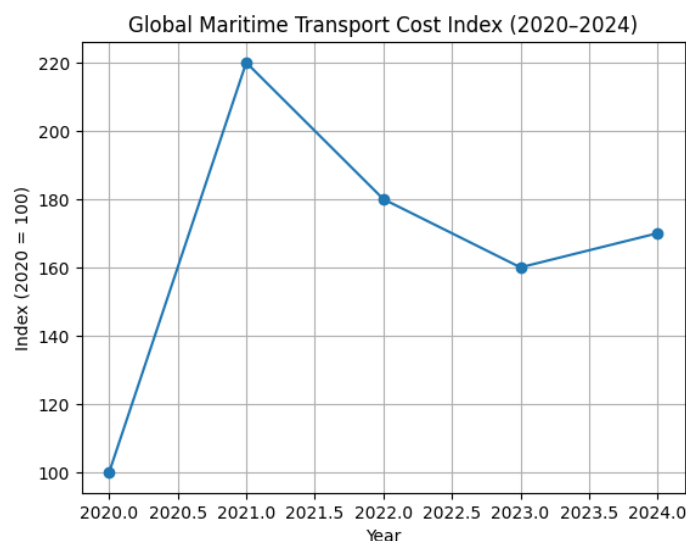
4.2 Poremećaji u pomorskom transportu (Sueski kanal i Crveno more)

Pomorski transport, kao dominantni oblik globalne trgovine, posebno je osjetljiv na geopolitičke poremećaje. Sigurnosna nestabilnost u Crvenom moru dovela je do značajnog smanjenja broskog saobraćaja kroz Sueski kanal.

Smanjenje prometa kroz ovaj pravac dovelo je do[4]:

- produženja transportnih ruta za 10–20 dana,
- povećanja troškova goriva i logistike,
- povećanja cijena transportnih usluga.

Izvor: UNCTAD (2025)



Slika 2. Rast cijena pomorskog transporta u uslovima globalnih poremećaja (2020–2024)

Kao što je prikazano na Slici 2, globalni poremećaji doveli su do značajnog rasta i volatilnosti cijena transporta. Prema podacima UNCTAD-a, cijene kontejnerskog transporta porasle su za više od 300% u periodu 2020–2022, uz zadržavanje izražene nestabilnosti i u narednim godinama. Ovi trendovi potvrđuju snažan sistemski uticaj geopolitičkih kriza na globalne logističke tokove[9].

Preusmjeravanje brodova oko Afrike izazvalo je dodatni pritisak na globalne logističke kapacitete i povećalo neizvjesnost u lancima snabdijevanja.

Izvor: Adobe Stock (2025)



Slika 3. Usporedni prikaz transportnih ruta između Azije i Evrope (Sueski kanal i ruta oko Afrike)

Kao što je prikazano na Slici 3, ruta kroz Sueski kanal predstavlja najkraću vezu između Azije i Evrope, dok alternativna ruta oko Afrike značajno produžava transportne distance. Ovakvo preusmjeravanje brodova oko Rta dobre nade produžava vrijeme transporta za 10–15 dana i povećava troškove za 30–40%, čime se dodatno opterećuju globalni lanci snabdijevanja[9].

Empirijski podaci prikazani na Slikama 2 i 3 dodatno potvrđuju validnost modela, ukazujući na značajan rast troškova transporta (preko 300%) i produženje transportnih ruta (10–15 dana), što jasno ilustruje kaskadne efekte geopolitičkih poremećaja.

4.3 Rat SAD–Izrael–Iran i destabilizacija globalnih energetske i transportnih tokova

Sukob između Sjedinjenih Američkih Država, Izraela i Irana predstavlja najznačajniji savremeni geopolitički poremećaj sa direktnim implikacijama na globalni transportni sistem. Njegov značaj proizlazi iz činjenice da je povezan sa ključnim energetske i transportnim pravcima.

4.3.1 Hormuški moreuz kao kritični globalni transportni čvor

Hormuški moreuz predstavlja jednu od najvažnijih strateških tačaka globalne trgovine energentima, kroz koju prolazi približno petina svjetskog transporta nafte.

Destabilizacija ovog pravca dovela je do smanjenja broskog saobraćaja, povećanja sigurnosnih rizika, rasta cijena osiguranja i transporta, kao i poremećaja u globalnom snabdijevanju energijom.

Ovi procesi imaju direktne posljedice na transport jer energenti predstavljaju osnovni input u svim transportnim modalitetima.

4.3.2 Energetski domino efekat

Jedan od ključnih efekata ovog sukoba jeste tzv. **energetski domino efekat**, gdje poremećaji u snabdijevanju energijom dovode do lančanih reakcija u transportu.

Ovaj efekat uključuje:

- rast cijena nafte i goriva,
- povećanje operativnih troškova transporta,
- rast cijena transportnih usluga,
- povećanje cijena roba i inflaciju.

Volatilnost cijena energenata predstavlja jedan od ključnih faktora destabilizacije globalne trgovine[10].

4.3.3 Uticaj na pomorski i logistički sektor

Rat je doveo do:

- povećanja rizika u Perzijskom zalivu,
- smanjenja broskog saobraćaja,
- povećanja troškova osiguranja,
- poremećaja u snabdijevanju industrijskim sirovinama.

Ovi procesi dodatno opterećuju globalne lance snabdijevanja i povećavaju njihovu ranjivost.

4.3.4 Uticaj na zračni transport

Sigurnosna situacija dovela je do zatvaranja dijela zračnog prostora, što je rezultiralo preusmjeravanjem letova, produženjem trajanja letova, povećanjem troškova avio-transporta.

Promjene u rutama imaju dugoročne implikacije na strukturu zračnog saobraćaja[11].

4.4 Energetska nesigurnost kao ključni faktor transformacije transporta

Energetska nesigurnost predstavlja centralni element savremenih transportnih poremećaja. Transportni sektor je direktno zavisao od energenata, što ga čini posebno osjetljivim na geopolitičke promjene.

Rast cijena energenata dovodi neminovno do povećanja troškova transporta, smanjenja profitabilnosti i potrebe za efikasnijim sistemima.

Ovaj proces podstiče razvoj alternativnih goriva, energetske efikasne transportne rješenja, kao i novih logističkih strategija.

4.5 Kaskadni i multiplikativni efekti poremećaja

Savremeni transportni poremećaji karakterišu se kaskadnim efektima, gdje poremećaji u jednom segmentu izazivaju lančane reakcije u cijelom sistemu.

Primjeri uključuju:

- poremećaj u Hormuzu → rast cijena goriva → rast troškova transporta → inflacija,
- poremećaj u Suesu → kašnjenja → zagušenje luka → prekidi u proizvodnji,
- rat u Ukrajini → pritisak na EU koridore → povećanje opterećenja na Balkan.

Ovi efekti dovode do smanjenja pouzdanosti i povećanja neizvjesnosti u transportu.

4.6 Transformacija transportnog sistema

Na osnovu analize može se zaključiti da globalni transportni sistem prolazi kroz fundamentalnu transformaciju:

- prelazak sa efikasnosti na otpornost,
- povećanje značaja sigurnosti,
- diversifikacija transportnih pravaca,
- razvoj intermodalnih sistema,
- digitalizacija procesa.

4.7 Sinteza globalnih poremećaja

Savremeni globalni poremećaji imaju ključne karakteristike kao što su višedimenzionalni uticaj (ekonomski, energetske, sigurnosni), globalni domet, dugoročni karakter i sistemsku prirodu.

Radi sistematizacije analiziranih efekata, u Tabeli 1 prikazan je pregled ključnih uticaja geopolitičkih poremećaja na transportne sisteme.

Izvor: Autori

Nivo analize	Faktor poremećaja	Ključni efekti	Kvantitativni pokazatelji	Posljedice
Globalni	Rat u Ukrajini	Preusmjeravanje transportnih tokova	>200 mil. tona robe (Solidarity Lanes)	Opterećenje infrastrukture
Globalni	Suez / Crveno more	Promjena transportnih ruta	+10–15 dana transporta	Kašnjenja, neizvjesnost
Globalni	Energetska kriza	Rast troškova transporta	+300% cijene transporta (2020–2022)	Povećanje cijena roba
Evropa	Energetska nestabilnost	Rast logističkih troškova	+20% (2022–2024)	Pad konkurentnosti
Evropa	TEN-T transformacija	Jačanje željezničkog transporta	povećan udio rail transporta	Otporniji sistem
Zapadni Balkan	Infrastrukturna ograničenja	Opterećenje koridora	povećano vrijeme transporta	Smanjena efikasnost
Zapadni	Administrativne	Kašnjenja na	dugotrajna čekanja	Gubitak

Balkan	barijere	granicama		konkurentnosti
BiH	Dominacija drumskog transporta	Visoka zavisnost od goriva	rast cijena transporta	Ranjivost sistema
BiH	Nedostatak intermodalnosti	Ograničena fleksibilnost	nizak nivo integracije	Slaba adaptacija

Tabela 1. Ključni efekti geopolitičkih poremećaja na transportne sisteme

Tabela 1 pokazuje da geopolitički poremećaji imaju višedimenzionalan uticaj na transportne sisteme, uključujući promjene u transportnim rutama, rast troškova i transformaciju lanaca snabdijevanja. Tabela 1 predstavlja autorsku sintezu ključnih efekata identifikovanih u relevantnoj literaturi.

Transportni sistemi se transformišu u pravcu povećane otpornosti i fleksibilnosti, što predstavlja osnovu za analizu u narednim poglavljima.

5. IMPLIKACIJE GLOBALNIH POREMEĆAJA NA TRANSPORT U EVROPI

Evropski transportni sistem predstavlja jednu od najrazvijenijih i najintegrisanijih transportnih mreža na svijetu, ali istovremeno i sistem koji je izrazito osjetljiv na geopolitičke poremećaje zbog svoje visoke povezanosti sa globalnim tokovima robe, energenata i kapitala. Savremeni globalni sukobi, uključujući rat u Ukrajini i sukob u području Bliskog istoka, doveli su do značajnih promjena u strukturi, funkcionisanju i prioritetima evropskog transportnog sistema. Ove promjene ne manifestuju se samo kroz povećanje troškova i smanjenje efikasnosti, već prije svega kroz **strukturnu transformaciju transportne politike Evropske unije**, koja sve više naglašava otpornost, sigurnost i diverzifikaciju transportnih tokova.

5.1 Restrukturiranje evropskih transportnih koridora (TEN-T mreža)

Jedan od ključnih odgovora Evropske unije na savremene poremećaje jeste redefinisanje i ubrzani razvoj **TEN-T (Trans-European Transport Network)** mreže.

TEN-T mreža predstavlja osnovu evropskog transportnog sistema i ima za cilj[5]: povezivanje glavnih ekonomskih centara, unapređenje mobilnosti roba i putnika i smanjenje regionalnih razlika.

U kontekstu savremenih poremećaja, TEN-T mreža dobija novu funkciju — **povećanje otpornosti transportnog sistema**.

Rat u Ukrajini doveo je do potrebe za:

- integracijom Ukrajine u evropske transportne koridore,
- jačanjem istočnih transportnih pravaca,
- razvojem alternativnih ruta za robne tokove.

Istovremeno, EU ubrzano radi na modernizaciji ključnih koridora, uključujući: željezničke veze, intermodalne terminale i logističke centre.

5.2 Modalni pomak (Modal Shift) i rast značaja željezničkog transporta

Savremeni poremećaji dodatno su ubrzali proces tzv. **modalnog pomaka (modal shift)**, odnosno prelaska sa drumskog na željeznički i intermodalni transport.

Razlozi za ovaj proces uključuju:

- veću energetska efikasnost željeznice,
- manju zavisnost od fosilnih goriva,
- veću otpornost na geopolitičke poremećaje,
- ekološke zahtjeve EU politike.

Željeznički transport se sve više prepoznaje kao ključni element održivog i otpornog transportnog sistema[3].

Međutim, ovaj proces suočava se sa određenim izazovima kao što su neusklađenost nacionalnih željezničkih sistema, nedostatak interoperabilnosti i ograničeni kapaciteti infrastrukture.

Uprkos tome, očekuje se da će željeznički transport imati sve veći značaj u narednom periodu.

5.3 Povećanje troškova i promjena ekonomske strukture transporta

Jedna od najdirektnijih posljedica globalnih poremećaja jeste značajan rast troškova transporta u Evropi.

Ovaj rast uzrokovan je, prije svega, povećanjem cijena energenata, povećanjem troškova osiguranja, produženjem transportnih ruta i dodatnim sigurnosnim zahtjevima.

Kao što je prikazano u prethodnoj analizi (Slika 2), ovaj trend ima globalni karakter. Prema dostupnim analizama, troškovi logistike u Evropi porasli su za više od 20% u periodu 2022–2024, što ima direktan uticaj na konkurentnost evropske privrede[10].

Ovaj trend ukazuje na strukturnu promjenu u ekonomiji transporta, gdje troškovni pritisci postaju dominantan faktor.

Ovaj proces dovodi do neminovnih povećanja cijena proizvoda, smanjenja profitnih marži i promjena u strukturi trgovine.

5.4 Digitalizacija transporta i logističkih procesa

Digitalizacija predstavlja jedan od ključnih odgovora Evropske unije na savremene transportne izazove.

Digitalizacija uključuje[5]:

- elektronske transportne dokumente,
- pametne logističke platforme,
- automatizaciju procesa,
- integraciju podataka.

Uvođenjem digitalnih sistema omogućava se smanjenje vremena obrade, povećanje efikasnosti, smanjenje administrativnih barijera i bolju koordinaciju između aktera.

Ovi procesi su posebno važni u uslovima povećane neizvjesnosti.

5.5 Sigurnost i otpornost transportne infrastrukture

Savremeni geopolitički sukobi ukazali su na ranjivost transportne infrastrukture, što je dovelo do povećanja ulaganja u sigurnost i otpornost.

Ključni prioriteti uključuju elemente kao što su zaštita kritične infrastrukture, razvoj alternativnih pravaca, povećanje kapaciteta sistema i unapređenje kriznog upravljanja[3].

Otpornost infrastrukture postaje centralni element transportne politike.

5.6 Promjena logističkih lanaca i regionalizacija transporta

Globalni poremećaji doveli su do značajnih promjena u organizaciji lanaca snabdijevanja.

Evropske kompanije sve više prelaze na regionalne lance snabdijevanja, diversifikaciju dobavljača i smanjenje zavisnosti od dalekih tržišta.

Ovaj proces dovodi do povećanja značaja regionalnih logističkih centara, kopnenih transportnih pravaca, kao i do intermodalnih rješenja.

5.7 Uticaj na zračni transport u Evropi

Zračni transport u Evropi suočava se sa specifičnim izazovima uzrokovanim geopolitičkim poremećajima.

Zatvaranje zračnog prostora i sigurnosni rizici doveli su do toga da se promjene ruta letova, povećaju troškovi i smanjenja efikasnosti[11].

Ovi procesi imaju dugoročne implikacije na razvoj avio-industrije.

5.8 Sinteza implikacija na evropski transport

Na osnovu analize može se zaključiti da savremeni globalni poremećaji dovode do sljedećih ključnih promjena u evropskom transportu:

- restrukturiranje transportnih koridora (TEN-T),
- rast značaja željezničkog i intermodalnog transporta,
- povećanje troškova transporta,
- ubrzana digitalizacija,
- povećanje značaja sigurnosti i otpornosti,
- regionalizacija lanaca snabdijevanja.

Ove promjene ukazuju na duboku transformaciju evropskog transportnog sistema, koji se sve više prilagođava novim geopolitičkim realnostima.

6. IMPLIKACIJE GLOBALNIH POREMEĆAJA NA TRANSPORT U REGIONU ZAPADNOG BALKANA

Region Zapadnog Balkana predstavlja specifičan transportno-geografski prostor sa značajnim potencijalom da funkcioniše kao tranzitna zona između Evrope, Bliskog istoka i Azije. Njegov geostrateški položaj, posebno u okviru TEN-T mreže, omogućava povezivanje ključnih evropskih i globalnih transportnih pravaca. U uslovima poremećaja u pomorskom transportu, značaj kopnenih koridora kroz region dodatno se povećava, što ovaj prostor čini važnim segmentom savremenih logističkih tokova.

Međutim, uprkos povoljnom geografskom položaju, transportni sistem regiona karakterišu izražena infrastrukturna i institucionalna ograničenja, koja umanjuju njegovu efikasnost i otpornost na geopolitičke poremećaje. Upravo ova kombinacija potencijala i ograničenja definiše ulogu Zapadnog Balkana kao istovremeno važnog, ali ranjivog dijela evropskog transportnog sistema.

6.1 Geostrateški značaj regiona

Region Zapadnog Balkana nalazi se na raskršću ključnih evropskih transportnih pravaca, omogućavajući povezivanje centralne i zapadne Evrope sa jugoistočnom Evropom, kao i povezivanje evropskog tržišta sa Bliskim istokom i Azijom. U uslovima poremećaja u globalnim pomorskim tokovima, posebno u Sueskom kanalu i Crvenom moru, značaj kopnenih koridora kroz region dodatno raste.

Ova pozicija omogućava regionu da preuzme dio transportnih tokova koji se preusmjeravaju sa globalnih na kontinentalne pravce. Međutim, ovaj potencijal nije u potpunosti iskorišten zbog strukturnih slabosti transportnog sistema.

6.2 Strukturne slabosti transportnog sistema

Transportni sistem regiona Zapadnog Balkana suočava se sa nizom ograničenja koja smanjuju njegovu konkurentnost i otpornost.

Infrastrukturalna ograničenja ogledaju se u nedovoljno razvijenim željezničkim kapacitetima, zastarjeloj infrastrukturi i nedostatku intermodalnih terminala, što ograničava mogućnost preusmjerenja transporta u kriznim situacijama.

Administrativne i institucionalne barijere predstavljaju jedan od ključnih problema regiona. Prema dostupnim analizama, vrijeme čekanja na granicama može činiti i do 30% ukupnog vremena transporta, što značajno smanjuje efikasnost logističkih tokova. Složene carinske procedure i nedovoljna digitalizacija dodatno opterećuju transportni sistem.

Fragmentacija transportnog sistema, uzrokovana neusklađenošću nacionalnih politika i nedostatkom regionalne koordinacije, dodatno smanjuje sposobnost sistema da adekvatno odgovori na globalne poremećaje.

6.3 Direktna implikacija globalnih poremećaja

Savremeni geopolitički poremećaji imaju višestruke implikacije na transport u regionu Zapadnog Balkana.

Prije svega, dolazi do povećanja značaja kopnenih koridora, što rezultira povećanim opterećenjem infrastrukture i potrebom za njenom modernizacijom. Istovremeno, drumski transport, kao dominantan oblik transporta u regionu, suočava se sa dodatnim pritiscima usljed rasta obima transporta i cijena energenata.

Povećanje troškova transporta ima direktan uticaj na konkurentnost privrede regiona, dok produženje vremena transporta i povećana neizvjesnost dodatno otežavaju planiranje logističkih aktivnosti.

6.4 Regionalni odgovori na transportne izazove

Region Zapadnog Balkana razvija niz inicijativa usmjerenih na unapređenje transportnog sistema i smanjenje negativnih efekata poremećaja.

Uvođenje sistema „Green Lanes“ omogućava smanjenje vremena čekanja na granicama i ubrzanje protoka robe, dok digitalizacija carinskih procedura doprinosi povećanju efikasnosti i transparentnosti transportnih procesa.

Pored toga, region teži integraciji u evropski transportni sistem kroz razvoj infrastrukture, usklađivanje standarda i povećanje interoperabilnosti, što predstavlja ključni korak ka povećanju otpornosti transportnog sistema.

6.5 Transformacija transportnih tokova

Globalni poremećaji dovode do značajnih promjena u strukturi transportnih tokova u regionu.

Uočava se povećanje značaja regionalnih i kontinentalnih pravaca, smanjenje zavisnosti od globalnih ruta, razvoj logističkih čvorišta i rast intermodalnog transporta. Ovi procesi ukazuju na postepenu transformaciju transportnog sistema ka fleksibilnijem i otpornijem modelu.

6.6 Otpornost transportnog sistema regiona

Otpornost transportnog sistema Zapadnog Balkana zavisi od kvaliteta infrastrukture, efikasnosti institucionalnog okvira, nivoa digitalizacije i stepena regionalne saradnje.

U postojećim uslovima, transportni sistem regiona pokazuje ograničen nivo otpornosti, što ga čini posebno ranjivim na produžene i intenzivne geopolitičke poremećaje. Međutim, postoje značajni potencijali za unapređenje kroz modernizaciju infrastrukture i institucionalne reforme.

6.7 Sintaza implikacija na region

Na osnovu analize može se zaključiti da region Zapadnog Balkana ima sve veći značaj u evropskom transportnom sistemu, ali se istovremeno suočava sa ozbiljnim strukturnim ograničenjima. Globalni poremećaji povećavaju pritisak na postojeću infrastrukturu, dok administrativne barijere i fragmentacija sistema dodatno smanjuju njegovu efikasnost.

Ovi nalazi potvrđuju da region Zapadnog Balkana predstavlja važnu, ali strukturno ranjivu komponentu evropskog transportnog sistema, čiji dalji razvoj zavisi od sposobnosti da prevaziđe postojeća ograničenja i prilagodi se novim geopolitičkim uslovima.

7. IMPLIKACIJE GLOBALNIH POREMEĆAJA NA TRANSPORT U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina predstavlja mali, ali geostrateški značajan transportni prostor u okviru regiona Zapadnog Balkana, čija se važnost ogleda u njenom položaju na spoju ključnih evropskih transportnih pravaca. Uprkos ovom potencijalu, transportni sistem BiH karakteriše visok stepen zavisnosti od međunarodnih tokova robe, posebno prema tržištu Evropske unije, što ga čini izrazito osjetljivim na globalne geopolitičke poremećaje.

U savremenim uslovima, kombinacija unutrašnjih strukturnih slabosti i spoljašnjih šokova dovodi do povećane ranjivosti sistema, ali istovremeno otvara prostor za njegovu transformaciju ka otpornijem i efikasnijem modelu.

7.1 Struktura transportnog sistema Bosne i Hercegovine

Transportni sistem Bosne i Hercegovine karakteriše izražena neravnoteža između različitih vidova transporta, što direktno utiče na njegovu otpornost i dugoročnu održivost.

7.1.1 Dominacija drumskog transporta

Drumski transport predstavlja dominantan oblik transporta u Bosni i Hercegovini, što proizilazi iz fleksibilnosti ovog vida transporta i relativno nižih inicijalnih ulaganja. Međutim, ovakva struktura povećava zavisnost sistema od cijena energenata, čineći ga posebno ranjivim u uslovima globalnih energetske poremećaja.

U situacijama rasta cijena goriva, dolazi do direktnog povećanja transportnih troškova, što smanjuje konkurentnost privrede. Pored toga, drumski transport pokazuje ograničenu efikasnost u transportu velikih količina robe na dužim relacijama, što dodatno opterećuje infrastrukturu i povećava rizik od zagušenja.

7.1.2 Ograničenja željezničkog transporta

Željeznički transport u Bosni i Hercegovini ima značajan potencijal za razvoj otpornog transportnog sistema, ali se suočava sa ozbiljnim infrastrukturnim i operativnim ograničenjima. Zastarjela infrastruktura, ograničeni kapaciteti i nedostatak interoperabilnosti sa evropskim sistemima otežavaju integraciju u međunarodne transportne tokove. U kontekstu savremenih trendova u Evropi, gdje željeznički transport dobija na značaju, ove slabosti predstavljaju ključni izazov za BiH.

7.1.3 Nedostatak intermodalnih kapaciteta

Intermodalni transport, kao ključni element otpornog sistema, nije dovoljno razvijen u Bosni i Hercegovini. Nedostatak logističkih centara i intermodalnih terminala ograničava fleksibilnost sistema i mogućnost preusmjerenja transportnih tokova u uslovima poremećaja.

7.2 Direktne implikacije globalnih poremećaja na transport u BiH

Savremeni geopolitički poremećaji utiču na transport u Bosni i Hercegovini kroz niz međusobno povezanih mehanizama.

7.2.1 Povećanje troškova transporta

Rast cijena energenata predstavlja jedan od ključnih faktora povećanja troškova transporta. Uzimajući u obzir visoku zavisnost od fosilnih goriva, transportni sektor BiH posebno je osjetljiv na promjene na globalnom tržištu energenata.

Dodatno, produženje transportnih ruta i povećani sigurnosni troškovi dovode do ukupnog rasta logističkih troškova, koji se prenose na krajnje korisnike i utiču na cijene roba i usluga.

7.2.2 Produženje vremena transporta i rast neizvjesnosti

Globalni poremećaji dovode do produženja vremena transporta i smanjenja pouzdanosti logističkih lanaca. Kašnjenja u isporuci robe posebno utiču na industrije koje zavise od pravovremenog snabdijevanja, što povećava operativne rizike i otežava planiranje.

7.2.3 Pritisak na infrastrukturu

Preusmjeravanje transportnih tokova na kopnene pravce dovodi do povećanog opterećenja postojeće infrastrukture. Ovaj proces rezultira bržim trošenjem puteva, povećanjem troškova održavanja i potrebom za dodatnim ulaganjima.

7.2.4 Energetski uticaj

Energetska nesigurnost direktno utiče na transportni sektor kroz rast cijena goriva i povećanje operativnih troškova. Ovi procesi imaju šire ekonomske implikacije, uključujući inflaciju i smanjenje kupovne moći.

7.3 Institucionalni i regulatorni izazovi

Institucionalni okvir Bosne i Hercegovine predstavlja jedan od ključnih ograničavajućih faktora razvoja transportnog sistema.

Kompleksna administrativna struktura i nedovoljna koordinacija između institucija usporavaju donošenje odluka i implementaciju reformi. Nedovoljna digitalizacija i složene procedure dodatno povećavaju troškove i smanjuju efikasnost transportnih tokova.

7.4 Potreba za modernizacijom i digitalizacijom

Savremeni izazovi jasno ukazuju na potrebu za transformacijom transportnog sistema Bosne i Hercegovine.

Modernizacija infrastrukture i razvoj logističkih kapaciteta predstavljaju osnovu za povećanje efikasnosti, dok digitalizacija omogućava smanjenje administrativnih barijera i unapređenje upravljanja transportnim procesima.

Ova dva procesa zajedno predstavljaju ključne preduslove za povećanje otpornosti transportnog sistema.

7.5 Integracija u evropski transportni sistem

Integracija Bosne i Hercegovine u evropski transportni sistem predstavlja strateški prioritet.

Ovaj proces uključuje usklađivanje sa TEN-T mrežom, primjenu evropskih standarda i povećanje interoperabilnosti. Uspješna integracija omogućava bolju povezanost sa evropskim tržištem i povećava konkurentnost transportnog sistema.

7.6 Perspektive razvoja transporta u BiH

Na osnovu analize može se zaključiti da će budući razvoj transporta u Bosni i Hercegovini biti determinisan sposobnošću sistema da odgovori na geopolitičke izazove kroz ulaganja u infrastrukturu, razvoj intermodalnog transporta i digitalizaciju logističkih procesa.

Kako bi se sistematizovale ključne promjene u transportnim sistemima, u Tabeli 2 prikazan je komparativni pregled stanja prije i nakon geopolitičkih poremećaja.

Izvor: Autori

Dimenzija transporta	Prije poremećaja	Nakon poremećaja	Ključna promjena	Dugoročni trend
Troškovi transporta	Stabilni i predvidivi	Visoki i volatilni	+300% rast cijena	Trajno viši troškovi
Transportne rute	Optimizovane (Suez)	Preusmjerene (Afrika)	+10–15 dana	Diversifikacija ruta
Vrijeme transporta	Kratko i stabilno	Produženo i neizvjesno	Kašnjenja	Smanjena pouzdanost
Energetska zavisnost	Umjerena	Visoka	Rast cijena goriva	Energetska diversifikacija
Lanci snabdijevanja	Globalni (just-in-time)	Regionalizovani	Reorganizacija	Nearshoring
Transportni modaliteti	Dominacija pomorskog	Jačanje rail/drum	Redistribucija	Intermodalnost
Sigurnost transporta	Niska važnost	Visoka važnost	Novi troškovi	Militarizacija ruta
Digitalizacija	Umjerena	Intenzivna	Praćenje i kontrola	Pametni transport

Tabela 2. Komparativni prikaz uticaja geopolitičkih poremećaja na ključne dimenzije transportnih sistema

Tabela 2 potvrđuje da geopolitički poremećaji dovode do strukturne transformacije transportnih sistema, uključujući rast troškova, promjenu ruta i reorganizaciju lanaca snabdijevanja.

7.7 Sinteza implikacija na Bosnu i Hercegovinu

Savremeni globalni poremećaji dovode do povećanja troškova transporta, smanjenja pouzdanosti sistema i rasta značaja otpornosti transportnih sistema.

Transportni sistem Bosne i Hercegovine suočava se sa strukturnim izazovima, ali istovremeno ima potencijal za transformaciju kroz modernizaciju, digitalizaciju i integraciju u evropske tokove.

7.8 Ključni zaključak za BiH

Bosna i Hercegovina se nalazi u fazi u kojoj njen transportni sistem mora proći kroz transformaciju iz modela zasnovanog na osnovnoj funkcionalnosti u model zasnovan na otpornosti, efikasnosti i integraciji u evropske transportne tokove.

U suprotnom, postoji realan rizik od marginalizacije u odnosu na druge zemlje regiona koje brže provode reforme i modernizaciju.

8. SCENARIJI I BUDUĆE TENDENCIJE RAZVOJA TRANSPORTA

Savremeni transportni sistemi nalaze se u stanju visoke neizvjesnosti, uzrokovane istovremenim djelovanjem geopolitičkih, ekonomskih i energetske faktora. U takvim uslovima, klasične metode predviđanja imaju ograničenu primjenjivost, te se kao adekvatan pristup koristi **scenarijska analiza**, koja omogućava sagledavanje više mogućih pravaca razvoja u zavisnosti od različitih pretpostavki.

U ovom poglavlju razvijena su tri osnovna scenarija budućeg razvoja transporta: **optimistični, realni i pesimistični**, uz identifikaciju ključnih trendova koji će oblikovati transportni sistem u Bosni i Hercegovini, regionu Zapadnog Balkana i Evropi.

8.1 Ključni pokretači promjena (Drivers of Change)

Prije definisanja scenarija, potrebno je identifikovati ključne faktore koji će determinisati budući razvoj transporta:

Geopolitički faktori

- trajanje i intenzitet ratnih sukoba (Ukrajina, Bliski istok),
- stabilnost ključnih transportnih pravaca (Suez, Hormuz),
- međunarodne trgovinske politike.

Ekonomski faktori

- globalni ekonomski rast,
- obim međunarodne trgovine,
- inflacija i troškovi logistike.

Energetski faktori

- cijene energenata,
- dostupnost alternativnih goriva,
- tranzicija ka održivim izvorima energije.

Tehnološki faktori

- digitalizacija transporta,
- automatizacija logističkih procesa,
- razvoj pametnih transportnih sistema.

Regulatorni faktori

- EU transportna politika,
- standardizacija i interoperabilnost,
- sigurnosni i ekološki zahtjevi.

Ovi faktori zajedno određuju pravac razvoja transportnih sistema.

8.2 Optimistični scenario - stabilizacija i ubrzana transformacija

Optimistični scenario podrazumijeva postupnu stabilizaciju geopolitičkih odnosa i smanjenje intenziteta konflikata.

Ključne karakteristike scenarija:

- stabilizacija transportnih pravaca (Suez, Hormuz),
- smanjenje cijena energenata,
- oporavak globalne trgovine,
- ubrzana digitalizacija i modernizacija infrastrukture.

U ovom scenariju dolazi do:

- jačanja željezničkog transporta,
- razvoja intermodalnih sistema,
- smanjenja troškova transporta,
- povećanja efikasnosti logističkih lanaca.

Implikacije za Evropu - Evropski transportni sistem postaje stabilniji i efikasniji, uz ubranu implementaciju TEN-T mreže.

Implikacije za Zapadni Balkan - Region povećava svoju ulogu kao tranzitni koridor i unapređuje infrastrukturu.

Implikacije za BiH - Bosna i Hercegovina koristi priliku za modernizaciju i integraciju u evropski transportni sistem, čime povećava svoju konkurentnost.

8.3 Realni scenario – kontrolisana nestabilnost i adaptacija sistema

Realni scenario predstavlja najvjerovatniji pravac razvoja transporta u narednom periodu.

Ključne karakteristike scenarija:

- nastavak geopolitičkih tenzija, ali bez potpune eskalacije,
- volatilnost cijena energenata,
- djelimični poremećaji transportnih pravaca,
- postepena adaptacija transportnih sistema.

U ovom scenariju dolazi do:

- povećanja troškova transporta,
- promjene logističkih strategija,
- diversifikacije transportnih ruta,
- povećanja značaja otpornosti sistema.

Implikacije za Evropu - Evropa nastavlja ulaganja u otpornost i sigurnost transportnog sistema.

Implikacije za Zapadni Balkan - Region ostaje važan tranzitni prostor, ali se suočava sa infrastrukturnim ograničenjima.

Implikacije za BiH - Bosna i Hercegovina mora prilagoditi svoj transportni sistem novim uslovima, uz fokus na modernizaciju i digitalizaciju.

8.4 Pesimistični scenario – eskalacija i fragmentacija transportnog sistema

Pesimistični scenario podrazumijeva eskalaciju geopolitičkih sukoba i produbljivanje globalnih poremećaja.

Ključne karakteristike scenarija:

- produženi ili novi sukobi (Ukrajina, Bliski istok),
- destabilizacija ključnih transportnih pravaca,
- visoke cijene energenata,
- smanjenje globalne trgovine.

U ovom scenariju dolazi do:

- drastičnog povećanja troškova transporta,
- smanjenja obima transporta,
- fragmentacije logističkih lanaca,
- regionalizacije trgovine.

Implikacije za Evropu - Evropski transportni sistem postaje manje efikasan i više fragmentiran.

Implikacije za Zapadni Balkan - Region se suočava sa povećanim pritiscima i ograničenim kapacitetima za adaptaciju.

Implikacije za BiH - Bosna i Hercegovina se suočava sa smanjenjem konkurentnosti i povećanjem ekonomskih rizika.

Radi jasnijeg sagledavanja razlika između definisanih scenarija, u Tabeli 3 prikazan je komparativni pregled njihovih ključnih karakteristika.

Izvor: Autori

Element	Optimistični scenario	Realni scenario	Pesimistični scenario
Geopolitička situacija	Stabilizacija sukoba	Kontrolisana nestabilnost	Eskalacija sukoba
Transportne rute	Stabilne i optimizovane	Djelimično promijenjene	Ozbiljno poremećene
Troškovi transporta	Smanjenje troškova	Umjeren rast	Drastičan rast
Vrijeme transporta	Skraćeno i stabilno	Produženo	Značajno produženo
Energetski faktori	Stabilne cijene energenata	Volatilitnost	Visoke cijene i nestašice
Lanci snabdijevanja	Globalni i efikasni	Djelimično regionalizovani	Fragmentirani i regionalni
Transportni modaliteti	Jačanje rail/intermodalnog	Diverzifikacija modaliteta	Dominacija fleksibilnih (drumskih)
Digitalizacija	Ubrzana i široka primjena	Postepeni razvoj	Ograničena primjena
Efikasnost sistema	Visoka	Umjerena	Niska
Otpornost sistema	Visoka	Srednja	Niska
Uticaj na Evropu	Stabilan i integrisan sistem	Adaptivan sistem	Fragmentiran sistem
Uticaj na Zapadni Balkan	Jačanje tranzitne uloge	Ograničen rast	Pritisak na infrastrukturu
Uticaj na BiH	Modernizacija i integracija	Spora adaptacija	Pad konkurentnosti

Tabela 3. Komparativna analiza scenarija budućeg razvoja transporta

Tabela 3 pokazuje da razvoj transportnih sistema u najvećoj mjeri zavisi od geopolitičke stabilnosti, pri čemu se u pesimističnom scenariju očekuje značajno pogoršanje svih ključnih indikatora, dok optimistični scenario podrazumijeva stabilizaciju i unapređenje transportnih tokova.

8.5 Ključne buduće tendencije razvoja transporta

Na osnovu analize scenarija, mogu se identifikovati ključni trendovi:

- 1. Rast značaja otpornosti** - Transportni sistemi će se razvijati u pravcu povećanja otpornosti na poremećaje.
- 2. Diverzifikacija transportnih pravaca** - Smanjenje zavisnosti od pojedinačnih ruta postaje prioritet.
- 3. Razvoj intermodalnog transporta** - Kombinovanje različitih vidova transporta postaje standard.
- 4. Digitalizacija i automatizacija** - Digitalni sistemi će igrati ključnu ulogu u upravljanju transportom.
- 5. Regionalizacija transporta** - Transportni tokovi će se sve više organizovati na regionalnom nivou.

8.6 Strateške implikacije za Bosnu i Hercegovinu

Na osnovu definisanih scenarija, mogu se identifikovati ključne strateške smjernice za Bosnu i Hercegovinu:

- ulaganje u infrastrukturu,
- razvoj željezničkog transporta,
- digitalizacija logističkih sistema,

- unapređenje institucionalnog okvira,
- jačanje regionalne saradnje.

8.7 Sinteza scenarija i budućih tendencija

Analiza pokazuje da će transportni sistemi u budućnosti biti otporniji, fleksibilniji, digitalizovaniji i manje zavisni od pojedinačnih pravaca.

Transport prelazi iz faze optimizacije ka fazi **strategijskog upravljanja rizicima**.

8.8 Završni strateški zaključak

Budući razvoj transporta neće biti determinisan isključivo ekonomskim faktorima, već sve više geopolitičkim, sigurnosnim i energetske okolnostima.

U tom kontekstu, sposobnost prilagođavanja i upravljanja rizicima postaje ključni faktor konkurentnosti transportnih sistema.

ZAKLJUČAK

Savremeni geopolitički i ratni sukobi predstavljaju jedan od ključnih faktora transformacije transportnih sistema na globalnom, evropskom i regionalnom nivou. Analiza provedena u ovom radu pokazuje da ovi poremećaji imaju izražen sistemski karakter, utičući istovremeno na strukturu transportnih tokova, troškove, vrijeme transporta i organizaciju lanaca snabdijevanja. Rezultati istraživanja, sistematizovani kroz Tabelu 1, ukazuju na ključne neposredne efekte geopolitičkih poremećaja, uključujući preusmjeravanje transportnih ruta, značajan rast troškova i povećanje vremena transporta. Ovi efekti potvrđuju visoku osjetljivost savremenih transportnih sistema na poremećaje i njihovu zavisnost od stabilnosti ključnih globalnih koridora.

Dalja analiza, prikazana u Tabeli 2, potvrđuje da savremeni poremećaji ne predstavljaju samo kratkoročne disrupcije, već dovode do strukturne transformacije transportnih sistema. Posebno se ističe prelazak sa modela zasnovanog na efikasnosti i optimizaciji troškova ka modelu koji naglašava otpornost, fleksibilnost i sigurnost transporta, uz diversifikaciju transportnih pravaca i reorganizaciju lanaca snabdijevanja.

Kroz scenarijski pristup, predstavljen u Tabeli 3, utvrđeno je da će budući razvoj transportnih sistema u najvećoj mjeri zavisiti od nivoa geopolitičke stabilnosti. Dok optimistični scenario podrazumijeva stabilizaciju i unapređenje transportnih tokova, pesimistični scenario ukazuje na mogućnost daljeg pogoršanja ključnih performansi sistema, uključujući rast troškova, produženje transportnih ruta i smanjenje efikasnosti.

Poseban značaj imaju implikacije za Evropu, region Zapadnog Balkana i Bosnu i Hercegovinu, gdje se efekti globalnih poremećaja dodatno pojačavaju zbog specifičnih infrastrukturnih i institucionalnih ograničenja. U tom kontekstu, transportni sistemi ovih područja suočavaju se sa potrebom ubrzane adaptacije kroz modernizaciju infrastrukture, digitalizaciju procesa i jačanje regionalne saradnje.

U takvim uslovima, budući razvoj transportnih sistema zahtijeva strateški pristup zasnovan na otpornosti, fleksibilnosti i diversifikaciji, kao ključnim pretpostavkama za stabilno funkcionisanje u uslovima povećane globalne neizvjesnosti.

Naučni doprinos ovog rada ogleda se u razvoju jedinstvenog analitičkog okvira koji povezuje geopolitičke poremećaje sa transformacijom transportnih sistema, čime se omogućava sistemsko razumijevanje savremenih transportnih tokova i otvara prostor za dalja istraživanja u oblasti upravljanja transportnim sistemima u uslovima geopolitičkih promjena.

LITERATURA

Međunarodne institucije i izvještaji

- [1] European Bank for Reconstruction and Development. *Regional Economic Prospects: Western Balkans*. London, 2025.
- [2] European Commission. *EU-Ukraine Solidarity Lanes*. Brussels, 2025.
- [3] International Energy Agency. *World Energy Outlook*. Paris, 2025.
- [4] Jean-Paul Rodrigue. *The Geography of Transport Systems*. Routledge, 2020.
- [5] OECD. *Resilience in Transport Systems*. Paris, 2021.
- [6] Theo Notteboom & Jean-Paul Rodrigue. *Port Economics, Management and Policy*. Routledge, 2017.
- [7] Transport Community. *Annual Report*. Belgrade, 2025.
- [8] Transport Community. *Transport Trends in the Western Balkans*. Belgrade, 2025.
- [9] UNCTAD. *Review of Maritime Transport 2025*. Geneva, 2025.
- [10] World Bank. *Logistics Performance Index Report*. Washington, DC, 2024.
- [11] World Trade Organization. *World Trade Report*. Geneva, 2024.

GEOPOLITICAL DISRUPTIONS AND THE TRANSFORMATION OF TRANSPORT FLOWS: AN ASSESSMENT OF THE EFFECTS ON Bosnia and Herzegovina, THE WESTERN BALKANS, AND EUROPE

PhD Kemal Jaganjac

International University of Travnik – Faculty of Transport and Traffic Engineering

PhD Danislav Drašković

Pan-European University “Apeiron” Banja Luka – Faculty of Transport and Traffic Engineering

PhD Stojan Aleksić

University “Privredna akademija” Brčko – Faculty of Technical Sciences

ABSTRACT

Contemporary geopolitical tensions and armed conflicts represent one of the most significant drivers of transformation in global, European, and regional transport systems in the 21st century. Due to the escalation of conflicts—including the war in Ukraine, disruptions in the Red Sea and Suez Canal, and the ongoing conflict involving the United States, Israel, and Iran—profound and long-term changes are occurring in the structure, routes, and modal distribution of transport flows. These developments have a systemic character and affect not only transport efficiency but also its reliability, safety, cost structure, and economic sustainability.

This paper analyzes the impact of current geopolitical disruptions on transport systems in Bosnia and Herzegovina, the Western Balkans region, and Europe, with particular emphasis on the transformation of supply chains, increased transport costs driven by energy instability, shifts in transport routes, and the growing importance of infrastructure resilience and security. Special attention is given to critical global transport chokepoints, such as the Suez Canal and the Strait of Hormuz, whose instability produces far-reaching global consequences.

Using descriptive-analytical and comparative methods, along with a scenario-based forecasting approach, the study identifies key trends shaping the future development of transport. The analysis demonstrates that contemporary crises do not merely generate short-term disruptions but lead to long-term restructuring of transport systems, including corridor diversification, increased reliance on intermodal transport, digitalization of logistics and customs processes, and a growing need for regulatory and security adaptation.

The findings indicate that transport systems are undergoing a transition from a cost-efficiency-driven model to one based on resilience, flexibility, and security. In this context, the future development of transport in Bosnia and Herzegovina will depend on the system's ability to respond to complex geopolitical challenges through infrastructure modernization, institutional and regulatory improvements, digital transformation, and stronger regional and European integration.

In conclusion, the paper confirms that contemporary geopolitical conflicts do not represent temporary disruptions but rather permanently reshape the paradigm of transport development, where resilience and adaptability become key determinants of competitiveness in both global and regional transport systems.

Keywords: geopolitical risks, armed conflicts, transport systems, logistics, supply chains, Bosnia and Herzegovina, Western Balkans

УТИЦАЈ ПРОФЕСИОНАЛНИХ ЖАЛИЛАЦА НА РЕАЛИЗАЦИЈУ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОЈЕКТА У СЕКТОРУ ТРАНСПОРТА У БИХ

Милан Матић¹

Апстракт

Ефикасност реализације инфраструктурних пројеката у сектору транспорта у Босни и Херцеговини у значајној мјери зависи од функционалности система јавних набавки и правне заштите учесника у поступку. У пракси се све чешће уочава појава тзв. „професионалних жалилаца“, односно субјеката који право на жалбу користе супротно његовој сврси, чиме се доводи у питање баланс између заштите законитости и ефикасности поступка. Циљ рада је да идентификује обрасце злоупотребе правне заштите у јавним набавкама и анализира њихов утицај на реализацију пројеката транспортне инфраструктуре.

Истраживање се заснива на нормативној анализи законског оквира јавних набавки у Босни и Херцеговини, као и на извршеним провјерама и анкетама аутора, те актуелној пракси Уреда за разатрање жалби и Суда Босне и Херцеговине. Резултати указују да постојећи систем, иако формално усклађен са европским стандардима, омогућава одређени степен злоупотребе права на жалбу, што доводи до кашњења у реализацији пројеката, повећања трошкова и смањења правне сигурности инвеститора.

Рад закључује да је неопходно унаприједити законодавни и институционални оквир кроз увођење механизма за спречавање очигледно неоснованих жалби и јачање одговорности жалилаца, како би се обезбиједио баланс између правне заштите и ефикасности јавних набавки.

Кључне ријечи: јавне набавке, правна заштита, жалба, злоупотреба права, транспортна инфраструктура, Босна и Херцеговина.

УВОД

Јавне набавке представљају један од кључних механизма реализације инфраструктурних пројеката у сектору транспорта, укључујући изградњу путева, аутопутева, мостова и других логистичких капацитета. Ефикасност овог система директно утиче на динамику економског развоја, инвестициону сигурност и коришћење јавних средстава.

Иако је систем правне заштите у јавним набавкама осмишљен као инструмент контроле законитости и заштите конкуренције, у пракси Босне и Херцеговине све израженија је појава злоупотребе права на жалбу. Посебно се издваја феномен тзв. „професионалних жалилаца“, који својим поступањем доводе до одуговлачења поступака, повећања трошкова и нарушавања правне сигурности.

Циљ овог рада је да анализира нормативни оквир правне заштите, идентификује облике злоупотребе права на жалбу и испита њихов утицај на реализацију инфраструктурних пројеката у сектору транспорта.

¹ Милан Матић, адвокат из Бијељине, магистар правних наука, Ул. Милоша Црњанског 1/101, Бијељина, Република Српска/Босна и Херцеговина

1. Нормативни оквир правне заштите у јавним набавкама БиХ

Систем правне заштите у Босни и Херцеговини уређен је Законом о јавним набавкама ("Сл. гласник БиХ", бр. 39/2014, 59/2022 и 50/2024), који гарантује право понуђача на изјављивање жалбе против одлука уговорних органа Канцеларији за разматрање жалби. Ово право представља основни инструмент обезбјеђења законитости, транспарентности и равноправности учесника у поступку.

Поступак јавне набавке јесте строго формалан поступак, али уговорни орган не треба да поступа формалистички, па да ставља формалитет као циљ набавке, супротно основним принципима из члана 3. ЗЈН. Што се тиче форме, неприхватљивом чини ако је пропуштено да се уопште достави одређени акт или доказ тражен Тендерском документацијом, али не и одређени пропуст унутар документа, ако се из садржаја цјелокупне понуде јасно и недвосмислено може утврдити да пропуст унутар документа не утиче на ваљаност понуде. Зато је законодавац у одјељку А Поглавља II-Провођење поступка јавне набавке (Квалификација кандидата и понуда), прописао поступак провјере квалификације добављача, техничке и професионалне способности добављача, те остало критерије оцјене понуде, те чланом 68. ЗЈН прописао разлоге за одбацавање.

Канцеларија за разматрање жалби је самостална, независна институција са статусом правног лица, са сједиштем у Сарајеву. Канцеларија за разматрање жалби има печат у складу са Законом о печату институција БиХ и има 17 чланова и рјешава по жалбама у поступцима јавне набавке. Канцеларија за разматрање жалби има двије филијале, са сједиштима у Бањалуци и Мостару. Филијале немају статус правних лица. Филијале имају печате идентичне печату Канцеларије за разматрање жалби, који као једину дозвољену разлику садржи назив и локацију филијале.

Канцеларија за разматрање жалби са сједиштем у Сарајеву надлежна је за доношење одлука по жалбама за вриједности набавке преко 800.000,00 КМ, као и за све набавке институција Босне и Херцеговине и институција Брчко Дистрикта БиХ, и других уговорних тијела Босне и Херцеговине и Брчко Дистрикта БиХ. Филијале Канцеларије за разматрање жалби у Бањалуци и Мостару надлежне су за доношење одлука по жалбама за вриједности набавке до 800.000,00 КМ. Надлежност филијале одређује се према ентитетском сједишту уговорног органа.

Поред Канцеларије за разматрање жалби и Суд Босне и Херцеговине (Суд БиХ) има надлежност у области јавних набавки, али на специфичан начин, у зависности од природе спора или поступка. Рјешење или закључак Канцеларије за разматрање жалби је коначно и извршно и против истих се не може поднијети жалба, али се може покренути управни спор пред Судом Босне и Херцеговине.

У том случају постоји судска контрола одлука Канцеларије за разматрање жалби. Наиме, када се појави спор у поступцима јавних набавки, понуђачи могу поднијети жалбу Канцеларији за разматрање жалби. Ако је страна незадовољна одлуком Канцеларије за разматрање жалби, може покренути управни спор пред Судом БиХ. Суд БиХ у овим случајевима одлучује као суд првог степена и провјерава законитост одлука Канцеларије за разматрање жалби, а поступак се води према општим правилима Закона о управним споровима БиХ, са свим правима и обавезама које учесници поступка имају.

Међутим, закон не садржи прецизне механизме за спречавање злоупотребе права „професионалних жалилаца“. Иако је принцип забране злоупотребе права општеприхваћен у праву, његова примјена у пракси јавних набавки остаје ограничена.

Измјенама закона из 2024. године уведене су одређене мјере, укључујући повећање жалбених такси и обавезу достављања доказа о уплати уз жалбу, што представља покушај да се смањи број неоснованих жалби. Ипак, пракса показује да ове мјере нису у потпуности отклониле проблем злоупотребе.

2. Појам и карактеристике „професионалних жалилаца“

„Професионални жалиоци“ су неформални назив за физичка или правна лица (често предузећа или појединци) која учествују у поступцима јавних набавки искључиво или претежно с циљем да подносе жалбе на тендерску документацију или одлуке о додјели уговора, без стварне намјере да изводе предмет набавке, односно реализују уговоре.

Њихова мотивација није добијање уговора, већ:

- ометање поступка ради извлачења финансијске користи (нпр. Тражење новца заузврат за повлачење жалбе),
- наплата трошкова поступка за саставе жалби кроз наплату адвокатских трошкова, сходно Адвокатској тарифи,
- постављање услова другим понуђачима или уговорном органу да би прибавили неку услугу или погодност.

Уколико жалиоци не добију погодност, новац или трошкове, уговорни орган предмет просљеђује Канцеларији за разматрање жалби, а жалиоци затим најчешће не уплаћују накнаду за покретање жалбног поступка, слиједом чега Канцеларија за разматрање жалби обуставља поступак по жалби и спис враћам уговорном органу, након чега се наставља поступак јавне набавке. Међутим, с обзиром на број жалби те гломазност административног органа и број поступака јавних набавки, комуникација између уговорног органа, Канцеларије за разматрање жалби и жалиоца траје седмицама па и мјесецима што одуговлачи поступак јавне набавке чак и до годину дана.

Законодавац се против наведене појаве покушао изборити доношењем Закона о измјенама и допунама Закона о јавним набавкама 2024. године којим је повећао вриједност накнада за покретање жалби за 50% (од 750,00 КМ до 15.000,00 КМ у зависности од вриједности спора), те увео обавезу жалиоцима да се доказ о уплати накнаде и извод банке обавезно достављају уз жалбу до истека крајњег рока за жалбу, те да је ово предуслов уредности жалбе. Поред наведеног, поднесене су и многобројне кривичне пријаве против наведених лица, али оптужница и поступака није било из разлога јер се изјављивање жалбе правда правом странке на изјављивање правног лијека, за шта се не може кривично гонити, макар таксу и не платила јер је до жалиочево право према свим околностима случаја.

3. Практични ефекти злоупотребе права на жалбу

У пракси јавних набавки, овакво поступање има вишеструке негативне посљедице јер продужава поступке јавних набавки на више мјесеци или година, повећава трошкове пројекта, те ствара правну несигурност и подстиче коруптивна понашања. Посебно је проблематично што комуникација између уговорног органа, Канцеларије за разматрање жалби и жалиоца може трајати седмицама или мјесецима, што значајно успорава реализацију пројекта.

Како је проблематика „професионалних жалитеља“, у претходном периоду, доживјела својеврсну ескалацију, Агенција за јавне набавке БИХ (у даљем тексту: Агенција) је, у вршењу својих надлежности из члана 92. став (3) Закона, покренула активности, те добила

и прикупила информације, сазнања и доказе о „професионалним жалитељима“. С тим у вези, предметне информације, сазнања и докази представљају озбиљан скуп индиција да овакви, „професионални жалитељи“, серијским изјављивањима жалби код различитих уговорних органа, на различите поступке и предмете набавки, немају за циљ исправке евентуалних грешака и посљедично добијање уговора у конкретном поступку набавке. Управо супротно, озбиљан је скуп индиција да им је циљ успоравање поступка јавне набавке.

Анализом предметних ситуација је уочен одговарајући модус операнди „професионалних жалитеља“. С тим у вези, „професионални жалитељ“, обично путем пуномоћника/адвоката, изјављује жалбу (велики број жалби), гдје са изјављивањем жалбе, нема за циљ да исправи евентуалну грешку и посљедично добије уговор у конкретном поступку набавке, већ има за циљ да успоре поступак јавне набавке и/или да остваре новчану корист кроз наплату трошкова за пуномоћника/адвоката. Такво понашање привредних субјеката, као и пуномоћника/адвоката, чије услуге користе, доводи до тога да се онемогућује ефикасно окончање поступака јавних набавки што је захтјев општих принципа из члана 3. Закона. Наведено неминовно доводи до тога да се поступак набавке, очито неправедно и неоправдано, одуговлачи и одлаже, што изазива многобројне негативне посљедице за јавна средства и њихове кориснике, на свом нивоима у Босни и Херцеговини, као што су одлагање изградње инфраструктурних објеката, недостатак лијекова и медицинске опреме, немогућност пружања здравствених и других услуга, и слично.

У овом смислу, анализа предметних ситуација показује примјере изигравања смисла правне заштите у јавним набавкама и тиме њене злоупотребе. Тако, нпр. један привредни субјект и његов пуномоћник/адвокат су, у периоду од 11 мјесеци у 2023. години, изјавили чак 147 жалби, које су процесно одбачене, тј. закључком одбачене због неплаћања накнаде за жалбу, што представља евидентну злоупотребу правне заштите (подаци доступни на Порталу јавних набавки). Такође из података на Порталу јавних набавки, утврђено је да тај привредни субјект има један закључени уговор у којем предмет уговора је „Трошкови жалбе за тендерску документацију“, а његов пуномоћник/адвокат је евидентиран као понуђач на Порталу јавних набавки, али нема нити један закључени уговор у поступцима јавних набавки. Надаље, нпр. један привредни субјект, уз ангажовање пуномоћника/адвоката, серијски изјављује различите жалбе на различите предмете набавки: молерски радови, изградња базена, воће и поврће, лож уље, рачунари, а на Порталу јавних набавки, као главну дјелатност наводи „Производња металних конструкција и њихових дијелова“, те на Порталу јавних набавки има евидентiranу само једну додјелу уговора и то директни споразум у износу од неколико стотина КМ.

Имајући у виду наведену ескалацију, Агенција је, у оквиру својих надлежности, све с циљем заштите интегритета система јавних набавки и заштите јавних средстава од злоупотреба, те заштите кодекса професија, као и заштите опћих принципа из члана 3. Закона, већ подузела и у наредном периоду планира подузети одговарајуће активности и кораке, који укључују и то да ће се све релевантне институције (надлежна тужилаштва, надлежне привредне коморе, надлежне адвокатске коморе, Конкурвенцијско вијеће БИХ, Уред за разматрање жалби БИХ, Суд БИХ итд.) обавјештавати о уоченим наведеним случајевима путем доставе пријава, како би исте институције приступиле утврђивању свих чињеница и околности, подuzele мјере на спријечавању наведених злоупотреба и евентуално покренуле поступке у којима би се, од стране надлежних органа, констатовала одговорност „професионалних жалитеља“ и изрекле одговарајуће санкције.

Наведене активности и кораци Агенције нису, ни у ком случају, усмјерени, нити се тако могу схватити и протумачити, на ограничавање правне заштите у поступцима јавних набавки, која је један од основних сегмената система јавних набавки, већ искључиво на заштиту интегритета система јавних набавки и заштиту јавних средстава од злоупотреба, те заштиту кодекса професија, као и заштиту опћих принципа из члана 3. Закона, што несумњиво кореспондира са захтјевима како Закона, тако и одговарајућих директива Европске уније, који иду за осигуравањем ефикасности поступака правне заштите, као и захтјевима међународних прописа о заштити људских права и основних слобода који гарантују право на дјелотворан правни лијек.

У току 2023. године, Канцеларија за разматрање жалби БиХ евидентирала је 4.038 жалби у вези с процесима јавних набавки. Овај број представља значајан изазов за процес јавних набавки у земљи, с обзиром на бројне импликације које жалбе могу имати на текуће пројекте и активности. У свијету јавних набавки, појединци познати као “професионални жалитељи” постали су значајан фактор. Њихови мотиви варирају, укључујући потенцијалне уцјене, рекетирење, заустављање пројеката или наплаћивање адвокатских такси. Ова појава додатно компликује процес јавних набавки и често доводи до застоја у provedби пројеката. Увидом у евиденцију жалби, примијењено је да је неколико понуђача поднијело велики број жалби, што ће бити детаљније анализирано у наставку рада. Током 2023. године, КРЖ је према својим надлежностима донио одлуке о 1.087 уважених жалби, 441 одбијеној жалби, 59 обустављених жалби и 2.097 одбачених жалби. Додатно, 46 жалби прослијеђено је на надлежно поступање. Овим мјерама, КРЖ је директно санкционисао неправилности у поступцима жалитеља или уговорних органа, чиме се осигурава интегритет и транспарентност процеса јавних набавки у Босни и Херцеговини.

4. Утицај на сектор транспортне инфраструктуре

Злоупотреба правне заштите има изражене посљедице у сектору транспорта, који је по својој природи капитално интензиван и временски осјетљив. Као посљедица активности „професионалних жалилаца“ долази до кашњења у изградњи путева, аутопутева, ријечних токова и других инфраструктурних објеката, те се повећавају трошкови финансирања (камате, пенали), угрожава се повјерење страних инвеститора и кредитора, али и нарушава се динамика развоја транспортне мреже. Ово је посебно значајно у контексту великих инфраструктурних пројеката који се финансирају из међународних извора, гдје кашњења могу имати далекосежне економске посљедице.

Упркос значајним улагањима, процес изградње суочава се с бројним изазовима. Политичка неусклађеност између ентитетских власти успорава доношење одлука, а сложена геологија Босне и Херцеговине, посебно у херцеговачком дијелу, повећава трошкове изградње. Такође, корупција и недостатак транспарентности у јавним набавкама изазивају сумње у учинковито кориштење средстава. Иако су нормативни оквири и кривичноправни механизми у области јавних набавки у Босни и Херцеговини у великој мјери усклађени са међународним стандардима, пракса показује да постоје бројне препреке у ефикасној борби против злоупотреба и успоравања. Комплексност поступака, политички утицаји и ограничени капацитети институција представљају озбиљне изазове у сузбијању овог вида криминала.

Као кључни проблеми истичу се непотпуна примјена законских одредби, недовољан број процесуираних случајева, политички и интересни утицаји, недовољна заштита узбуњивача, те ограничени институционални капацитети.

Као изазови у будућности истичу се дигитализација и електронске јавне набавке. Иако електронски системи смањују простор за манипулације, злоупотребе су и даље могуће кроз договорене понуде или фиктивне тендере. Потребно је унаприједити софтверске системе и надзор над њиховом примјеном. Затим, јачање међународне сарадње, будући да злоупотребе често имају прекограничне елементе (offshore компаније, пренос новца), неопходно је унаприједити сарадњу са међународним агенцијама и правосудним институцијама, као и усавршавање истражних техника, имајући у виду да сложеност финансијских и набавних злоупотреба захтијева унапређење вјештачења, анализа финансијских токова и употребу савремених истражних метода, укључујући форензичке анализе података.

5. Дирекција за европске интеграције

Дирекције за европске интеграције је стално, самостално и стручно тијело Вијећа министара Босне и Херцеговине, надлежно за координирање процеса и активности институција које произлазе из интеграције БиХ у Европску унију основана Одлуком о Дирекцији за европске интеграције Вијећа Министара БиХ од 03.12.2003. године. Надлежности Дирекције односе се на испуњавање обавеза интеграције, усклађивање законодавства с *acquis*-ем, финансијску помоћ ЕУ за БиХ, превођење прописа и других докумената те комуницирање и обуке у овој области за различите циљне групе ради институционалне, стручне и техничке подршке напретку БиХ у интеграцији у ЕУ.

Дирекција за европске интеграције је стручна служба на нивоу Босне и Херцеговине која дјелује при Вијећу министара и има централну улогу у вођењу процеса приступања Европској унији. Њена основна функција је да координира активности свих институција у вези са европским интеграцијама, да обезбједи усклађивање домаћег законодавства са правном тековином Европске уније и да прати како се те обавезе проводе у пракси. Она не доноси законе нити одлучује о правима и обавезама грађана, али има значајан утицај јер даје стручна мишљења на прописе, учествује у изради одговора према институцијама Европске уније и усмјерава начин на који се домаћи правни систем прилагођава европским стандардима. У суштини, Дирекција представља централно координационо тијело које повезује све нивое власти у Босни и Херцеговини у процесу европских интеграција и обезбјеђује да тај процес буде правно и технички усклађен са захтјевима Европске уније. Дирекције за европске интеграције је чланство Босне и Херцеговине у Европској унији, при чему је Дирекција релевантан, снажан и поуздан партнер свим институцијама у БиХ и ЕУ.

Дирекција за европске интеграције координира и прати активности и задатке у процесу интеграције Босне и Херцеговине у Европску унију и сарађује са министарствима и другим органима управе у Босни и Херцеговини. Надлежна је за координирање послова на усклађивању законодавства БиХ са прописима ЕУ (*acquis*), координацију и надзор provedбе одлука које доносе надлежна тијела и институције Босне и Херцеговине, ентитета и Брчко дистрикта Босне и Херцеговине које се односе на испуњавање обавеза у процесу интеграције БиХ у ЕУ, координацију помоћи ЕУ БиХ, координацију процеса превођења *acquis*-а, правних прописа БиХ и других релевантних докумената, комуникацију и организацију обука о процесу интеграције у ЕУ, Дирекција за европске интеграције учествује у активностима или израђује нацрте закона, других прописа и смјерница које се односе на испуњавање обавеза у процесу интеграције БиХ у ЕУ. Дјелује и као главни оперативни партнер Европске комисије у процесу интеграције БиХ у ЕУ, према ИПА споразуму.

У контексту кориштења ЕУ фондова, Дирекција сарађује са представницима билатералних донатора из чланица Европске уније и међународних организација те учесницима из цивилног друштва. Дирекција сарађује са Заједничком комисијом за европске интеграције Парламентарне скупштине Босне и Херцеговине и осталим одборима за европске интеграције парламената у БиХ. У имплементацији Комуникацијске стратегије за информирање јавности о приступању Босне и Херцеговине Европској унији, али и у оквиру подршке изградњи капацитета државних службеника за интеграцију у ЕУ, Дирекција сарађује са представницима академске и пословне заједнице у Босни и Херцеговини. Дакле, Дирекција дјелује као главни оперативни партнер Европске комисије у процесу интеграције БиХ у ЕУ.

6. Велики инфраструктурни пројекти у БиХ

Квалитетни путеви, жељезнице, аеродроми и други транспортни системи омогућују бржи проток робе, људи и капитала, стварају могућности повезивања с регионалним и свјетским тржиштима те доприносе подизању животног стандарда грађана. Босна и Херцеговина (БиХ), смјештена у срцу југоисточне Еуропе, суочава се с посебним изазовима у изградњи и модернизацији инфраструктуре. Географске баријере, сложен политички систем и ограничени финансијски ресурси значајно успоравају процесе који су у сусједним државама већ далеко напредовали. Ипак, посљедње двије деценије донијеле су одређене помаке, првенствено кроз пројекте који се остварују уз помоћ међународних финансијских институција, Еуропске уније и билатералних партнера.

Развој великих инфраструктурних пројеката у Босни и Херцеговини представља један од кључних предуслова за економски напредак, регионалну повезаност и дугорочну стабилност државе. Иако је БиХ релативно мала и институционално сложена земља, њен географски положај између централне Европе и Јадранског мора даје јој значајан потенцијал да постане важан транзитни и саобраћајни чвор. Управо због тога се последњих година све више пажње посвећује развоју путне, железничке, ваздушне и урбане инфраструктуре, уз значајну подршку међународних финансијских институција и европских фондова.

Посебно место у инфраструктурном развоју има путна мрежа, која се посматра као основа за повезивање унутрашњих региона и интеграцију у европске транспортне коридоре. Најзначајнији пројекат у том контексту јесте изградња Коридора Vc, који пролази кроз целу земљу и повезује север са југом, од границе са Хрватском до луке Плоче. Овај коридор представља окосницу будућег развоја саобраћаја и економије, јер омогућава бржи транспорт робе и људи, повећава конкурентност привреде и подстиче регионалну сарадњу. Поред овог стратешког правца, реализују се и бројни пројекти модернизације магистралних путева, изградње обилазница и унапређења безбедности саобраћаја, што доприноси равномернијем развоју различитих делова земље.

Поред путне инфраструктуре, значајна пажња посвећена је и развоју ваздушног саобраћаја. Босна и Херцеговина има четири међународна аеродрома – Сарајево, Тузлу, Бању Луку и Мостар – који имају различите улоге у транспортном систему. Сарајево се позиционира као главни авио-чвор са сталним растом броја путника, Тузла функционише као база нискобуџетних компанија, Бања Лука настоји да постане регионални центар, док је Мостар усмерен пре свега на сезонски туризам. Улагања у модернизацију терминала, продужење писта и унапређење контроле летења део су шире стратегије повезивања БиХ са глобалним тржиштима и јачања туристичког потенцијала. Истовремено, у урбаним срединама се развијају пројекти модернизације јавног превоза, који имају за циљ

побољшање квалитета живота становништва. У Сарајеву се уз подршку Европске банке за обнову и развој спроводи обнова трамвајског и тролејбуског система, док Бања Лука уводи електричне аутобусе као део стратегије смањења загађења и модернизације јавног саобраћаја. Ови пројекти показују да инфраструктура није само питање транзита и економије, већ и важан инструмент унапређења животне средине и урбаног развоја.

Укупни ефекти великих инфраструктурних инвестиција огледају се у више међусобно повезаних области. Пре свега, они подстичу економски раст кроз развој грађевинског сектора, отварање нових радних места и привлачење страних инвестиција. Поред тога, боља транспортна повезаност омогућава лакши приступ тржиштима, што доприноси развоју трговине и индустрије. Туристички сектор такође има значајну корист од унапређења инфраструктуре, јер побољшана доступност дестинација доводи до повећања броја посетилаца, нарочито у регионима као што су Херцеговина и Сарајево. Инфраструктурни пројекти имају и важну социјалну димензију. Изградњом путева и пруга повезују се удаљени и слабије развијени делови земље, чиме се смањују регионалне разлике и омогућава равномернији развој. Боља повезаност олакшава кретање становништва, приступ образовању, здравственим услугама и радним местима, што доприноси јачању друштвене кохезије. У том смислу, инфраструктура има улогу не само економског већ и интеграционог фактора унутар државе.

Ипак, реализација великих инфраструктурних пројеката носи и одређене ризике. Значајна финансијска средства која су потребна за њихову изградњу често долазе у виду кредита међународних институција, што може довести до повећања јавног дуга. Уколико се пројекти не спровode транспарентно и у складу са најбољим праксама, постоји опасност од неефикасности, корупције и дугорочног финансијског оптерећења за државу. Због тога је кључно да институције обезбеде јасне механизме контроле, одговорности и стратешког планирања. У ширем смислу, велики инфраструктурни пројекти представљају одраз способности државе да дефинише и спроведе дугорочну развојну визију. Они показују у којој мери постоји политичка воља и институционални капацитет да се реализују сложени пројекти који превазилазе краткорочне интересе. У случају Босне и Херцеговине, ови пројекти имају додатни значај јер могу допринети превазилажењу унутрашњих подела и јачању економске интеграције различитих региона.

Дакле, инфраструктурни развој у Босни и Херцеговини представља кључни инструмент економске трансформације и друштвеног напретка. Иако се земља суочава са бројним изазовима, укључујући институционалну сложеност и ограничене ресурсе, потенцијал за напредак је значајан. Улагањем у саобраћајну инфраструктуру, модернизацијом јавног превоза и унапређењем повезаности са регионом и Европом, БиХ може ојачати своју позицију и створити предуслове за одржив развој. На тај начин инфраструктура постаје више од техничког питања, јер представља темељ економске стабилности, друштвене кохезије и будућег напретка државе.

7. Јединствена листа приоритетних инфраструктурних пројеката у сектору транспорта у Босни и Херцеговини

Јединствена листа приоритетних инфраструктурних пројеката у сектору транспорта у БиХ је стратешки документ који обухвата најважније пројекте (аутопутеви, жељезнице, луке) којима је потребна финансијска подршка. Формира се на основу секторских листа, а служи за планирање јавних инвестиција и повлачење средстава из фондова ЕУ и међународних кредитора.

Савјет министара БиХ током 2025. године усвојио је Информацију Дирекције за европске интеграције о ажурирању Јединствене листе приоритетних инфраструктурних пројеката Босне и Херцеговине која укључује укупно 143 пројекта, и то 25 пројеката из транспорта и 118 пројеката из животне средине, укупне вриједности 9,44 милијарди еура. Ова листа формирана је на основу јединствених листи секторских инфраструктурних пројеката у области транспорта и заштите животне средине, које су припремале и усагласиле надлежне институције на свим нивоима власти, укључене у рад секторских радних група. Државни одбор за инвестиције БиХ је 31.08.2025. године усвојио ажурирану листу. Усвајање Листе је омогућило одобравање ВБИФ грант средстава за суфинансирање радова у области транспорта и заштите животне средине за БиХ у износу већем од 211 милиона еура у периоду 2025-2030. године.

Јединствена листа приоритетних инфраструктурних пројеката у сектору транспорта у Босни и Херцеговини представља систематизован преглед најзначајнијих инвестиција које су препознате као кључне за развој саобраћајне инфраструктуре, уз истовремено вредновање њихове зрелости, хитности и финансијске тежине. Основна карактеристика овог документа јесте да се пројекти не посматрају само кроз њихову техничку или економску вриједност, већ кроз степен спремности за реализацију и приоритет у односу на друге инвестиције, што омогућава рационално планирање и усмјеравање средстава.

У сектору транспорта доминирају пројекти везани за Коридор Vc, као најважнији саобраћајни правац у земљи, али и значајни пројекти модернизације жељезничке инфраструктуре и унапређења пловности ријеке Саве. Посматрано у цјелини, ови пројекти показују висок степен приоритета, што се огледа у високим оцјенама бодовања које се крећу углавном између 94% и 98%, што указује на њихову изузетну важност за развој транспортног система. Када је ријеч о зрелости пројеката, листа јасно разликује више категорија, при чему су пројекти групе 1 означени као спремни за тендерски поступак и реализацију инвестиције, док су пројекти групе 2 у фази припреме техничке документације, са различитим степеном припремљености. Ова подјела омогућава увид у стварни степен оперативности сваког појединачног пројекта и представља један од кључних индикатора њихове реалне изводљивости.

У области жељезничке инфраструктуре уочава се висок степен зрелости код пројеката који се односе на реконструкцију и модернизацију дионица на Коридору Vc, као што су дионице Шамац–Добој–Рјечица, Добој–Маглај–Зеница и Подлугови–Сарајево, које су класификоване у највишу категорију зрелости 1а. Ови пројекти имају и највише оцјене хитности, што указује да су практично спремни за непосредну реализацију и да представљају инвестиције са брзим ефектом на унапређење саобраћаја.

С друге стране, пројекти који се односе на ширу модернизацију жељезничке мреже, као што је реконструкција правца Нови Град–Добој–Зворник, сврстани су у категорију 2б, што значи да постоје значајни недостаци у припреми који морају бити отклоњени прије почетка реализације. Иако и ови пројекти имају високе оцјене приоритета, њихова нижа зрелост указује на дужи временски хоризонт за реализацију и већу сложеност припремних активности. Посебну тежину имају пројекти изградње аутопутева на Коридору Vc, који обухватају више дионица различитог степена припремљености. Дионице као што су Вукосавље–Добој, Свилај–Оџак и дио Тарчин–Иван класификоване су у највишу категорију зрелости, што значи да су технички и административно припремљене за реализацију. Ови пројекти носе и значајне финансијске износе, који достижу више стотина милиона евра, што их чини највећим појединачним инвестицијама у сектору транспорта.

Истовремено, бројне дионице истог коридора имају различите нивое зрелости у оквиру једног пројекта, што указује на фазни приступ изградњи. Тако се поједине поддионице налазе у категорији 1а, док су друге у категорији 2а или 2б, што значи да постоји неуједначеност у степену припремљености, али и да се реализација може одвијати постепено, у складу са спремношћу појединих сегмената. Пројекат рехабилитације пловног пута ријеке Саве представља специфичан сегмент транспортне инфраструктуре, јер се односи на унутрашњу пловидбу и регионалну повезаност. Иако има највиши степен приоритетности, сврстан је у категорију 2б, што указује да постоје значајни изазови у припреми, укључујући техничке, еколошке и међудржавне аспекте, што утиче на његову динамику реализације.

Када се посматра однос између хитности и зрелости, уочава се да већина пројеката има веома високу оцјену приоритетности без обзира на степен припремљености, што указује да су идентификовани као стратешки значајни за развој земље. Међутим, реална могућност њихове брзе реализације зависи управо од степена зрелости, односно од тога да ли су обезбијеђени сви технички, правни и финансијски предуслови. Укупна вриједност пројеката у сектору транспорта износи више милијарди евра, што показује обим инвестиционог циклуса који је неопходан за модернизацију саобраћајне инфраструктуре. Највећи дио средстава усмјерен је на изградњу аутопутева на Коридору Vc, док мањи, али значајан дио отпада на модернизацију жељезнице и унутрашњих пловних путева. Посматрано у цјелини, листа показује да је транспортни сектор у Босни и Херцеговини структурисан око неколико кључних приоритетних праваца, са јасно дефинисаним нивоима зрелости који одражавају стварно стање припреме пројеката. Висок ниво бодовања указује на стратешки значај ових инвестиција, док разлике у зрелости откривају изазове у њиховој реализацији и потребу за даљим институционалним и техничким јачањем како би се омогућило њихово благовремено спровођење.

8. Компаративна анализа

Компаративни преглед показује да већина европских земаља има развијене механизме за спречавање злоупотребе права на жалбу, укључујући обавезне жалбене таксе, депозит који се губи у случају неосноване жалбе, санкције за злоупотребу права или обавезу доказивања стварног интереса.

Упоредна пракса показује да ове мјере значајно смањују број неоснованих жалби и повећавају ефикасност система.

Табела 1. Компаративни преглед: Суочавање са „професионалним жалиоцима“ у јавним набавкама у другим земљама

Земља	Правни механизам/рјешење	Ефекат у пракси
Босна и Херцеговина	Нема посебних мјера. Жалба је бесплатна, а КРЖ накнадно позива жалиоца да уплату накнаду. Предвиђено је враћање жалбене таксе у случају успјеха.	Честа појава професионалних жалилаца. Успоравање поступака.
Србија	Жалбена такса се плаћа приликом подношења (фиксни и пропорционални износи). Такса се не враћа ако је жалба неоснована.	Знатно смањен број неоснованих и опструктивних жалби.

Хрватска	Жалбена такса у зависности од процјењене вриједности набавке (нпр. 5.000–100.000 куна). Уз губитак таксе за неосновану жалбу.	Суужење простора за професионалне жалиоце.
Словенија	Депозит уз жалбу (у висини таксе), губи се ако је жалба одбачена као неоснована.	Драстично смањен број формалистичких и опструктивних жалби.
Аустрија	Висока такса уз жалбу. Ако се утврди да је поднијета са очигледним намјерама опструкције — изричу се казнене мјере.	Ријетка појава професионалних жалилаца.
Њемачка	Такса одређује се по вриједности набавке. Суд има дискреционо право да додатно казни злоупотребу права на жалбу.	Веома ефикасан систем правне заштите, без опструкција.
Сјеверна Македонија	Жалбена такса и обавезна пријава стварног интереса за закључење уговора.	Успјешно сузбијање професионалних жалилаца.

Након измјена закона током 2024. године, ако у року за изјављивање жалбе није достављен доказ о плаћеној накнади за покретање жалбеног поступка, у износу прописаном законом, на основу којег се може несумњиво утврдити да је трансакција извршена, уговорни орган одбациће жалбу као неуредну без позивања жалиоца на допуну или исправак. На овај закључак уговорног органа жалилац нема право жалбе КРЖ-у и он је коначан. Против овог закључка жалилац може покренути управни спор пред Судом Босне и Херцеговине у року од 30 дана од дана пријема. Тужба за покретање управног спора не одгађа извршење побијаног закључка, ако Суд Босне и Херцеговине не одлучи другачије, чиме су се створиле предиспозиције бржег окончања жалбеног поступка и спречавања изјављивања жалби за коју се касније не би платила накнада.

Међутим, оваква законска формулација доказа из којег се „несумњиво може утврдити да је трансакција извршена“ је створила конфузију тумачења и честу злоупотребу од стране уговорних органа, који из најразличитијих баналних разлога обацују жалбе као неуредне (нпр. Не зна се на који се поступак односи уплата, није добар број одлуке, није добар број обавјештења о набавци, не види се да је уплата реализована, нечитка уплатница и сл.), те поступак настављају, уговорор додјељују и реализују, а жалилац своје право остварује пред Судом БиХ, па чак и ако докаже да је уплата уредна поступци јавних набавки су одавно завршени, па успјех на суду понуђачима често буде само Пирова побједа.

У пракси БиХ јавних набавки, као и у другим земљама региона, оваква појава представља озбиљан проблем јер успорава и поскупљује поступке јавних набавки, стимулише корупцију и притисак на уговорне органе, те ствара непотребне административне трошкове и губитак времена. Иако Закон о јавним набавкама формално не препознаје категорију „професионалних жалилаца“, у пракси је препознат проблем када одређена лица редовно и шаблонски улажу жалбе на велики број поступака, неријетко и без ваљаног основа.

9. Емпиријско истраживање и резултати

У ранијем периоду у оквиру истраживања аутора примјењен је анкетни истражни модел као метод прикупљања података о стању у области јавних набавки у Босни и Херцеговини.

Циљ истраживања био је да се кроз директно анкетирање релевантних актера утврде најчешћи проблеми у пракси јавних набавки, с посебним акцентом на појаву професионалних жалилаца, ефективност постојећег система правне заштите и приједлоге за унапређење система.

Истраживање је спроведено у периоду од 01.05.2024. године до 31.12.2024. године, а обухватило је укупно 55 испитаника, подијељених у сљедеће категорије:

- 20 представника понуђача (привредних субјеката који учествују у поступцима јавних набавки),
- 20 представника уговорних органа (институција наручилаца),
- 5 стручњака из области јавних набавки и правосуђа.

Испитаници су одабрани методом намјерног узорка на основу њихове активности или експертизе у области јавних набавки. Као инструмент истраживања кориштен је структурисани упитник, који је садржавао укупно 10 питања. Питања су била затвореног и полузатвореног типа (са понуђеним одговорима и могућношћу додавања коментара). Обрада резултата се односила на одговоре на питања: 1) Појава професионалних жалилаца у пракси, 2) Учесталост утицаја таквих жалби на одуговлачење поступака, 3) Подршка увођењу жалбене таксе или депозита и 4) Најбоље рјешење за сузбијање злоупотреба.

Добијени су сљедећи резултати:

1. Појава професионалних жалилаца у пракси

Одговор	Број испитаника	Процена т
Да	46	83,6 %
Не	9	16,4 %

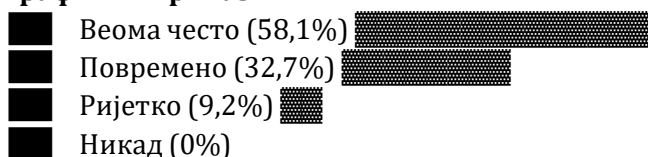
Графички приказ:



2. Учесталост утицаја таквих жалби на одуговлачење поступака

Одговор	Број испитаника	Процена т
Веома често	32	58,1 %
Повремено	18	32,7 %
Ријетко	5	9,2 %
Никад	0	0 %

Графички приказ:



3. Подршка увођењу жалбене таксе или депозита

Одговор	Број испитаника	Процена т
Да	44	80 %
Не	11	20 %

Графички приказ:



4. Најбоље рјешење за сузбијање злоупотреба

Рјешење	Број испитаника	Проценат
Увођење жалбене таксе	30	54,5 %
Ограничење броја жалби	10	18,2 %
Казнене мјере за злоупотребу	13	23,6 %
Друго (објашњење)	2	3,7 %

Графички приказ:



Прикупљени подаци су анализирани коришћењем дескриптивне статистике, односно израчунавањем процената, фреквенција и приказивањем резултата у облику табела и графика. Резултати су упоређени по категоријама испитаника ради добијања потпунијег увида у стање у пракси.

Анкетно истраживање проведено у оквиру овог рада имало је за циљ да утврди стање у пракси јавних набавки у Босни и Херцеговини, с посебним нагласком на појаву професионалних жалилаца, ефикасност система правне заштите и мјере које би могле допринијети смањењу злоупотреба у поступцима јавних набавки.

На основу анализе добијених одговора, може се закључити сљедеће:

- Велика већина испитаника (83,6%) потврдила је појаву професионалних жалилаца у пракси јавних набавки. Ова појава препозната је као значајан проблем који доводи до одуговлачења поступака и угрожавања ефикасности система.
- Чак 58,1% испитаника сматра да такве жалбе веома често утичу на одлагање поступака, док је 32,7% навело да се то дешава повремено. Ови подаци указују на потребу увођења мјера којима би се спријечила злоупотреба права на жалбу.
- Подршку увођењу жалбене таксе или депозита изразило је 80% испитаника, што говори у прилог томе да би економско обесхрабљивање неоснованих и опструктивних жалби имало позитиван ефекат на ефикасност поступака.
- Као најбоље рјешење за сузбијање злоупотреба, већина испитаника (54,5%) предложила је увођење жалбене таксе, док је 23,6% подржало строже казнене мјере

за злоупотребе. Ограничење броја жалби као мјеру предложило је 18,2% испитаника.

Ови резултати потврђују да постојећа законска рјешења нису довољно ефикасна у спречавању злоупотреба у поступцима јавних набавки, те да постоји потреба за додатним институционалним и нормативним интервенцијама. Испитаници су кроз своје одговоре послали јасну поруку о неопходности реформе постојећег система правне заштите у јавним набавкама ради обезбјеђења веће правне сигурности, ефикасности и транспарентности.

Закључак

Злоупотреба права на жалбу у јавним набавкама представља озбиљан изазов за ефикасност система, посебно у сектору транспортне инфраструктуре. Иако постојећи нормативни оквир формално обезбјеђује правну заштиту, у пракси омогућава значајан простор за злоупотребе. Резултати истраживања и анализа праксе показују да је неопходно додатно унапређење законодавног и институционалног оквира, како би се обезбиједио баланс између права на правну заштиту и потребе за ефикасним спровођењем јавних набавки. Само кроз увођење адекватних механизма контроле и одговорности могуће је смањити негативне ефекте професионалних жалилаца и обезбиједити ефикаснију реализацију инфраструктурних пројеката.

Литература

1. Бовис К. (2007), EU Public Procurement Law, Elgar European Law, Брисел,
2. Драганић А., Ковачевић Б., Мартиновић А., Вукајловић И. и Мирашчија М., (2020),
3. „Да јавне набавке у Босни и Херцеговини постану јавне - Make public procurement in Bosnia and Herzegovina truly public“, Фонд за отворено друштво Босне и Херцеговине, Сарајево,
4. Lynch J. (2022), Public Procurement: Principles, Categories, and Methods: A Practical Guide to Understanding and Applying Core Public Procurement Concepts, Procurement Classroom Series,
5. Матић М. (2025), Правни аспекти јавних набавки у Босни и Херцеговини, магистарски рад, Бијељина
6. Шикман М. (2007), Супротстављање организованом криминалитету са освртом на специјалне истражне технике, Дефендологија, Бања Лука,
7. Шкулић М. (2003), Организовани криминалитет, Ауторска издавачка задруга, Београд,
8. Главна управа за регионалну и урбану политику Европске комисије, (2018), Смјернице за практичаре о избјегавању најчешћих грешака у поступцима јавне набаве у оквиру пројеката финансираних из европских структурних и инвестицијских фондова, Европска комисија, Брисел,
9. MDF Commerce, The History of Procurement: Past, Present and Future, <https://www.procureify.com/blog/a-brief-history-of-procurement-key-points-from-past-and-present/>, приступљено 31.01.2024. године,
10. Оквирни споразум између Босне и Херцеговине и Комисије Европских заједница о правилима сарадње која се односи на финансијску помоћ за Босну и Херцеговину у оквиру имплементације помоћи путем инструмента предприступне помоћи (ИПА) од 20. фебруара 2008. године,

11. Закон о јавним набавкама БиХ ("Службени гласник БиХ", бр. 39/14, 59/22 и 50/24),
12. Закон о управном поступку БиХ ("Службени гласник БиХ", бр. 29/2002, 12/2004, 88/2007, 93/2009, 41/2013 и 53/2016),
13. Закон о управним споровима БиХ ("Сл. гласник БиХ", бр. 19/2002, 88/2007, 83/2008 и 74/2010),
14. Пресуда Суда БиХ број С1 З У 022046 16 У од 26.09.2017.године,
15. Пресуда Суда БиХ број С1 З У 041203 21 од 24.01.2023. године,
16. <https://financije.hr/veliki-infrastrukturni-projekti-u-bih/>, приступљено 10.04.2026. године
17. https://www.dei.gov.ba/uploads/documents/jedinstvena-lista-prioritetnih-infrastrukturnih-projekata-bosne-i-hercegovine_1602683497.pdf, приступљено 06.04.2026. године
18. <https://www.mkt.gov.ba/Content/Read/transport-infrastruktura-priprema-projekti#>,
19. приступљено 10.04.2026. године
20. <https://www.dei.gov.ba/bs/o-nama-71>, приступљено 10.04.2026. године
21. <https://www.javnenabavke.gov.ba/bs-latn-ba/news/377/problematika-profesionalnih-zalitelja-u-sistemu-javnih-nabavki>, приступљено 04.04.2026. године
22. <https://www.bhrt.ba/profesionalni-%C5%BEalioci-unosan-biznis-i-zloupotreba-sistema>, приступљено 04.04.2026. године
23. <https://crna-hronika.info/ured-za-razmatranje-zalbi-bih-4-038-zalbi-o-javnim-nabavkama/606247>, приступљено 11.04.2026. године

THE IMPACT OF PROFESSIONAL COMPLAINANTS ON THE IMPLEMENTATION OF INFRASTRUCTURE PROJECTS IN THE TRANSPORT SECTOR IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

ABSTRACT

The efficiency of infrastructure project implementation in the transport sector of Bosnia and Herzegovina largely depends on the functionality of the public procurement system and the legal protection of participants in procurement procedures. In practice, there is an increasing occurrence of so-called "professional complainants", i.e. entities that use the right to appeal contrary to its intended purpose, thereby challenging the balance between legality and procedural efficiency. The aim of this paper is to identify patterns of abuse of legal protection in public procurement and to analyse their impact on the implementation of transport infrastructure projects.

The research is based on a normative analysis of the public procurement legal framework in Bosnia and Herzegovina, as well as an empirical analysis of the practice of the Procurement Review Body and specific procurement procedures. The results indicate that the existing system, although formally aligned with European standards, allows a certain level of abuse of the right to appeal, leading to delays in project implementation, increased costs and reduced legal certainty for investors.

The paper concludes that it is necessary to improve the legislative and institutional framework by introducing mechanisms to prevent manifestly unfounded appeals and by strengthening the accountability of complainants, in order to ensure a proper balance between legal protection and the efficiency of public procurement.

Keywords: public procurement, legal protection, appeal, abuse of rights, transport infrastructure, Bosnia and Herzegovina

LOGISTIKA

OPTIMIZACIJA RADNIH PROCESA U TRANSPORTNOJ LOGISTICI

Dr. inž. saob. Aleksandar Jovanović¹

Doc. dr Gordana Blagojević²

Sažetak - Upravljanje radnim procesima u okviru preduzeća postalo je strateško pitanje za sve privredne subjekte. Sva transporta preduzeća, nevezano za njihovu veličinu, manja srednja ili veća, pokušavaju da za sebe pronađu najbolje rešenje upravljanja transportnih procesa. U centru problematike je održivi razvoj, optimizacija radnih procesa, optimizacija utroška radne snage pa samim tim i ušteda vremena kao bitnog resursa ali i pokazatelj kvaliteta u smislu brzine izvršenih zadataka, a zajedničko pozicioniranje po tom pitanju doprinosi da sector transportne logistike funkcioniše ekonomski isplativo ekološki efikasno i društveno odgovorno.

Ključne reči – Optimizacija, radni procesi, transport, softverska rešenja.

UVOD

Poslednjih nekoliko decenija svedoci smo ubrzanog napretka tehnologija, povećanja potrošnje, povećanja proizvodnje, ekonomskog rasta država, ali i globalnog napretka na polju privrede pa tako i transporta kao bitnog integratora u privrednom napretku. Na osnovu globalnog strategijskog poslovnog izveštaja, prognozira se da će obim drumskog prevoza tereta kada govorimo o prihodu porasti za gotovo 49%, za 8 godina. U posmatranom periodu od 2022. Godine do 2030. Godine svetski prihodi od prevoza tereta prognozirano rastu sa procenjenih 3,7 biliona US dolara na 5,5 biliona US dolara. Učešće prevoza drumskog tereta u odnosu na prevoz tereta uopšte u Evropi iz godine u godinu zadržava trend od preko 50%, dok je taj procenat u Srbiji i uopšte u tranzitnim zemljama i zemljama u razvoju još veći. U takvom ambijentu transporte firme širom sveta bore se da na najbrži, najbezbedniji i najefikasniji način dođu do ostvarenja cilja uspešno izvedenog posla i planirane zarade u zadatim okvirima postojećeg tržišta, postojećih propisa, i postojećih transportnih uslova uopšteno. Prognoza rasta transporta tereta tiče se svih grana industrije, a najviše industrije hrane, farmaceutske industrije, hemijske, industrija energetike i građevinarstva. Svakako za potrebe tržišta u jednom trenutku kada govorimo o teškim teretnim vozilima, skupovima vozila, kamionima, prikolicama i poluprikolicama na tržištu će se u pojedinim periodima javiti povećana potreba, u odnosu na druga prevozna sredstva, za hladnjačama, platformama, cisternama ili sandučarima i varijacije tih potreba koje treba ispratiti.

Države i društva u razvoju, u praksi se susreću sa mnogim potrebama pa tako i potrebom za povećanjem obima različitih vrsta transporta. Organizovane države su svojim zakonima i propisima detaljno uredile prevoz robe i prevoz putnika u svakom od postojećih segmenata tog procesa. Ukoliko se osvrnemo na prevoz robe videćemo da tu imamo više transportnih procesa ili koraka koji omogućavaju da roba stigne od pošiljaoca do primaoca. Ukratko navodeći primere u praksi to bi bili koraci:

- Priprema transporta (planiranje rute, izbor vozila, organizacija vozača i dokumentacije, ugovaranje prevoza)
- Utovar robe (priprema robe, manipulacija, osiguranje terete u vozilu)
- Transport (kretanje, praćenje pošiljke, poštovanje propisa)
- Istovar (iznošenje robe, provera stanja robe, evidencija prijema)
- Prateći procesi (administracija, carinski postupak, skladištenje, održavanje vozila)

¹ Dr. inž. saob. Aleksandar Jovanović, jovaanovic@gmail.com, Pro Star Safety Team Niš,

² Doc. dr Gordana Blagojević, blagojevicaleksic@yahoo.com, Ju Saobraćajna i elektro škola Dobo

- Kontrola i završetak procesa (provera izvršenja zadatka, naplata usluge, analize troškova i efikasnosti).

U centru svih nabrojanih procesa je čovek, kao glavni faktor, kontrolor i izvršioc svih ovih koraka, a sa razvojem tehnologije, telematike, elektronike, veštačke inteligencije, pojedine korake ili delove koraka mogli bi potpuno ili delimično preuzeti ili potpomognuti određena tehnološka ili softverska rešenja.

1.TEHOLOŠKA REŠENJA

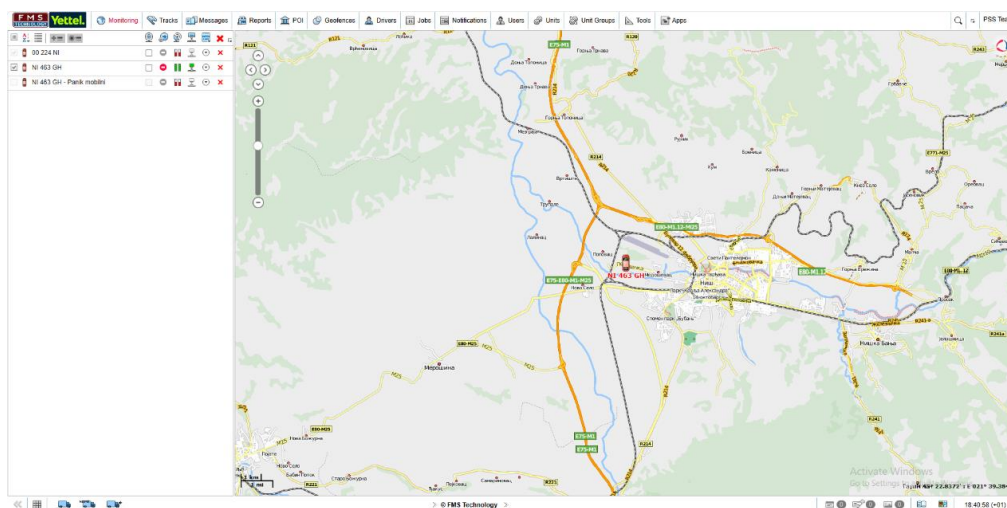
Tehnološka rešenja su naravno neophodan faktor u unapređenju transporta. Tokom predhodnog veka veliki fokus bio je usmeren na povećanje snage, brzine, nosivosti, gabarita i ostalih karakteristika samih prevoznih sredstava. Tokom prvih godina ovog veka započinje se unapređenje tahografa, sistema za praćenje vozila, bezbedonosnih kamera, brojnih senzora koje nam daju podatke o parametrima u i izvan vozila, zatim usavršavanje sonde za kontrolu nivoa goriva u rezervoarima, raznih alarma koji reaguju na prilazak ili na dodir. Već se sada u velikoj meri ovakvi uređaji unapređuju i nadograđuju brojnim potrebnim opcijama kako bi se vozaču ili administraciji transportnog preduzeća olakšao posao. Nabrojaću samo neke od primera i trendova rešenja tehnološkog razvoja vezanih za optimizaciju procesa u drumskom transportu robe na američkom i evropskom kontinentu koji su trenutno aktuelni i u povelju:

- U cilju povećanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju IP i AI kamere koje se instaliraju u i izvan vozila. Ovakve kamere se najviše instaliraju u pravcu prednjeg vetrobranskog stakla kako bi obuhvatila pogled koji je u stvari pogled vozača. Veliki broj prevoznika u Sjedinjenim Američkim Državama uslovljene su od strane osiguravajućih kuća da u vozilima imaju ovakve kamere radi utvrđivanja detalja saobraćajnih nezgoda ili usred utvrđivanja činjenica usled nastanka štete na vozilima, oštećenja terete, povreda ili gubitka života. AI kamere su kamere softverski potpomognute kako bi fokusirale određen detalj, palile se i gasile u određenim situacijama ili kako bi na osnovu određenih parametara menjale svoj položaj kako bi usnimile pravi kadar. Naravno ovakve kamere se mogu uz dozvolu vozača instalirati u kabini vozila kako bi pratile ponašanje vozača ili uparene sa kamerom spolja sa pogledom ka napred kako bi pratile ponašanje vozača u određenim situacijama tokom vožnje na putu. Na slici broj 1. prikazan je jedan od tipova kamera koje se ugrađuju na kamionima.



Slika broj 1. AI kamere koje se ugrađuju na kamionima

- GPS odašiljači, a istovremeno i merači temperature u tovarnim prostorima (hladnjačama, kontejnerima), zajedno sa sondama za praćenje nivoa goriva svi zajedno upareni na jednom portalu mogu administraciji jedne prevoznice firme davati podatke od toga gde se vozila nalaze, do toga kojom se brzinom kreću, koja je potrošnja na zadatoj ruti, u kakvom su stanju akumulatori na vozilima, koja je trenutna temperatura u tovarnom prostoru, da li motor trenutno radi u praznom hodu, koliko je motor radio u praznom hodu u proteklom izabranom period do raznih potrebnih statistika. Jedno od takvih softverskih rešenja razvila je privatna softverska firma Fleet Management Solutions DOO, sa sedištem u Beogradu. Na slici broj 2. prikazan je početni meni FMS interfejsa sa svim osnovnim funkcijama.



Slika broj 2. Izgled interfejsa FMS portala

- Tahografi svakako kreću ka novoj tehnološkoj eri i u Evropi. Uredbe Evropske Unije nalažu obaveznu primenu smart tahografa druge generacije od 1. jula 2026-e godine i sve to u cilju veće transparentnosti poštovanja pravila sati rada, bolje kontrole i

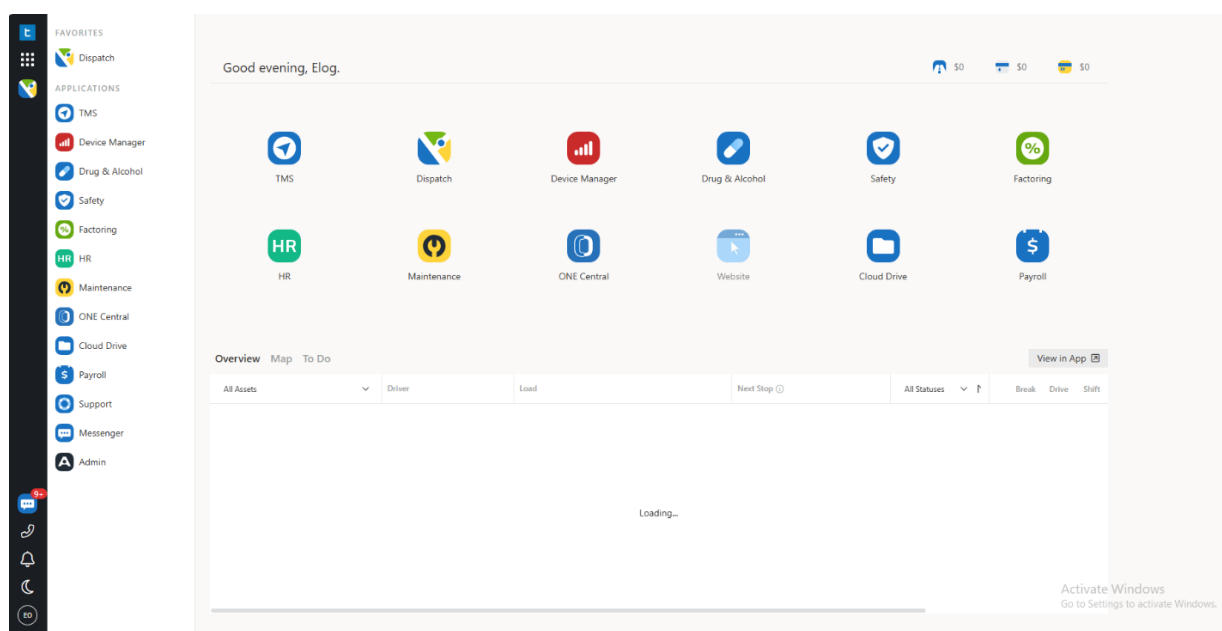
sprečavanja nepravilnosti u radu. Na teritoriji kontinenta Severne Amerike se od 2017 koriste elektronski dnevnici (ELD) za praćenje radnih vremena vozača gde vozač ima jasan pregled sati rada preko uređaja koji sam odabere (tablet, računar ili pametni mobilni telefon). Praktično vozač u svakom trenutku ima uvid u to koliko mu je vremena za preostalo u random danu, u radnoj nedelji ili do prve predviđene pause, čak u svakom trenutku može biti obavešten da li je ušao u neki od prekršaja vezanih za sate rada ili kompletnost njegovog elektronskog dnevnika. Takođe vozač, a shodno lokalnim Američkim propisima ima parvo da izabere opcije za izuzeće zbog vožnje iz privatnih razloga, da izabere izuzeće za vožnju po terminalu ili da izabere opciju produžetka radnog dana zbog nepovoljnih vremenskih uslova. Elektronski dnevnik ili ELD - *Electronic Log Device* na pripadajućem portalu daje dobar pregled za sva vozila i sve vozače u voznom parku jednog prevoznikog preduzeća što može u mnogome pomoći administraciji istog preduzeća najviše u efikasnosti, tačnosti, brzini rada i naravno uštedi vremena rada, a samim ti može dovesti do značajnih ušteta zbog optimizacije radnih mesta. Dok smo ranije imali ljude koji će čekati danima i sa tahografa (ili papirnih vozačkih dnevnika u SAD) skidati podatke a naknadno ih obrađivati, ELD sistemi imaju sve podatke sačuvane, obrađene, a ono što je najvažnije svi podaci su spremni na uvid u svakom trenutku kada su potrebni administraciji jedne firme, vozaču ili eventualno policijskoj i inspekcijskoj kontroli. Na slici broj 3. Prikazano je jedno od softverskih rešenja ELD (electronic log device) meni na kome su prikazane opcije potrebne vozaču, administraciji prevoznika ili policijskoj kontroli. Na prikazanom interfejsu portala TruckX vide se opcije čuvanje podataka o vozaču, vozilu, dodatnim uređajima na kamionu, opcija za određene izveštaje u kojim državama se kretalo vozilo i koliko je milja prešlo u istim, zatim prikaz odometra, grafikon statusa vozača tokom dana, podaci o pređenim miljama tokom dana, status pokretanja određenih upozorenja i alarma (npr upozorenje o rokovima za servis vozila ili alarm na 15 minuta do isteka dnevnog vremena za vožnju), zatim na slici se može videti opcija gde je prikazana cela flota ili lokacije svakog vozila u floti pojedinačno, kao i druge opcije.



Slika broj 3. Prikaz interfejsa TruckX ELD portala

2.SOFTVERSKA REŠENJA

Često zbog složenih procedura tokom transporta, zbog dodatnih mera bezbednosti, najnovijih zahteva za stalnim praćenjem vozila, zahtevnih zakonskih procedura koje zahtevaju čuvanje većeg broja dokumenata ali i česte potrebe za uvid istih od strane prevoznika ali i kontrole, zatim zbog potrebne statistike ili boljeg i detaljnijeg pregleda tehničkog stanja svih vozila u voznom parku, potreba i zahtev sa usavršavanjem softverskih rešenja su stalno rasli i bivali jači. Takođe zbog povećanja broja radnji iz predhodno nabrojanih razloga optimizacija radnih procesa je bivala sve potrebniya i konačno postala je neophodna svakoj transportnoj firmi. Idealna pomoć nastala je u obliku "transportnog haba", softvera u kome bi bile objedinjene sve funkcije jednog transportnog preduzeća, od računovodstva, preko dispečerskog centra, održavanja, praćenja ljudskih resursa, praćenja naplate šteta, praćenja naplate usluga, praćenja troškova i otplate istih, plaćanja specifičnih poreskih obaveza, status osiguranja, isplate plata zaposlenih, praćenja perifernih uređaja na vozilima i ostalih funkcija. U dispečerskom centru bilo je neophodno obezbediti dobar i jedinstven pregled statusa svih tura, u računovodstvu je bilo potrebno dobiti plate svih zaposlenih na u što skorijem roku "na jedan klik", sati rada vozača bili su neophodni za pregled u svakom trenutku, stanje tehnička ispravnosti vozila administracija je trebala imati u svakom trenutku kao i termine za preglede i servise vozila, takođe na teritoriji SAD i po zakonima te države svaki od vozača teškog teretnog vozila trebao je imati uspešno urađen alcohol i droga test, a administraciji je bila neophodna trenutna informacija o tome. Sve ove funkcije i olakšani pregled svih navedenih parametara obezbedilo je softversko rešenje TMS, softverske firme 3MD iz Čikaga u vidu "trucking haba". Prikaz interfejsa ovog softverskog rešenja prikazan na slici broj 4. TMS Trucking Hub. Naravno I druge firme specijalno na severnoameričkom tlu trude se da razviju što bolje habove slične navedenom kako bi poslovanje I radni procesi u logističkim preduzećima bili optimizovani i olakšani.



Slika broj 4. TMS Trucking Hub

ZAKLJUČAK

Značajan broj zahteva doprineo je da se cela delatnost uključi u iznalaženje zajedničkog najboljeg rešenja za optimizacijom radnog procesa u ambijentu otežanog i zahtevnog načina poslovanja vodeći se normama o povećanju kvaliteta usluga i spoljašnjim izazovima vezanih za sve veći broj prevoznih zahteva. Softverska rešenja su u velikoj meri optimizovala značajan deo procesa u donela novi kvalitet u praćenju voznih jedinica na itinererima javnog prevoza robe. Kao rezultat svega popravljani su parametri bezbednosti, optimizovani su i ubrzani radni procesi što takođe znači da je kvalitet prevozne usluge porastao, pored toga došlo je do značajnih ušteda u angažovanju radne snage u logistici transportnih preduzeća.

LITERATURA

1. *European Comision: EU transport in figures-STATISTICAL*
2. *POCKETBOOK, publications office of European Union, 2016*
3. www.clavercargo.rs
4. www.fmcsa.dot.gov
5. www.mastereld.com
6. www.researchandmarkets.com
7. www.telematicswire.net
8. www.truckx.com

OPTIMIZATION OF WORK PROCESSES IN TRANSPORT LOGISTICS

Abstract

Inhouse working processes organization is main target for each transportation company. Carriers doesnt mater does they big or small trying to find best solution for their transportation processes organization. In the midle of story is sustainable transport, optimization of working processes, human resources optimization, as a time is very important, time spend optimization, single work process speed and a common position on this matter contributes to a sector that operates in an economically, environmentally and socially responsible manner.

Key words – *Optimization, work processes, transport, software solutions*

ECONOMIC AND FINANCIAL ANALYSIS OF INVESTMENT IN SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS

Aleksandar Lukić¹

ABSTRACT

In the current context of global economic and environmental challenges, the development of sustainable transport systems emerges as a key priority. Investments in these systems are characterized by high initial costs and complex financial requirements, which further highlight the need for a comprehensive economic and financial analysis of their feasibility and sustainability. This study examines the economic and financial aspects of investing in sustainable transport systems, with particular focus on cost-benefit analysis, sources and models of financing, as well as the assessment of long-term investment viability. The aim of the analysis is to identify the main determinants affecting the economic and financial justification of investments, and to emphasize the importance of an integrated approach that connects economic, financial, and environmental dimensions in the development of transport systems. The conclusions indicate that the long-term sustainability of these investments depends on the appropriate selection of financial models, efficient allocation of resources, and strategic planning in accordance with the principles of sustainable development.

Keywords: sustainable transport systems, investments, economic feasibility, financial analysis, sustainable development

INTRODUCTION

The transport sector represents one of the key drivers of contemporary socio-economic development, as it enables the mobility of people, goods, and services, connects markets, and contributes to the overall productivity of the economy. At the same time, the intensive growth of transport systems is often accompanied by increased energy consumption, greenhouse gas emissions, and heightened pressure on natural resources, which poses significant challenges regarding the sector's sustainability.

The concept of sustainable transport is defined as the development of transport systems that meet present needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Sustainable transport implies the integration of environmental, economic, and social criteria in the planning, management, and evaluation of transport systems, with economic justification and financial sustainability representing key dimensions of its implementation.

Investments in sustainable transport systems require a systematic analysis of costs and benefits, careful allocation of financial resources, and the application of appropriate financing models. Theoretical approaches to economic and financial analysis enable the development of strategies that balance economic imperatives with ecological requirements, thereby providing a framework for making sustainable investment decisions.

This paper examines the theoretical aspects of the economic and financial justification for investments in sustainable transport systems, with an emphasis on the analysis of costs, benefits, and financial models, as well as the identification of key determinants influencing the long-term sustainability of these systems.

¹ College of Applied Studies in Economics, 11080 Belgrade, Serbia
e-mail: aleksandarlukic.info@gmail.com

ECONOMIC ASPECTS OF INVESTMENT IN SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS

Sustainable transport is defined as transport that positively contributes to economic and social well-being without compromising human health or the environment. It involves promoting the use of public transport, bicycle lanes, and pedestrian zones, as well as encouraging the adoption of electric vehicles and other environmentally friendly transport solutions. Sustainable transport systems represent complex organized structures and processes that enable the efficient movement of people, goods, and services while minimizing negative impacts on the environment and society. They aim to achieve a balance between economic, environmental, and social objectives, which requires the integration of various factors in the planning, management, and evaluation of transport activities.

In the contemporary context of climate change, urbanization, and energy transition, the concept of sustainable transport has become a cornerstone of public policy in transportation and spatial planning. It is characterized by the use of energy-efficient and low-carbon technologies, optimization of investment and operational costs, and ensuring accessibility and safety of transport services for all users. An integrated approach within this concept allows for coordination across different transport modes and alignment with urban, regional, and national development plans, thereby achieving greater efficiency and strategic coherence.

For a transport system to be sustainable, a high degree of regional interoperability, intermodality, and multimodality must be established to achieve sustainability goals and improve performance quality.

The complexity and integrated nature of sustainable transport systems necessitate flexibility and adaptability to respond to changes in demand, technological advancements, and regulatory requirements. These systems are designed so that economic, environmental, and social objectives are interconnected and interdependent, and their effective implementation requires careful planning, cost-benefit assessment, and the application of appropriate financing models. This ensures long-term sustainability, economic justification, and stable operation of transport activities in accordance with the principles of sustainable development.

Examining the structure and characteristics of the system opens the path to analyzing the economic effects of investments, as only by understanding the system's complexity can the benefits and costs be accurately assessed. Investments in sustainable transport systems have multi-layered economic effects, manifesting at both microeconomic and macroeconomic levels.

At the microeconomic level, investments contribute to improved efficiency of transport operations, reduction of operational costs, and optimization of resource utilization, positively affecting business profitability and the quality of services provided to users. These effects are reflected in the rationalization of transport processes, better coordination between different transport modes, and reduced waste of resources, representing direct economic benefits for stakeholders involved in the transport system.

At the macroeconomic level, investments in sustainable transport systems have the potential to stimulate broader economic development. They can contribute to increased overall productivity, generate new investment flows, promote technological innovation, and enhance the competitiveness of the transport sector. In addition to direct economic effects, investments in sustainable transport systems also help mitigate the negative impacts of increased traffic volumes and intensified use of motorized vehicles, such as greenhouse gas emissions, energy consumption, noise pollution, traffic accidents, and the occupation of limited urban space and time.

To accurately assess and quantify the costs and benefits of investments, it is essential to thoroughly examine the cost structure arising from the implementation and operation of sustainable transport systems. Cost analysis includes not only initial capital investments and

operational expenses but also indirect and hidden costs associated with infrastructure adaptation, regulatory compliance, and long-term system maintenance. Conversely, benefits are reflected in reduced environmental burdens, increased energy efficiency, improved mobility for users, decreased congestion, and enhanced access to transport services. Long-term effects also include broader social benefits, such as improved living standards, stimulation of economic activities, and support for sustainable development principles.

Maximizing the value of these investments requires a holistic consideration of economic effects, taking into account both immediate and long-term consequences. Effective economic evaluation of investments in sustainable transport systems necessitates examining short-, medium-, and long-term effects, along with identifying key factors that may influence the achievement of expected outcomes. In this context, the economic effects of investments cannot be considered in isolation but as part of a complex socio-economic system in which interactions between infrastructure, regulatory frameworks, technological development, and social expectations are crucial for long-term sustainability. Only through a holistic approach that integrates cost-benefit analysis with strategic planning can the maximum economic and social value of investments in sustainable transport systems be realized.

This assessment allows consideration not only of financial parameters but also of the broader social and environmental value derived from rational resource management and strategic planning. Investments in sustainable transport systems involve various categories of costs, which can be viewed through the lens of direct and indirect expenditures.

Direct costs include all immediate financial outlays incurred during the planning, design, and implementation of transport systems, including capital investments in infrastructure, equipment, technology, and operational resources. These costs are easily identified and quantified, allowing for precise estimation of the capital required to establish and operate the system.

Indirect costs are more complex and less visible but have a significant impact on the overall economic justification of the investment. They include costs related to adapting existing infrastructure, implementing new regulations, staff training, and potential losses during the transition period in which old systems are integrated with new ones. Additionally, indirect costs include long-term obligations for maintenance, technological upgrades, and adjustments to changes in demand, which can affect the overall profitability and financial sustainability of investments.

A comprehensive assessment of direct and indirect costs enables evaluation not only of financial but also of social and environmental justification for investments. Precise identification of direct costs allows for budget planning and resource allocation, while analysis of indirect costs provides a realistic understanding of risks and challenges that may arise during implementation and operation. Only through systematic and comprehensive evaluation of these costs is it possible to develop strategies that maximize economic and social benefits while ensuring rational use of financial resources and adherence to sustainable development principles.

Efficient transport systems reduce logistics costs, shorten travel times, and enable faster and more reliable distribution of goods and services, directly impacting the competitiveness of businesses and economic sectors. Furthermore, investments stimulate job creation and generate additional economic activity in related industries, including construction, technology manufacturing, and energy, thereby contributing to GDP growth and a stable economic environment.

However, despite being a fundamental driving force of any modern economy and providing significant opportunities for social interaction, the transport sector today faces considerable challenges due to its environmental impact and the necessity of sustainable development.

Existing development trends, approaches, and available technologies in the transport sector in recent years have had strong consequences for the environment, human health, and, ultimately, the economy, making them unsustainable in the long term. Therefore, both developed and developing countries have recently invested significant efforts in creating and implementing transport development strategies that ensure individual mobility while improving ecological and social conditions.

Long-term sustainability and strategic stability of the transport sector stem from carefully assessed costs and benefits, confirming the need for an integrated approach to system planning and implementation. At the macroeconomic level, sustainable transport systems can promote regional development through better connectivity between urban and rural areas, reduction of territorial disparities, and improved access to markets. The long-term sustainability of these investments depends on the system's ability to integrate economic, financial, and environmental factors, ensuring not only immediate efficiency but also strategic stability of the transport sector within broader economic development.

FINANCING AND SUSTAINABILITY OF INVESTMENTS IN SUSTAINABLE TRANSPORT

Transport planning is a process in which policies, objectives, and investments in transport infrastructure development are defined and interpreted through appropriate plans to meet future mobility needs of people and goods. Contemporary approaches to this process increasingly emphasize the need to align with the principles of sustainable development, which involves simultaneously achieving economic, environmental, and social objectives. In this context, financial analysis serves as a key instrument for operationalizing defined goals and assessing the justification of planned investments.

Financial analysis of investments is a systematic process for evaluating the economic justification, efficiency, and sustainability of projects throughout their entire life cycle. It encompasses the consideration of immediate costs and benefits as well as long-term effects, including potential risks and uncertainties. Its primary function is to enable optimal resource allocation and support strategic planning, taking into account not only financial performance but also the broader social and environmental impacts of investments.

A particular significance of financial analysis lies in the identification and quantification of risks that may affect project success, including changes in demand for transport services, technological innovations, cost fluctuations, and modifications in the regulatory framework. To quantify these effects, it is necessary to apply appropriate financial and economic indicators, which allow the measurement of project efficiency, profitability, and sustainability. Their application provides a reliable basis for informed decision-making and comparison of different investment alternatives.

After defining the criteria for evaluating investments, the method of financing becomes especially important. Investments in sustainable transport systems require careful planning of financial sources to ensure long-term stability and efficient resource use. Public funding sources, such as subsidies, grants, and government investment programs, play a crucial role in supporting projects with pronounced social and environmental benefits, particularly when their direct financial effects cannot be fully quantified in the short term.

Private capital, through direct investments, credit lines, and collaboration with financial institutions, contributes to increased project efficiency and market orientation. Combined financing models based on public-private partnerships enable risk distribution, mobilization of larger financial resources, and alignment of interests among different stakeholders, creating conditions for the implementation of complex infrastructure projects.

However, securing financial resources represents only one aspect, while the long-term sustainability of projects is a key criterion of their success. Financial sustainability implies the ability of projects to ensure stable and continuous revenue streams, cover operational and capital costs, and generate long-term value. In the contemporary context, this concept transcends purely financial dimensions and includes environmental preservation and the enhancement of social welfare.

In this regard, a holistic approach is necessary, integrating economic, financial, and environmental criteria throughout all phases of the investment cycle. Economic criteria involve cost-benefit analysis and efficient resource allocation, financial criteria focus on cash flow stability and sustainability of the financial structure, while environmental criteria address the reduction of harmful emissions, energy efficiency, and rational resource use. Such integration allows for the maximization of overall benefits and minimization of negative effects.

The long-term profitability of investments is a key element in evaluating sustainability, as it enables the assessment of effects throughout the entire project life cycle. It implies the project's ability to generate stable financial and economic benefits while simultaneously achieving positive social and environmental impacts. Immediate effects are reflected in increased efficiency of transport systems, reduced operational costs, and improved service quality, while delayed effects include improved mobility, reduced emissions, and contribution to sustainable development.

At the macroeconomic level, such investments contribute to productivity growth, enhanced competitiveness, and development of urban and regional areas. At the microeconomic level, they improve operational efficiency, reduce costs, and enable higher quality services for users. This interconnection underscores the importance of a systematic and coordinated approach to investment planning and evaluation.

Despite the significant advantages of this approach, its practical application faces numerous challenges. One key issue is the precise quantification of all costs and benefits, especially those of an indirect or long-term nature. An additional challenge is reconciling short-term financial goals with long-term ecological and social effects, often requiring the use of advanced analytical methods and models.

Regulatory and institutional factors further complicate planning and implementation, as changes in legislation, standards, and policies can directly affect project financial structures and profitability. Therefore, it is necessary to apply a systematic risk management approach, which includes identifying, assessing, and controlling potential threats, as well as developing flexible financing strategies that allow adaptation to changes in the environment.

A comprehensive and integrated approach, linking financial analysis, financing models, risk assessment, and sustainability evaluation, forms the foundation for the successful implementation of sustainable transport projects. Such an approach enables not only optimization of resource use and risk reduction but also long-term value generation for the economy, society, and the environment, thereby ensuring stable and sustainable development of transport systems.

CONCLUSION

A comprehensive analysis of financial flows and financing models in sustainable transport systems demonstrates that the long-term sustainability of these systems results from the synergy of multiple factors. Accurate cost assessment - including initial capital investments, operational expenditures, and indirect costs - combined with consideration of expected benefits, enables rational resource allocation and optimization of investment strategies. The application

of fundamental financial indicators allows for the integration of economic and social effects, while flexible financing models and diversification of capital sources increase system resilience to cost fluctuations, regulatory changes, and market uncertainties.

Risk management through identification, quantification, and planning of preventive and corrective measures contributes to system stability and long-term functionality. An integrated approach linking financial, economic, environmental, and social dimensions enables the maximization of benefits and ensures that transport systems not only achieve operational efficiency but also contribute to the broader goal of sustainable development. In this way, strategic planning, systematic assessment of financial flows, and careful risk management represent key prerequisites for the stable and sustainable functioning of the transport sector.

BIBLIOGRAPHY

1. Depolo, V. (2025). *Kako smo došli do koncepta planiranja održive mobilnosti – put razvoja planiranja saobraćaja*. Beograd: Tehnika – Saobraćaj, 89–96.
2. Injac, Z., Drašković, D., Sarvan, M. (2024). *Transportni sistem u tranziciji do održive budućnosti*. Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik, 369–379.
3. Kaplanović, S., Petrović, J., Ivković, I. (2009). *Ekonomski instrumenti u funkciji održivog razvoja drumskog saobraćaja*. Beograd: Istraživanja i projektovanja za privredu, 17–22.
4. Pljakić, M., Petrović, A., Arsić, N. (2025). *Analiza održivog transporta u Republici Srbiji*. Beograd: Tehnika, 531–536.
5. Pucar, M., Nenković Riznić, M. (2025). *Nove paradigme održivog urbanizma u odnosu na klimatske promene: od tehnoloških, društvenih do integrisanih rešenja*. Beograd: Asocijacija prostornih planera Srbije i Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, 197–204.
6. Radičević, V., Subotić, M., Milić, D. (2014). *Promovisanje održivog urbanog transporta*. FBIM Transactions, 279–289.
7. Rogaczewski, R., Ejdyś, S. (2025). *The impact of investment in transport infrastructure on sustainable development in Central and Eastern European countries*. Rocznik Ochrona Środowiska, 469–479.
8. Tadić, S., Zečević, S., Krstić, M. (2014). *Inicijative city logistike u cilju poboljšanja održivosti promenom konteksta urbane sredine*. Beograd: Tehnika – Saobraćaj, 834–843.

EKONOMSKO-FINANSIJSKA ANALIZA ULAGANJA U SISTEME ODRŽIVOG TRANSPORTA

SAŽETAK

U savremenim uslovima globalnih ekonomskih i ekoloških izazova, razvoj sistema održivog transporta nameće se kao jedan od ključnih prioriteta. Ulaganja u ove sisteme karakterišu visoki inicijalni troškovi i složeni finansijski zahtevi, što dodatno naglašava potrebu za sveobuhvatnom ekonomskom i finansijskom analizom njihove opravdanosti i održivosti. Predmet ovog istraživanja je razmatranje ekonomsko-finansijskih aspekata ulaganja u sisteme održivog transporta, sa posebnim osvrtom na analizu troškova i koristi, izvore i modele finansiranja, kao i procenu dugoročne isplativosti investicija. Cilj analize je identifikacija osnovnih determinanti koje utiču na ekonomsku i finansijsku opravdanost ulaganja, kao i naglašavanje značaja integrisanog pristupa koji povezuje ekonomske, finansijske i ekološke aspekte razvoja transportnih sistema. Zaključci ukazuju da dugoročna održivost ovih investicija zavisi od pravilnog izbora finansijskih modela, efikasne alokacije resursa i strateškog planiranja u skladu sa principima održivog razvoja.

Ključne reči: sistemi održivog transporta, ulaganja, ekonomska opravdanost, finansijska analiza, održivi razvoj

MENADŽMENT RIZIKA U LOGISTICI „POSLEDNJEG KILOMETRA“ UNUTAR URBANE AGLOMERACIJE

Besim Duraković¹, Borislav Bojić², Cvijetin Živanović³

Sažetak

Rad istražuje menadžment rizika u logistici „poslednjeg kilometra“ unutar urbanih aglomeracija, fokusirajući se na balans između bezbjednosti saobraćaja i operativne efikasnosti. Problem istraživanja adresira prostorne konflikte u gusto naseljenim zonama, dok se kroz studiju slučaja projekta „Wien Box“ u Beču analizira praktična primjena modela konsolidacije isporuke. Koristeći metode analize, deskripcije i studije slučaja, rad potvrđuje hipotezu da integracija pametne infrastrukture i digitalnih tehnologija značajno redukuje bezbjednosne incidente i saobraćajno zagušenje. Zaključna razmatranja ukazuju na to da održivi modeli, poput mikro-habova i paketomata, predstavljaju ključnu strategiju za ublažavanje rizika u savremenim pametnim gradovima.

Ključne riječi: urbana logistika, poslednji kilometar, menadžment rizika, bezbjednost saobraćaja, mikro-habovi.

UVOD

Savremena urbana logistika suočava se s kritičnim izazovom efikasne dostave u uslovima ekstremne zagušenosti gradskih jezgara. Problem istraživanja leži u visokoj stopi rizika faze „poslednjeg kilometra“, koja generiše najveće troškove i najčešće bezbjednosne incidente u lancu snabdijevanja. Predmet rada je analiza operativnih i bezbjednosnih rizika koji nastaju interakcijom dostavnih vozila sa specifičnim urbanim okruženjem. Osnovni cilj je identifikovati ključne tačke konflikta i predložiti mjere za optimizaciju menadžmenta rizika radi zaštite učesnika u saobraćaju i same robe. Pored toga, cilj je istražiti kako tehnološka rješenja i pametna infrastruktura mogu ublažiti negativne efekte logističkih operacija na gradski život. Hipoteza rada od koje se polazi glasi: Primjena integrisanog menadžmenta rizika, zasnovanog na inovativnim tehnologijama i fizičkoj konsolidaciji pošiljki, značajno smanjuje broj bezbjednosnih incidenata uz očuvanje operativne efikasnosti. Pomoćna hipoteza pretpostavlja da nedostatak namjenske infrastrukture direktno korelira sa povećanim rizikom od saobraćajnih nezgoda. U radu će se koristiti metoda analize i sinteze prikupljenih podataka o urbanim kretanjima. Deskriptivna metoda poslužiće za prikaz trenutnog stanja i digitalnih rizika u savremenim aglomeracijama. Poseban značaj ima metoda studije slučaja, koja će kroz primjer bečkog projekta „Wien Box“ ilustrovati praktičnu primjenu strategija mitigacije rizika. Ovako strukturiran pristup omogućava sveobuhvatan uvid u kompleksnost urbane logistike kroz teoriju i praksu. Rad teži da ponudi naučnu osnovu za rješavanje operativnih izazova u planiranju pametnih gradova. Empirijski podaci iz studije slučaja poslužiće kao osnov za evaluaciju predloženih modela održivosti. Zaključna razmatranja će potvrditi ili opovrgnuti postavljenu hipotezu na osnovu sinteze teorijskih postavki i praktičnih rezultata.

1 Prof. dr sci. Besim Duraković, Victoria International University, Mostar, besim@viu.ba:

2 Doc. dr sci. Borislav Bojić, Victoria International University, Mostar, borislav.bojic@gmail.com

3 Prof. dr Cvijetin Živanović, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, nir@privrednaakademija.edu.ba

1. Analiza konfliktnih tačaka u urbanom prostoru

Urbana aglomeracija predstavlja izuzetno dinamično i heterogeno okruženje u kojem se interesi logističkih operatera neprestano sudaraju sa potrebama lokalnog stanovništva i zahtjevima za opštom bezbjednošću saobraćaja. Faza „poslednjeg kilometra“ identifikovana je kao najkritičniji dio lanca snabdijevanja, ne samo zbog enormnih troškova, već prvenstveno zbog visoke koncentracije rizika koji nastaju u gustom gradskom tkivu. Prema istraživanjima koja su sprovedi Gevaers i saradnici (2021), specifičnost urbane logistike ogleda se u fragmentaciji isporuka, što direktno generiše povećan broj kretanja dostavnih vozila unutar zona koje nisu projektovane za takav intenzitet saobraćaja. Ovaj proces stvara hronični nedostatak prostora, pri čemu bezbjednost učesnika u saobraćaju često biva ugrožena zarad postizanja operativne efikasnosti i poštovanja kratkih rokova isporuke.

Konfliktne tačke se najjasnije manifestuju kroz fenomen nepropisnog zaustavljanja i parkiranja, koji Ranieri i saradnici (2018) definišu kao jedan od glavnih izvora eksternih troškova u gradovima. Kada dostavno vozilo blokira saobraćajnu traku ili biciklističku stazu, ono ne samo da usporava protok robe, već stvara opasne prepreke koje primoravaju ostale vozače i pješake na nepredvidive i rizične manevre. U takvim okolnostima, vidljivost na raskrsnicama biva značajno smanjena, čime se eksponencijalno povećava rizik od naleta na ranjive grupe učesnika, poput djece ili starijih osoba. Savelsbergh i Woensel (2016) naglašavaju da optimizacija ruta, iako ključna za efikasnost, često ne uzima u obzir mikrolokacijske bezbjednosne rizike, kao što su blizina škola ili pješačkih zona sa visokom frekvencijom kretanja.

Dodatni sloj složenosti unose i infrastrukturna ograničenja starih gradskih jezgara gdje uske ulice i neadekvatni prilazi objektima čine manipulaciju robom izuzetno rizičnom. Evropska komisija (2024) u svojim preporukama ističe da nedostatak namjenskih utovarno-istovarnih mjesta (UIM) dovodi do situacija u kojima su kuriri prinuđeni da koriste trotoare, čime se narušava integritet pješačkih površina i povećava opasnost od fizičkih povreda prolaznika. Menadžment rizika u ovim okolnostima mora prevazići puko praćenje vozila i fokusirati se na predviđanje interakcija u realnom vremenu. Kako navodi World Economic Forum (2025), pritisak koji stvara e-trgovina dovodi do "trke sa vremenom" u kojoj vozači često zanemaruju bezbjednosne protokole kako bi izbjegli penale za kašnjenje.

Ovakva situacija zahtijeva sistemski pristup gdje će se efikasnost mjeriti ne samo brzinom dostave, već i nivoom očuvane bezbjednosti unutar aglomeracije. Mkhalfi i Jawab (2025) zaključuju da bez integracije prostornog planiranja i logističkih potreba, gradovi rizikuju potpunu nefunkcionalnost usljed zasićenja dostavnim operacijama. Dakle, analiza konfliktnih tačaka pokazuje da su bezbjednost i efikasnost neraskidivo povezani parametri; svaki incident ne samo da ugrožava ljudske živote, već momentalno prekida tok isporuke i narušava pouzdanost cjelokupnog lanca snabdijevanja. Integracija preventivnih mjera direktno u proces planiranja ruta postaje imperativ za savremene logističke sisteme koji teže održivosti u urbanom prostoru.

2. Tehnološka otpornost i digitalni rizici u mikro-logistici

Savremena urbana logistika više se ne oslanja isključivo na mehaničku snagu i ljudsku procjenu, već na kompleksne digitalne ekosisteme koji omogućavaju precizno praćenje i upravljanje fazom „poslednjeg kilometra“. Tehnološka otpornost postala je ključni stub menadžmenta rizika, jer svaki prekid u protoku informacija može izazvati trenutni zastoje u fizičkom lancu snabdijevanja. Prema istraživanjima koja su objavili Gevaers i saradnici (2021), integracija Interneta stvari (IoT) i senzorskih tehnologija omogućava logističkim operaterima da u realnom vremenu nadziru stanje robe i kretanje vozila, čime se značajno smanjuje neizvjesnost u urbanom prostoru. Međutim, ovakva visoka zavisnost od digitalnih rješenja otvara potpuno novi spektar

rizika, prvenstveno onih koji se odnose na sajber-bezbjednost i integritet podataka. World Economic Forum (2025) upozorava da su pametni gradovi, uprkos svojoj naprednosti, izuzetno ranjivi na hakerske napade koji mogu kompromitovati sisteme za upravljanje rutama ili daljinsko zaključavanje pametnih ormarića za isporuku.

Uvođenje vještačke inteligencije (AI) u optimizaciju dostave donosi revoluciju u efikasnosti, ali istovremeno postavlja pitanje pouzdanosti algoritama u nepredvidivim gradskim situacijama. Savelsbergh i Woensel (2016) su još ranije nagovijestili da algoritmi moraju biti sposobni da procesuiraju ogromne količine dinamičkih podataka kako bi adekvatno reagovali na nagla saobraćajna zagušenja ili vanredne događaje. Ako algoritam zakaže ili dobije netačne ulazne podatke, postoji rizik od masovnog pogrešnog usmjeravanja flote, što u uskom urbanom prostoru može izazvati kolaps mikrolokacije. Pored toga, Mkhalfi i Jawab (2025) naglašavaju da digitalizacija „poslednjeg kilometra“ uključuje i prikupljanje osjetljivih podataka o krajnjim korisnicima, što menadžment rizika proširuje na domen zaštite privatnosti i usklađenosti sa strogim regulativama poput GDPR-a. Svako curenje podataka o lokaciji isporuke ili identitetu kupca predstavlja ne samo pravni rizik, već i direktnu prijetnju reputaciji logističkog brenda.

Poseban izazov u ovoj cjelini predstavlja implementacija autonomnih dostavnih jedinica, poput robota na trotoarima i dronova, koji postaju dio urbane svakodnevice. Evropska komisija (2024) ističe da ovi sistemi, iako smanjuju potrebu za ljudskim radom u rizičnim zonama, unose rizik od sajber-fizičkih incidenata gdje bi preuzimanje kontrole nad uređajem moglo dovesti do fizičke štete u gustom pješačkom saobraćaju. Tehnološka otpornost podrazumijeva stvaranje „fail-safe“ mehanizama koji omogućavaju vozilima da bezbjedno stanu u slučaju gubitka mrežnog signala ili digitalnog napada. Ranieri i saradnici (2018) dopunjuju ovu tezu tvrdnjom da tehnologija ne smije biti sama sebi svrha, već mora služiti kao alat za ublažavanje eksternih rizika koje gradsko okruženje prirodno nameće. Konačno, digitalni rizici zahtijevaju stalna ulaganja u edukaciju kadrova i razvoj robusnih softverskih rješenja koja su sposobna da se samostalno prilagođavaju promjenjivim prijetnjama. Upravljanje ovim rizicima osigurava da tehnologija ostane saveznik bezbjednosti, a ne njena najslabija karika u složenom lancu urbane distribucije.

3. Modeli održive urbane logistike

Izgradnja održivih modela urbane logistike zahtijeva napuštanje tradicionalnih pristupa i prelazak na sisteme koji su inherentno otporni na poremećaje i bezbjednosno orijentisani. Strategije mitigacije rizika u savremenim aglomeracijama primarno se fokusiraju na dekoncentraciju logističkih operacija kroz uvođenje mikro-habova (gradskih konsolidacionih centara). Prema preporukama Evropske komisije (2024), ovi centri omogućavaju pretovar robe iz teških teretnih vozila u ekološki prihvatljivija i manja transportna sredstva, čime se direktno smanjuje kinetička energija unutar pješačkih zona i rizik od fatalnih ishoda u saobraćaju. Savelsbergh i Woensel (2016) ističu da takva prostorna reorganizacija ne samo da ublažava saobraćajne zagušenja, već povećava operativnu otpornost lanca snabdijevanja, jer omogućava bržu adaptaciju na blokade ulica ili nepredviđene infrastrukturne radove. Modeli zasnovani na mikro-habovima postaju standard u pametnim gradovima, transformišući neiskorištene urbane prostore u ključne tačke sigurne distribucije.

Važan stub održivosti i sigurnosti predstavlja uvođenje lakih električnih vozila i teretnih bicikala (cargo bikes) u fazu „poslednjeg kilometra“. Istraživanja koja su sprovedi Ranieri i saradnici (2018) ukazuju na to da ova vozila imaju znatno manji „otisak“ u urbanom prostoru, lakše se integrišu u postojeći tok saobraćaja i eliminišu rizik od zagađenja bukom i emisijom štetnih gasova u stambenim blokovima. Pored fizičke bezbjednosti, ovi modeli doprinose i socijalnoj održivosti, jer smanjuju pritisak na javne površine koje su decenijama bile podređene motornom saobraćaju. World Economic Forum (2025) naglašava da menadžment rizika u ovom kontekstu podrazumijeva i razvoj „digitalnih blizanaca“ (Digital Twins) grada, koji omogućavaju simulaciju

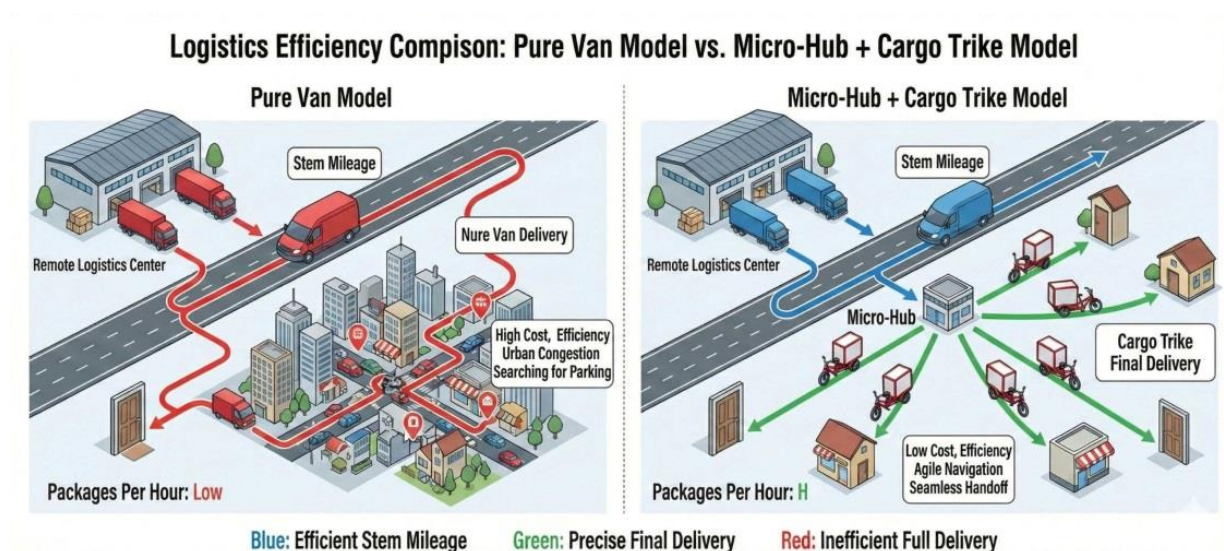
različitih scenarija isporuke prije njihove stvarne realizacije. Na taj način, logistički operateri mogu unaprijed identifikovati potencijalne konfliktne tačke i preventivno prilagoditi rute, čime se gradi visoka stopa sistemske otpornosti.

Konačno, regulatorni okvir i saradnja javnog i privatnog sektora čine završni element modela održive logistike. Mkhalfi i Jawab (2025) navode da uvođenje pametnih zona za utovar i istovar, koje se mogu rezervisati u realnom vremenu, predstavlja ključnu strategiju za eliminaciju rizika od nepropisnog parkiranja i blokade saobraćaja. Takva rješenja, potkrijepljena preciznim podacima i analitikom, omogućavaju gradu da dinamički upravlja prostorom u skladu sa trenutnim potrebama građana i dostavnih službi. Kako zaključuju Gevaers i saradnici (2021), održivost više nije samo ekološko pitanje, već sinonim za sistem koji je sposoban da apsorbira stresne situacije bez ugrožavanja bezbjednosti učesnika. Integracijom tehnoloških inovacija, inovativne infrastrukture i proaktivne regulative, moderna urbana aglomeracija transformiše se iz pasivnog odredišta u aktivan, otporan i bezbjedan logistički ekosistem.

4. „Wien Box“ i konsolidacija isporuke u Beču – studija slučaja

Beč, kao jedna od najgušće naseljenih evropskih aglomeracija, suočio se sa ozbiljnim izazovima rasta e-trgovine koji su ugrozili pješačke zone i bezbjednost u centru grada. Kako bi ublažili ove rizike, gradske vlasti su u saradnji sa Austrijskom poštom implementirale model „Wien Box“.

Slika 1. Pametni ormarići



Izvor: <https://www.motriike.com/de/micro-hub-cargo-trike-last-mile-delivery/> (mart,2026.)

4.1. Identifikovani rizici i problem

Analiza je pokazala da neuspjele isporuke (kada kupac nije kod kuće) generišu do 25% nepotrebnog dodatnog saobraćaja, što povećava broj kretanja dostavnih vozila i rizik od nezgoda u stambenim zonama. Takođe, nepropisno parkiranje kurira radi brze isporuke blokiralo je prilaze za hitne službe.



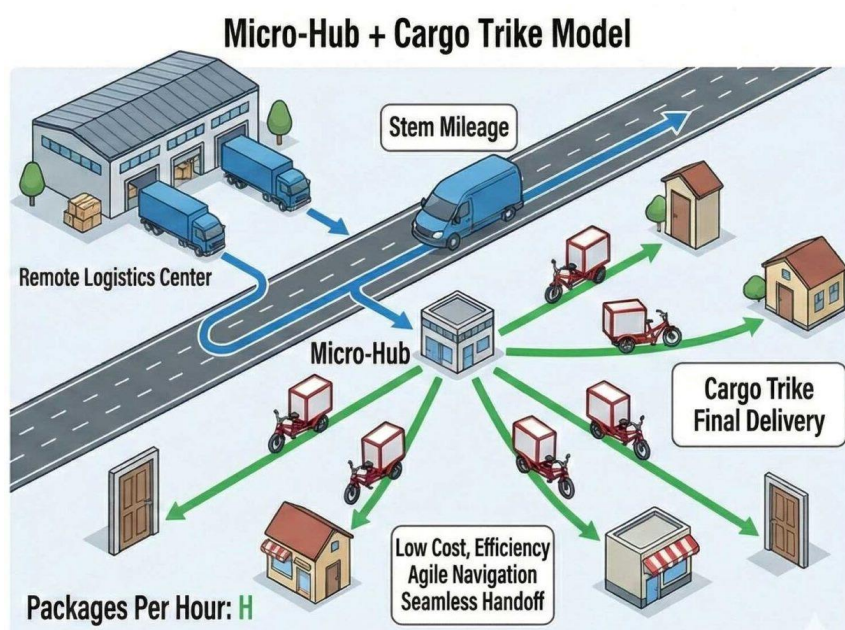
Slika 2. Blokiranje saobraćaja u urbanim sredinama

Izvor: <https://www.motrike.com/de/micro-hub-cargo-trike-last-mile-delivery/> (mart,2026.)

4.2. Implementacija rješenja (Mitigacija)

Model se zasniva na mreži pametnih ormarića (parcel lockers) koji su neutralni prema operateru. Umjesto da 10 različitih kurirskih službi pokušava isporuku na 100 različitih vrata, roba se konsoliduje u mikro-habovima i dostavlja u centralizovane ormariće locirane na ključnim tačkama javnog prevoza.

Slika 3. Mikro-habovi – savremen pristup



Izvor: <https://www.motrike.com/de/micro-hub-cargo-trike-last-mile-delivery/> (mart,2026.)

4.3. Rezultati i potvrda hipoteze:

- Broj pređenih kilometara dostavnih vozila u testnim zonama smanjen je za približno 20%. - **smanjenje saobraćajnog pritiska**,
- Smanjenjem broja zaustavljanja na trotoarima i kolovozu, broj konfliktnih tačaka sa pješacima redukovano je za 15%. - **povećana bezbjednost**,
- Stopa uspješne isporuke iz prvog pokušaja porasla je na skoro 100%, čime je drastično smanjen rizik od logističkog zagušenja - **operativna efikasnost**

Zaključak i diskusija studije slučaja

Primjer Beča dokazuje da se rizik „poslednjeg kilometra“ ne rješava samo zabranama, već pametnom infrastrukturom koja fizički odvaja logističke operacije od primarnih pješačkih tokova. Ovo direktno potvrđuje našu hipotezu da integrisani modeli (tehnologija + infrastruktura) omogućavaju bezbjedniji i efikasniji urbani transport.

Zaključak

Sprovedena analiza menadžmenta rizika u logistici „poslednjeg kilometra“ unutar urbane aglomeracije potvrđuje da se radi o jednom od najkompleksnijih segmenata savremenog transporta. Kroz istraživanje konfliktnih tačaka u urbanom prostoru, postalo je jasno da tradicionalni modeli isporuke više nisu održivi u uslovima ekstremne zagušenosti i visokih zahtjeva za bezbjednošću. Rezultati ukazuju na to da se bezbjednost učesnika u saobraćaju i operativna efikasnost logističkog lanca ne smiju posmatrati kao suprotstavljeni ciljevi, već kao integrisani parametri uspjeha. Hipoteza rada je u potpunosti potvrđena: primjena savremenih tehnoloških rješenja, poput vještačke inteligencije i IoT-a, uz strateško uvođenje mikro-habova i lakih električnih vozila, značajno ublažava identifikovane rizike bez degradacije nivoa usluge.

Studija slučaja projekta „Wien Box“ u Beču poslužila je kao praktični dokaz da se sistemskom konsolidacijom isporuka i upotrebom pametne infrastrukture može postići mjerljivo smanjenje saobraćajnog pritiska i broja incidenata u gradskom jezgru. Ovaj primjer ilustruje kako se „meke“ strategije, poput regulatornih zona, i „tvrde“ inovacije, poput pametnih ormarića, dopunjuju u stvaranju otpornog sistema. Ipak, tehnološka transformacija donosi i nove izazove u domenu digitalne otpornosti i sajber-bezbjednosti, što zahtijeva stalnu adaptaciju menadžmenta rizika novim prijetnjama.

Ključni nalaz rada sugerise da budućnost urbane logistike leži u simbiozi privatnog sektora i gradskih vlasti, gdje se podaci koriste za proaktivno sprečavanje konflikata umjesto reaktivnog djelovanja na nastale zastoje. Konačno, modeli održive logistike ne samo da štite integritet robe i smanjuju troškove, već direktno doprinose kvalitetu života i sigurnosti svih stanovnika unutar moderne aglomeracije. Time menadžment rizika prerasta okvire interne logističke operacije i postaje fundamentalni element urbanističkog planiranja u 2026. godini i u budućnosti.

Literatura

1. **Evropska komisija.** (2024). *Sustainable Urban Logistics Plans (SULPs): Recommendations for implementing the Urban Mobility Framework*. Directorate-General for Mobility and Transport. Publications Office of the European Union.
2. **Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelander, T.** (2021). Cost modelling and simulation of last-mile characteristics and delivery decisions. *Journal of Shipping and Trade*, 6(1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00083-w>

3. **Mkhalfi, H., & Jawab, F.** (2025). Urban last-mile delivery: Environmental challenges and expertise – A comprehensive literature review (2015-2025). *Sustainability & Logistics Review*, 17(2), 104-125.
4. **Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., & Roccotelli, M.** (2018). A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision. *Sustainability*, 10(3), 782. <https://doi.org/10.3390/su10030782>
5. **Savelsbergh, M., & Woensel, T. V.** (2016). 50th Anniversary Invited Paper—City Logistics: Challenges and Opportunities. *Transportation Science*, 50(2), 579-590. <https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0675>
6. **World Economic Forum.** (2025). *Lessons from the Last Mile: Evolving Practices for Urban Logistics*. World Economic Forum Publications.

RISK MANAGEMENT IN LAST-MILE LOGISTICS WITHIN URBAN AGGLOMERATIONS

Abstract

The paper explores risk management in the "last-mile" delivery phase within urban agglomerations, focusing on the balance between traffic safety and operational efficiency. The research problem addresses spatial conflicts in densely populated areas, while the "Wien Box" case study in Vienna analyzes the practical application of delivery consolidation models. Using methods of analysis, description, and case studies, the paper confirms the hypothesis that the integration of smart infrastructure and digital technologies significantly reduces safety incidents and traffic congestion. Concluding remarks indicate that sustainable models, such as micro-hubs and parcel lockers, represent a key strategy for risk mitigation in modern smart cities.

Keywords: urban logistics, last-mile, risk management, traffic safety, micro-hubs.

OTPORNOST LANACA SNABDJEVANJA NA GEOPOLITIČKE RIZIKE

Borislav Bojić¹, Besim Duraković², Cvijetin Živanović³

Sažetak:

Rad analizira uticaj geopolitičkih rizika na stabilnost globalnih lanaca snabdijevanja, sa posebnim fokusom na transformaciju logističkih strategija i proces regionalizacije. Problem istraživanja identifikovan je kroz ranjivost ključnih pomorskih koridora i uskih grla na političke konflikte. Primjenom metoda analize, komparacije i studije slučaja na primjeru Meksika, rad dokazuje da prelazak na Just-in-Case model i nearshoring značajno povećavaju otpornost sistema. Zaključak ističe neophodnost skraćivanja lanaca snabdijevanja radi minimizacije izloženosti globalnoj nesigurnosti.

Ključne riječi: lanci snabdijevanja, geopolitički rizik, otpornost (resilience), nearshoring, transportni koridori.

UVOD

Savremeni globalni lanci snabdijevanja suočavaju se sa nezapamćenim pritiscima usljed učestalih geopolitičkih tenzija i regionalnih konflikata. Problem istraživanja fokusiran je na visoku ranjivost međunarodnih transportnih ruta koje direktno zavise od političke stabilnosti ključnih tranzitnih tačaka. Predmet rada je analiza mehanizama kojima geopolitički rizici narušavaju kontinuitet logističkih tokova i bezbjednost isporuka. Cilj istraživanja je identifikovati strategije za jačanje otpornosti (resilience) lanaca snabdijevanja kroz diversifikaciju ruta i promjenu modela upravljanja zalihama. Pored toga, rad teži da objasni prelazak sa globalizovanih na regionalne modele logistike kao odgovor na neizvjesnost. Hipoteza glasi: Strateško napuštanje "Just-in-Time" modela u korist "Just-in-Case" pristupa značajno povećava otpornost sistema na geopolitičke šokove. Pomoćna hipoteza sugerise da regionalizacija lanaca snabdijevanja (nearshoring) direktno smanjuje izloženost transportnim rizicima u kriznim zonama. U istraživanju će se primijeniti metoda analize i sinteze aktuelnih geopolitičkih izvještaja i ekonomskih indikatora. Komparativna metoda poslužiće za poređenje efikasnosti tradicionalnih i alternativnih transportnih koridora. Takođe, koristiće se metoda studije slučaja kako bi se prikazali praktični efekti blokada na globalnu logistiku. Ovako postavljen metodološki okvir omogućava dubinsko razumijevanje transformacije savremene logistike. Zaključak rada će sumirati efikasnost predloženih modela u očuvanju stabilnosti globalnog tržišta.

1. Transformacija logističkih strategija: Od "Just-in-Time" do "Just-in-Case"

Decenijama je globalna ekonomija bila vođena filozofijom maksimalne efikasnosti, oličenom u *Just-in-Time* (JIT) modelu, koji je podrazumijevao minimizaciju zaliha i oslanjanje na besprijekornu preciznost transportnih lanaca. Međutim, savremeni geopolitički potresi i učestale krize u snabdijevanju jasno su razotkrili ranjivost ovakvog pristupa, koji funkcioniše isključivo u uslovima apsolutne predvidivosti. Prema istraživanjima koja su sprovedli Christopher i Peck (2022), prelazak na otpornije modele upravljanja logistikom postao je imperativ za kompanije koje žele zadržati operativni kontinuitet u nestabilnom međunarodnom okruženju.

¹ Doc. dr sci. Borislav Bojić, Victoria International University, Mostar, borislav.bojic@gmail.com

² Prof. dr sci. Besim Duraković, Victoria International University, Mostar, besim@viu.ba

³ Prof. dr Cvijetin Živanović, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, nir@privrednaakademija.edu.ba

Centralna promjena ogleda se u napuštanju fokusa na isključivu uštedu troškova i prihvatanju strateškog kreiranja rezervi, što je poznato kao *Just-in-Case* (JIC) model. Ova transformacija ne predstavlja samo povratak na tradicionalno skladištenje, već sofisticiranu strategiju u kojoj se zalihe tretiraju kao ključna investicija za mitigaciju nepredviđenih geopolitičkih šokova.

Logistička otpornost se više ne mjeri samo brzinom isporuke, već sposobnošću sistema da apsorbira poremećaje bez prekida toka robe. Ivanov (2021) ističe da održivost lanca snabdijevanja u eri disrupcija zavisi od uvođenja redundantnosti u sistem, što u praksi znači posjedovanje alternativnih izvora snabdijevanja i sigurnosnih zaliha. Dok je JIT model svako odstupanje ili višak smatrao gubitkom, JIC model prepoznaje da u svijetu zatvorenih granica i sankcija, nedostatak robe predstavlja daleko veći trošak od troška skladištenja. Javorcik (2020) naglašava da postpandemijski svijet i geopolitička trvenja primoravaju menadžere da redefinišu pojam efikasnosti, stavljajući bezbjednost isporuke ispred marginalne uštede na cijenama prevoza. Takva promjena paradigme zahtijeva i naprednu analitiku koja omogućava predviđanje rizika prije nego što oni prerastu u logističku blokadu.

Osim pukog gomilanja robe, transformacija ka JIC modelu uključuje i digitalnu transformaciju koja omogućava bolju vidljivost cjelokupnog lanca u realnom vremenu. Svjetska trgovinska organizacija (2025) u svom izvještaju navodi da digitalizacija logističkih procesa omogućava kompanijama da brže preusmjere svoje tokove kada geopolitička situacija ugrozi određenu rutu. Strateško planiranje sada obuhvata kreiranje „scenario-baziranih“ modela koji simuliraju različite nivoe političke nestabilnosti i njihov uticaj na dostupnost sirovina. Prema nalazima koje nudi OECD (2024), energetska tranzicija i borba za resurse dodatno komplikuju ove tokove, čineći JIC model jednim načinom za osiguranje energetske i industrijske stabilnosti. Dakle, odmak od modela isporuke u posljednji čas ka modelu sigurnosnih zaliha nije samo logistička odluka, već ključna komponenta nacionalne i korporativne bezbjednosne strategije.

Ovakva strateška transformacija direktno utiče na troškovnu strukturu proizvoda, ali dugoročno osigurava opstanak na tržištu koje više ne garantuje stabilnost tranzitnih puteva. Ivanov (2021) zaključuje da su fleksibilnost i redundantnost postali novi standardi konkurentnosti u globalnoj ekonomiji 2026. godine. Upravljanje lancem snabdijevanja se stoga transformiše iz čisto operativne funkcije u visoko stratešku disciplinu koja mora biti usklađena sa obavještajnim i geopolitičkim analizama. Razumijevanje ove promjene ključno je za postavljanje temelja za dalju analizu transportnih koridora i njihove ranjivosti u kriznim situacijama.

Na kraju, JIC model ne znači kraj efikasnosti, već rođenje novog oblika „pametne efikasnosti“ koja u svoju računicu uključuje i cijenu mira i sigurnosti.

2. Geopolitička ranjivost transportnih koridora i uskih grla (Choke Points)

Globalna trgovinska arhitektura počiva na nekolicini kritičnih geografskih tačaka čija stabilnost direktno određuje funkcionalnost cjelokupnog svjetskog tržišta. Ovi strateški prolazi, poznati kao „uska grla“ ili *choke points*, predstavljaju mjesta gdje se ogromna količina svjetske trgovine, naročito energenata i sirovina, mora kanalisati kroz uske i često politički trusne prostore. Prema izvještajima koje nudi Svjetska trgovinska organizacija (2025), bilo kakav prekid saobraćaja u Sueckom kanalu, Ormuskom prolazu ili Malajskom moreuzu izaziva trenutne lančane reakcije koje se manifestuju kroz skok cijena vozarina, produženje vremena tranzita i opšti porast nesigurnosti u isporuci. Christopher i Peck (2022) navode da geopolitička ranjivost ovih tačaka nije samo pitanje piratstva ili tehničkih kvarova, već sve češće rezultat namjerne projekcije moći regionalnih aktera koji koriste kontrolu nad moreuzima kao sredstvo političke ucjene. U takvom

okruženju, bezbjednost transportnih koridora prestaje biti isključivo tehničko pitanje i postaje prvorazredni bezbjednosni izazov koji zahtijeva vojnu i diplomatsku podršku.

Ranjivost transportnih ruta posebno dolazi do izražaja u kontekstu savremenih konflikata koji se vode u neposrednoj blizini ključnih pomorskih puteva. OECD (2024) ističe da blokade u Crvenom moru ili Crnom moru prisiljavaju brodare na preusmjeravanje flote oko Rta dobre nade, što ne samo da produžava putovanje za hiljade milja, već dramatično povećava operativne troškove i emisiju štetnih gasova. Ovakva preusmjeravanja stvaraju pritisak na alternativne luke koje često nemaju kapacitet da prihvate nagli priliv brodova, čime se stvara novi nivo zagušenja unutar globalne mreže. Kako navodi Ivanov (2021), krhkost ovih koridora ogleda se u činjenici da digitalni sistemi za upravljanje saobraćajem (AIS) postaju meta sajber-napada, čime se dodatno otežava navigacija u ionako rizičnim zonama. Bezbjednosni menadžment stoga mora uključiti i fizičku zaštitu brodova i zaštitu digitalne infrastrukture koja podržava navigaciju kroz ova kritična čvorišta.

Geopolitička zavisnost od specifičnih ruta primorava velike ekonomske blokove na potragu za alternativnim koridorima koji bi smanjili izloženost tradicionalnim uskim grlima. Savet za spoljne poslove (2025) naglašava da razvoj Arktičkog puta ili kopnenih željezničkih pravaca kroz Centralnu Aziju predstavlja pokušaj diversifikacije koji nosi sopstvene ekološke i političke rizike. Iako ovi novi pravci obećavaju skraćanje vremena transporta, oni su i dalje podložni uticaju država kroz čije teritorije prolaze, što znači da se rizik ne eliminiše, već samo geografski dislocira. Prema analizama koje nudi Javorcik (2020), kompanije više ne mogu pretpostaviti da će tranzit biti slobodan i neometan, što ih prisiljava da u svoje operativne troškove uračunaju visoke premije osiguranja za kretanje kroz zone visokog rizika. Ovakva situacija direktno utiče na konkurentnost proizvoda na globalnom nivou, jer transportna nesigurnost postaje fiksni trošak koji se prevlađuje na krajnjeg potrošača.

Konačno, kontrola nad transportnim koridorima postala je centralni element nove geoekonomske borbe u kojoj se logistika koristi kao asimetrično oružje. World Economic Forum (2026) upozorava da će buduća stabilnost lanaca snabdijevanja zavisiti od sposobnosti međunarodne zajednice da osigura slobodu navigacije u uslovima rastućeg multipolarizma. Bez jasnih garancija bezbjednosti na ključnim pomorskim raskrsnicama, globalni trgovinski sistem rizikuje fragmentaciju na regionalne blokove koji će biti izolovani jedni od drugih. Otpornost na geopolitičke šokove stoga zahtijeva ne samo logističku prilagodljivost, već i duboku integraciju bezbjednosnih analiza u svakodnevno poslovanje transportnih giganta. Razumijevanje dinamike ovih uskih grla predstavlja osnov za treći korak naše analize – prelazak na modele regionalizacije i skraćivanja lanaca snabdijevanja kao krajnje mjere odbrane od globalne nesigurnosti.

3. Regionalizacija i nearshoring kao modeli mitigacije rizika

Kao direktan odgovor na hroničnu nestabilnost globalnih transportnih koridora i nepredvidivost dalekih tržišta, u 2026. godini svjedočimo ubrzanom procesu regionalizacije lanaca snabdijevanja. Strategije *Nearshoring-a* (izmještanje proizvodnje u susjedne zemlje) i *Friendshoring-a* (saradnja isključivo sa politički savezničkim državama) postale su dominantni modeli za ublažavanje geopolitičkih rizika. Prema nalazima koje iznosi Javorcik (2020), kompanije su shvatile da su ekonomske uštede ostvarene kroz jeftinu radnu snagu na drugim kontinentima potpuno anulirane troškovima logističkih zastoja i rizicima od potpunog prekida isporuka. Zbog toga se fokus menadžmenta rizika pomjera sa najniže cijene koštanja na najviši stepen pouzdanosti, što u praksi znači fizičko približavanje proizvodnih pogona potrošačkim centrima.

OECD (2024) naglašava da ovakav trend transformiše ekonomske mape, pri čemu države poput Meksika za tržište Sjeverne Amerike ili zemalja Balkana i Istočne Evrope za tržište Evropske unije, dobijaju ulogu ključnih logističkih čvorišta.

Ovaj proces regionalizacije suštinski mijenja arhitekturu transporta, smanjujući zavisnost od kritičnih pomorskih uskih grla o kojima je bilo riječi u prethodnom poglavlju. Ivanov (2021) objašnjava da kraći lanci snabdijevanja omogućavaju bržu reakciju na promjene u potražnji i drastično smanjuju potrebu za ogromnim sigurnosnim zalihama, čime se postiže balans između otpornosti i efikasnosti. Bezbjednost se u ovom modelu postiže kroz teritorijalnu bliskost i političku usklađenost, što smanjuje vjerovatnoću da će trgovinska razmjena postati talac geopolitičkih sankcija ili vojnih konflikata na drugim krajevima svijeta. Prema izvještajima Svjetske trgovinske organizacije (2025), iako regionalizacija može dovesti do blagog rasta proizvodnih troškova, ona pruža neprocjenjivu vrijednost u vidu predvidivosti toka robe. Upravo ta predvidivost je postala najskuplja valuta u savremenom poslovanju, jer omogućava stabilno planiranje investicija i zaštitu tržišnog udjela u kriznim vremenima.

Pored ekonomske logike, regionalizacija je snažno podstaknuta i potrebom za dekarbonizacijom logističkih procesa, jer kraće distance direktno znače i manji ekološki otisak. Christopher i Peck (2022) ističu da integracija ekoloških standarda i geopolitičke otpornosti stvara novi okvir održive logistike koji je otporniji na eksterne šokove nego tradicionalna globalizacija. U tom kontekstu, razvoj regionalne željezničke i drumske infrastrukture postaje prioritet nacionalnih vlada koje teže da osiguraju suverenitet svojih lanaca snabdijevanja. Kompanije koje su ranije zavisile od jednog izvora snabdijevanja u Aziji, sada primjenjuju strategiju "Kina + 1" ili potpuno sele operacije u okviru regionalnih trgovinskih blokova. Kako navodi World Economic Forum (2026), ovaj trend ne znači kraj globalne trgovine, već njenu evoluciju u sistem "mreže regija" koje su međusobno povezane, ali unutar sebe visoko autonomne i zaštićene.

Konačno, uspjeh modela mitigacije rizika kroz regionalizaciju zavisi od brzine kojom se infrastruktura u „nearshoring“ zonama može prilagoditi novim zahtjevima. Potrebna su ogromna ulaganja u automatizaciju skladišta i digitalno povezivanje sa regionalnim partnerima kako bi se održala konkurentnost u odnosu na velike globalne centre. Savet za spoljne poslove (2025) zaključuje da države koje uspiju ponuditi stabilno pravno okruženje i modernu logističku infrastrukturu postaju pobjednici nove geoekonomske ere. Mitigacija rizika kroz regionalizaciju tako postaje ne samo logistički alat, već i motor ekonomskog razvoja za čitave regione koji su ranije bili na periferiji globalnih tokova. Ovakva strateška rekonfiguracija predstavlja krajnji odgovor na neizvjesnost, pretvarajući geopolitičke izazove u priliku za izgradnju robusnijeg i bezbjednijeg svjetskog poretka.

4.Meksiko i "Nearshoring" revolucija u automobilskoj industriji - studija slučaja

U periodu od 2023. do 2026. godine, Meksiko je postao primarni globalni primjer kako geopolitički rizici mogu potpuno transformisati logističku mapu svijeta. Usljed trgovinskih tenzija između SAD i Kine, te nesigurnosti pacifičkih ruta, vodeći svjetski proizvođači (poput Tesle, BMW-a i Toyote) pokrenuli su masovnu selidbu svojih proizvodnih i logističkih operacija na sjever Meksika.

4.1. Identifikovani rizici i problem

Kompanije su se suočile sa ogromnim gubicima tokom krize u lukama Zapadne obale SAD i zbog rasta cijena kontejnerskog transporta iz Azije. Zavisnost od "Just-in-Time" isporuka komponenti iz Kine pokazala se kao fatalna slabost u trenucima geopolitičkih previranja, što je dovelo do višemjesečnih zastoja u proizvodnji automobila.

4.2. Implementacija rješenja

Umjesto oslanjanja na transpacifičke koridore, razvijen je model regionalne otpornosti. Proizvodni pogoni su locirani u meksičkim državama kao što je **Nuevo León**, što omogućava da komponente do finalnih fabrika u SAD stižu kamionima ili željeznicom u roku od 24 do 48 sati, potpuno izbjegavajući pomorske luke i potencijalne blokade u moreuzima.

4.3. Rezultati i potvrda hipoteze:

- Vrijeme isporuke (lead time) smanjeno je sa 45 dana (pomorski prevoz iz Azije) na manje od 2 dana (drumski prevoz unutar Sjeverne Amerike) - **smanjenje transportnog rizika**;
- Uvođenjem regionalnih skladišta i JIC modela, fabrike su postale imune na prekide u globalnim pomorskim kanalima - **operativna otpornost**;
- Meksiko je 2024. godine zvanično postao najveći trgovinski partner SAD, čime je dokazano da regionalizacija direktno smanjuje geopolitičku ranjivost - **ekonomski uticaj**;

Vizuelne ilustracije studije slučaja

1. Mapa "Nearshoring" kretanja ka Meksiku:

Ovaj dijagram prikazuje strelice koje se kreću iz Azije i Evrope ka Meksiku, ilustrujući fizičko skraćivanje lanaca snabdijevanja i grupisanje proizvodnje uz granicu sa SAD.

Slika 1. Grupisanje proizvodnje uz SAD



<https://crossdockinsights.com/p/nearshoring-boom-in-mexico> (mart.2026.)

2. Industrijski klasteri u Nuevo León-u

Fotografija ili šema ogromnih logističkih parkova koji su izgrađeni 2025. godine, a koji služe kao "regionalni habovi" za cijelu Sjevernu Ameriku.

Slika 2. Industrijski klasteri u Nuevo León-u



https://img.digitimes.com/newsshow/20230308vl209_files/2_b.jpg

Zaključak i diskusija studije slučaja

Primjer Meksika potvrđuje da se otpornost lanaca snabdijevanja u 2026. godini ne postiže samo digitalizacijom, već geografskom rekonfiguracijom. Skraćivanje lanca snabdijevanja direktno eliminiše izloženost geopolitičkim pritiscima na dalekim transportnim rutama, što u potpunosti potvrđuje našu hipotezu o regionalizaciji kao najefikasnijem modelu mitigacije rizika.

Zaključak

Istraživanje otpornosti lanaca snabdijevanja na geopolitičke rizike potvrdilo je da se globalna logistika nalazi u fazi najznačajnije transformacije od uvođenja kontejnerizacije. Kroz analizu prelaska sa *Just-in-Time* na *Just-in-Case* model, rad je pokazao da bezbjednost i pouzdanost isporuke postaju važniji faktori od same cijene transporta. Hipoteza koja je postavljena je potvrđena: kreiranje strateških zaliha i redundantnost u sistemu predstavljaju primarni štit protiv nepredviđenih političkih i vojnih blokada na ključnim transportnim rutama. Studija slučaja Meksika dodatno je osnažila ove nalaze, dokazujući da regionalizacija i skraćivanje fizičke distance između proizvođača i potrošača drastično smanjuju ranjivost na globalne potrebe.

Identifikacija kritičnih „uskih grla“ (choke points) pokazala je da tradicionalni pomorski putevi više ne mogu garantovati stabilnost bez visokih premija osiguranja i stalne prijetnje od zastoja. Zaključno, budućnost logistike leži u hibridnom modelu koji spaja digitalnu vidljivost lanca snabdijevanja sa fizičkom prisutnošću u stabilnim regionalnim blokovima. Ovakav pristup ne samo da štiti korporativne interese, već doprinosi i nacionalnoj ekonomskoj bezbjednosti u sve nestabilnijem multipolarnom svijetu. Menadžment rizika stoga više nije samo pomoćna funkcija, već ključni strateški alat za navigaciju kroz kompleksne geopolitičke realnosti 2026. godine.

Literatura

1. **Christopher, M., & Peck, H.** (2022). *Building the Resilient Supply Chain*. The International Journal of Logistics Management.
2. **Javorcik, B.** (2020). Global supply chains will not be the same in the post-pandemic world. *Oxford Review of Economic Policy*.
3. **World Trade Organization (WTO).** (2025). *World Trade Report: Resilience and Geopolitics in Global Value Chains*.
4. **Ivanov, D.** (2021). Supply Chain Viability and Resilience in the Age of Disruptions. *International Journal of Production Research*.
5. **OECD.** (2024). *Geopolitics and the Low-Carbon Transition: Impact on Supply Chain Security*.

SUPPLY CHAIN RESILIENCE TO GEOPOLITICAL RISKS**Abstract:**

The paper analyzes the impact of geopolitical risks on the stability of global supply chains, focusing on the transformation of logistics strategies and the regionalization process. The research problem is identified through the vulnerability of key maritime corridors and choke points to political conflicts. By applying methods of analysis, comparison, and a case study of Mexico, the paper proves that the transition to the *Just-in-Case* model and *nearshoring* significantly increases system resilience. The conclusion emphasizes the necessity of shortening supply chains to minimize exposure to global uncertainty.

Keywords: supply chains, geopolitical risk, resilience, nearshoring, transport corridors.

DIGITALNA TRANSFORMACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA U KONTEKSTU IMPLEMENTACIJE IOT I AI U KONCEPTU LOGISTIKE 4.0

Cvijetin Živanović¹, Petar Tamamović²

Sažetak

Ovaj rad istražuje uticaj digitalne transformacije na efikasnost skladišnog poslovanja u okviru koncepta Logistike 4.0. Fokus istraživanja je na sinergiji Interneta stvari (IoT) i vještačke inteligencije (AI) kao ključnih tehnoloških pokretača. Cilj rada je analizirati kako prikupljanje podataka u stvarnom vremenu i njihova obrada putem naprednih algoritama optimizuju zalihe i procese održavanja. Kroz analizu savremenih distributivnih centara, rad ukazuje na značajno smanjenje operativnih troškova i eliminaciju uskih grla. Rezultati sugerišu da implementacija ovih tehnologija nije samo tehnološko pitanje, već strateški imperativ za postizanje konkurentnosti na globalnom tržištu. Zaključno, rad identifikuje ekonomsku opravdanost investicija uz osvrt na izazove nedostatka stručnog kadra i inicijalnih troškova integracije sistema.

Ključne riječi: Logistika 4.0, Internet stvari – IoT, Vještačka inteligencija – AI, Automatizacija skladišta, Operativna efikasnost.

UVOD

Problem istraživanja leži u neadekvatnosti tradicionalnih, manuelnih skladišnih sistema da odgovore na zahtjeve visoke frekvencije narudžbi i potrebe za stopostotnom tačnošću. **Predmet rada** je integracija IoT senzora i AI modela u skladišne procese. **Cilj** je dokazati da digitalizacija direktno utiče na operativnu efikasnost i smanjenje otpada u lancu snabdijevanja. **Hipoteza (H1):** Primjena AI algoritama za prediktivno održavanje i optimizaciju zaliha smanjuje neplanirane zastoje u radu distributivnih centara za najmanje 20%. U radu su **korišćene metode** deskripcije, komparativne analize, te metoda studije slučaja (Case Study) na primjeru vodećih globalnih logističkih provajdera. Teorijski okvir se oslanja na recentnu literaturu (2019–2026) i izvještaje relevantnih međunarodnih organizacija (EU, Fraunhofer IML).

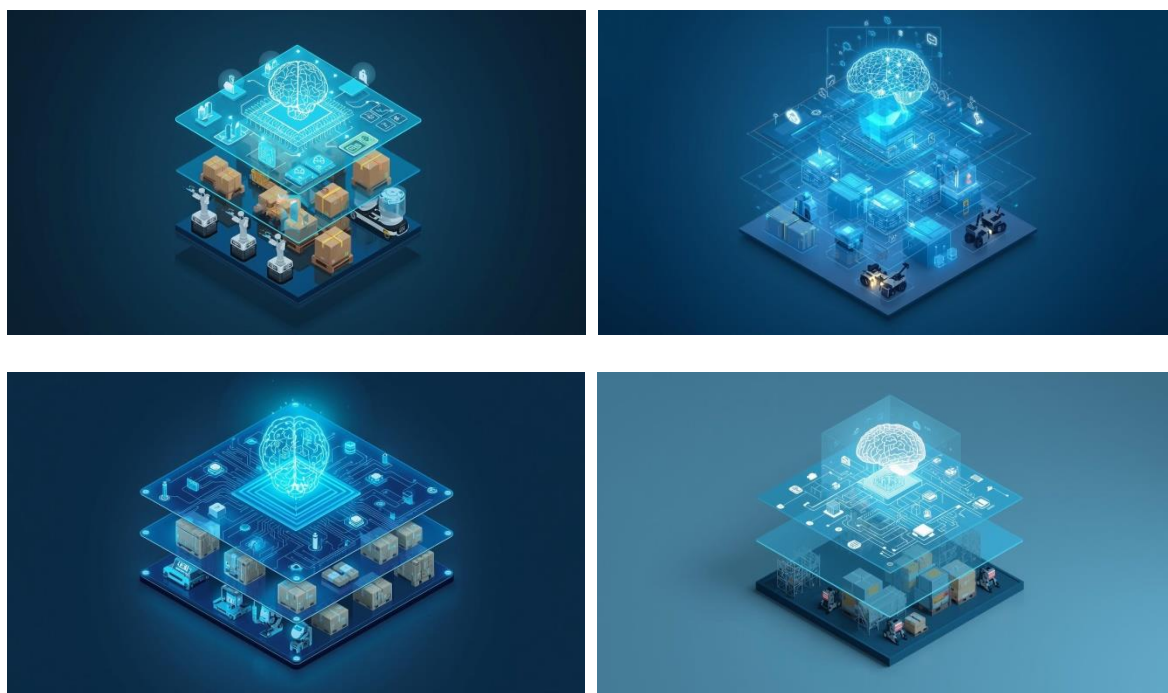
2. Uloga Interneta stvari (IoT) u prikupljanju podataka u stvarnom vremenu

Tehnološki okvir savremenog skladišta u konceptu Logistike 4.0 temelji se na sveprisutnosti senzora koji fizičke objekte pretvaraju u aktivne učesnike informacionog sistema. Internet stvari (IoT) djeluje kao primarni alat za premošćivanje jaza između fizičkog kretanja robe i digitalne evidencije, čime se direktno podržava digitalizacija transportnog sektora (European Commission, 2023). Osnovnu komponentu ovog okvira čine RFID tagovi i pametni senzori koji, prema istraživanjima koje navode Tjahjono et al. (2022), omogućavaju identifikaciju artikala bez direktne optičke vidljivosti. Pored same identifikacije, ovi uređaji kontinuirano prate ambijentalne uslove poput temperature i vlažnosti, što je ključno za integritet osjetljive robe. Podaci se u realnom vremenu šalju u cloud infrastrukturu, čime se eliminiše potreba za manuelnim unosom i smanjuje mogućnost ljudske greške.

¹ Prof.dr Cvijetin Živanović, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, nir@privrednaakademija.edu.ba,

² Prof.dr Petar Tamamović, Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH, petar.info@yahoo.com

Slika 1. Vizuelizacija slojeva prikupljanja (IoT), prenosa (Mreža) i obrade (AI)



Izvor: Autorska obrada

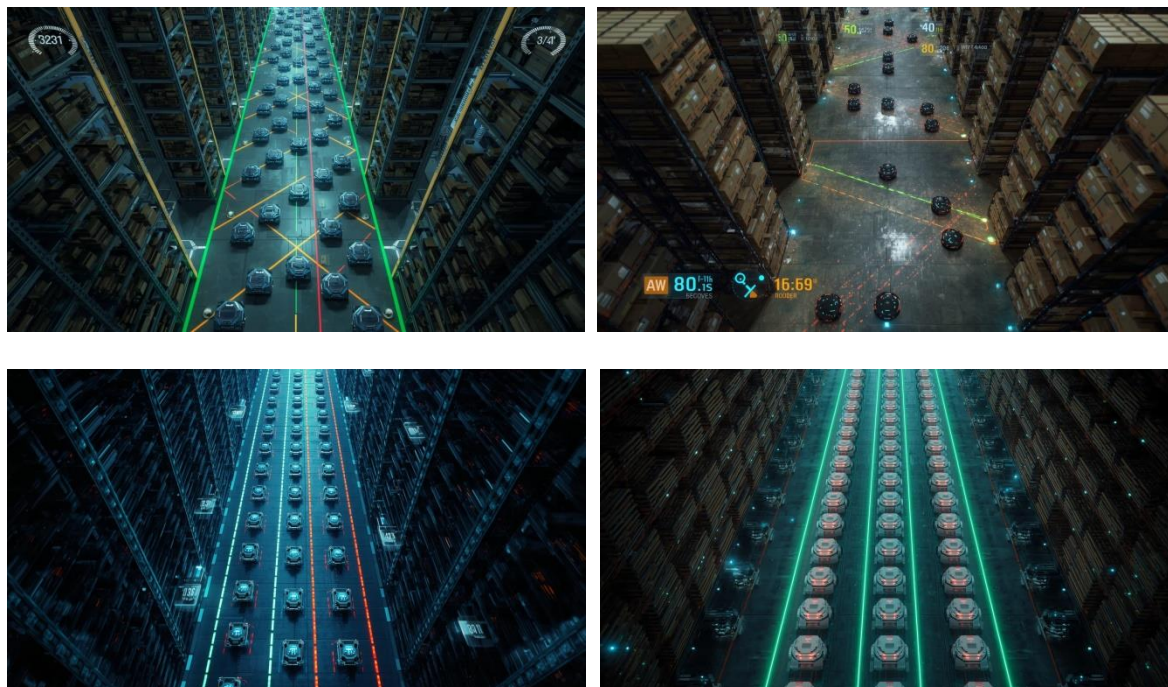
Primjena IoT-a omogućava kreiranje "digitalnog blizanca" skladišta, pružajući menadžerima potpunu vidljivost nad svim procesima u svakom trenutku. Ovakva transparentnost podataka predstavlja temelj za razvoj "silicijumske ekonomije", gdje digitalne platforme preuzimaju ulogu koordinatora logističkih tokova (Fraunhofer IML, 2024). Bluetooth Low Energy (BLE) beacons i pametne kamere dopunjuju ovu mrežu, omogućavajući precizno unutrašnje pozicioniranje i automatsku kontrolu kvaliteta ambalaže. Prema Speranzi (2020), ovi trendovi u transportu i logistici ukazuju na to da digitalne platforme postaju nezaobilazan faktor efikasnosti. Senzori pokreta i pametna rasvjeta optimizuju potrošnju energije, čineći skladište ne samo pametnijim, već i ekološki održivijim. Povezanost putem 5G mreža osigurava visoku propusnost podataka bez kašnjenja, što je preduslov za rad autonomnih sistema. Kontinuirana inventura, omogućena IoT infrastrukturom, transformiše skladište iz statičnog prostora u dinamično čvorište podataka. Na kraju, nosiva tehnologija (Wearables) povećava bezbjednost zaposlenih prateći njihovo kretanje i vitalne parametre u kompleksnim operacijama. Ovako generisana baza podataka u stvarnom vremenu predstavlja nužan preduslov za implementaciju vještačke inteligencije.

3.Optimizacija zaliha i prediktivno održavanje opreme i vještačka inteligencija (AI) u logistici

Implementacija vještačke inteligencije (AI) u skladišnom poslovanju predstavlja evolutivni skok ka postizanju autonomnih tokova, gdje sistem samostalno uči i donosi odluke (Delfas, 2025). U srcu ovog procesa nalaze se algoritmi mašinskog učenja koji vrše dubinsku analizu istorijskih obrazaca potražnje radi precizne optimizacije zaliha. Tradicionalni modeli često rezultiraju neefikasnošću, dok AI, koristeći multi-agentske sisteme, omogućava prediktivno upravljanje rizicima u lancu snabdijevanja (Baryannis et al., 2019). Kognitivni sistemi analiziraju eksterne faktore poput tržišnih trendova i sezonalnosti kako bi dinamički prilagodili nivoe zaliha u

realnom vremenu. Ovakav pristup drastično smanjuje troškove skladištenja i minimizira rizik od nedostatka robe na stanju.

Slika 2. Dinamička optimizacija putanja i *Smart Slotting* u realnom vremenu



Izvor: Autorska obrada

Jedan od ključnih doprinosa AI tehnologije je "pametno slotiranje", kojim se optimizuje raspored robe unutar skladišta na osnovu učestalosti naručivanja. Pored optimizacije prostora, AI igra ključnu ulogu u održavanju kontinuiteta rada kroz koncept prediktivnog održavanja opreme. Umjesto reaktivnog popravljavanja, algoritmi analiziraju podatke sa senzora na viljuškarima i transporterima kako bi predvidjeli potencijalne kvarove (Tjahjono et al., 2022). Sistem automatski zakazuje servisiranje u periodima niske aktivnosti, čime se izbjegavaju skupi zastoji u radu distributivnih centara. Primjena računarskog vida dodatno unapređuje kontrolu kvaliteta, identifikujući oštećenja bez potrebe za ljudskom intervencijom. Generativna vještačka inteligencija omogućava intuitivnu komunikaciju sa upravljačkim sistemima, olakšavajući donošenje strateških odluka na osnovu kompleksnih izvještaja (Delfas, 2025). AI takođe doprinosi održivosti optimizacijom pakovanja i smanjenjem otpada materijala, što je u skladu sa globalnim ekološkim ciljevima. Sinhronizacija autonomnih mobilnih robota (AMR) sprečava uska grla i osigurava fluidnost procesa unutar Logistike 4.0. Zaključno, vještačka inteligencija transformiše skladište u proaktivan sistem koji maksimizira ekonomsku vrijednost kroz inteligenciju podataka i operativnu izvrsnost.

4. Studija slučaja: Implementacija pametnih sistema u savremenim distributivnim centrima – Primjer kompanije Amazon

Kako bi se teorijski okvir Logistike 4.0, zasnovan na sinergiji IoT i AI tehnologija, adekvatno valorizovao, neophodna je analiza pionirskih rješenja u praksi. Kompanija Amazon predstavlja globalnog lidera u trci za potpunu automatizaciju i digitalizaciju skladišnog poslovanja, te njihovi "Fulfillment" centri služe kao ogledni modeli za proučavanje operativne efikasnosti (Delfas,

2025). Analiza Amazonovog modela otkriva kako kognitivni sistemi transformišu tradicionalne logističke funkcije u autonomne procese.

U Amazonovim centrima, proces počinje i završava sa vještačkom inteligencijom koja orkestrira rad hiljada IoT uređaja. Ključna komponenta je sistem autonomnih mobilnih robota (AMR), ranije poznatih kao Kiva, koji su direktna primjena tehnologija o kojima govore Tjahjono et al. (2022). Ovi roboti ne samo da prenose police sa robom do ljudskih operaterâ (tzv. "Goods-to-Person" model), već konstantno komuniciraju sa centralnim AI sistemom radi optimizacije putanja i izbjegavanja kolizija u realnom vremenu.

Značajan aspekt Amazonove inovacije je primjena AI algoritama za prediktivno "slotiranje" robe (Smart Slotting). Sistem analizira milione istorijskih narudžbi kako bi predvidio koja će roba biti najtraženija u narednim satima, te je automatski pozicionira na dohvat ruke robotskim sistemima. Prema podacima koje navodi Speranza (2020), digitalne platforme omogućavaju ovakvu vrstu dinamičke optimizacije koja drastično skraćuje vrijeme komisioniranja (picking). Pored toga, Amazon koristi računarski vid (Computer Vision) i duboko učenje (Deep Learning) za automatsku kontrolu kvaliteta i sortiranje paketa brzinom koja je ljudskom faktoru nedostižna.

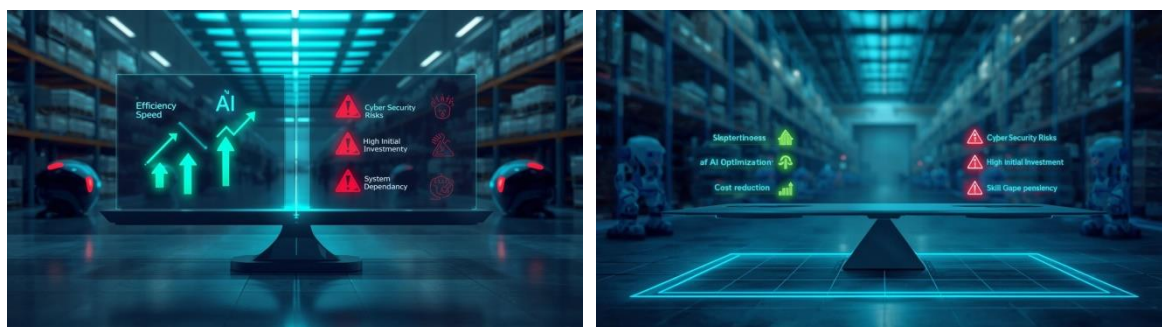
Implementacija AI i IoT tehnologija u Amazonovim centrima rezultirala je mjerljivim poboljšanjima operativne efikasnosti:

- **Smanjenje vremena obrade:** Vrijeme od prijema narudžbe do spremnosti za otpremu smanjeno je sa nekoliko sati na manje od 15 minuta u optimizovanim centrima.
- **Povećanje kapaciteta skladištenja:** Upotreba AMR robota omogućava gušće slaganje polica, povećavajući kapacitet skladišta za preko 50% po kvadratnom metru.
- **Optimizacija radne snage:** Iako automatizacija preuzima repetitivne zadatke, AI sistem optimizuje raspored ljudskih operatera za kompleksnije poslove, povećavajući ukupnu produktivnost.

5. Diskusija o studiji slučaja

Analiza Amazonovog modela nedvosmisleno potvrđuje hipoteze o pozitivnom uticaju Logistike 4.0 na operativnu efikasnost. Sinergija IoT senzora, koji obezbjeđuju "vidljivost" u realnom vremenu (European Commission, 2023), i AI algoritama, koji te podatke pretvaraju u optimalne akcije (Baryannis et al., 2019), ključ je postizanja "autonomnog toka" robe. Diskusija, međutim, otvara i pitanja o održivosti ovakvog modela u manje kapitalno-intenzivnim preduzećima.

Slika.3. Vizuelizacija balansiranja između pozitivnih operativnih efekata i potencijalnih prepreka

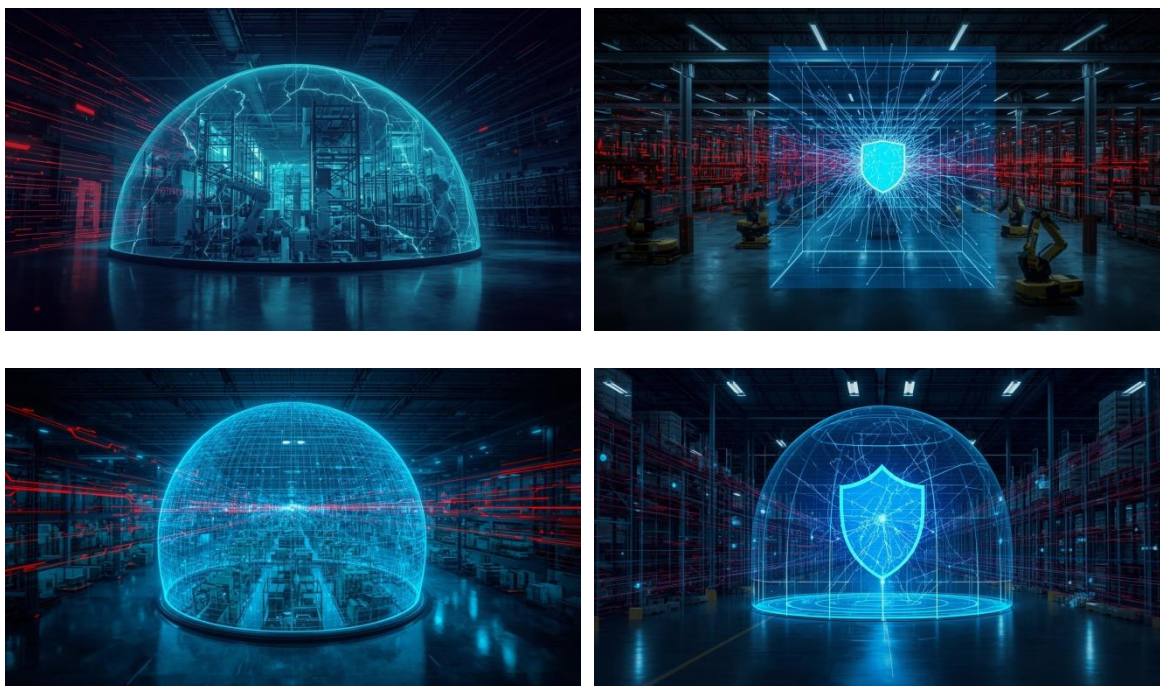




Izvor. Autorska obrada

Visoki inicijalni troškovi implementacije robotskih sistema i potreba za visoko-specijalizovanim kadrom za održavanje AI infrastrukture predstavljaju značajne barijere. Takođe, potpuna zavisnost od digitalne infrastrukture povećava rizik od kiber-napada ili sistemskih zastoja, što naglašava potrebu za robusnim strategijama kiber-bezbjednosti i planovima kontinuiteta poslovanja.

Slika.4. Vizuelizaciju kiber-bezbjednosti kao štita koji omogućava kontinuirani rad "autonomnog toka".



Iako Amazonov primjer pokazuje "plafon" mogućnosti, on služi kao putokaz za postepenu, modularnu digitalizaciju skladišta širom logističkog sektora (Fraunhofer IML, 2024).

Zaključak

Istraživanje potvrđuje da digitalna transformacija skladišnog poslovanja, kroz sinergiju IoT i AI tehnologija, predstavlja ključni stub konkurentnosti u okviru Logistike 4.0. Implementacija senzora i pametnih algoritama omogućava prelazak sa reaktivnog na proaktivno upravljanje, čime se direktno potvrđuje postavljena hipoteza o smanjenju operativnih zastoja i optimizaciji zaliha. Analiza studije slučaja kompanije Amazon pokazuje da kognitivni sistemi i autonomni roboti drastično skraćuju vrijeme obrade narudžbi uz eliminaciju ljudske greške. Ipak, diskusija ukazuje na to da potpuna automatizacija nosi i značajne izazove, prvenstveno u domenu visokih inicijalnih investicija i potrebe za novim profilom stručnog kadra. Bezbjednost podataka i kiber-otpornost postaju neodvojiv dio logističkih operacija, zahtijevajući robusne zaštitne sisteme. Digitalni blizanac skladišta se nameće kao nezaobilazan alat za simulaciju i prevenciju kriznih scenarija u realnom vremenu. Ekonomska opravdanost ovakvih sistema ogleda se u dugoročnom smanjenju troškova i povećanju fleksibilnosti lanca snabdijevanja. U konačnici, Logistika 4.0 više nije futuristički koncept, već realnost koja zahtijeva modularan i strateški pristup digitalizaciji. Budući razvoj treba usmjeriti ka daljoj integraciji generativne vještačke inteligencije i održivih, "zelenih" tehnologija u skladišne procese. Ovim radom je postavljen temelj za dalje razumijevanje korelacije između tehnološke sofisticiranosti i operativne izvrsnosti u transportnom sektoru.

Literatura

1. **Baryannis, A., et al. (2019).** *Predictive supply chain risk management using machine learning and a multi-agent system.* International Journal of Production Research. Ključno za razumijevanje prediktivnog AI-a.
2. **Delfas (2024/2025).** *The State of AI in Logistics 2025: From Generative AI to Autonomous Flow.* [Internet izvor: mckinsey.com ili dhl.com]. (Potražite najnovije godišnje izvještaje za uvid u 2026. godinu).
3. **European Commission (2023).** *Digitalisation of the transport sector.* [Internet izvor: transport.ec.europa.eu]. Zvanični okvir EU za digitalnu tranziciju.
4. **Fraunhofer IML (2024).** *Silicon Economy: The next generation of Logistics 4.0.* [Internet izvor: iml.fraunhofer.de].
5. **Speranza, M. G. (2020).** *Trends in transportation and logistics.* ITOR (International Transactions in Operational Research). Fokus na promjenama koje donose digitalne platforme.
6. **Tjahjono, B., et al. (2022).** *The impact of the Fourth Industrial Revolution on the Supply Chain.* Journal of Physics. Analiza konkretnih tehnologija poput senzora i clouda.

DIGITAL TRANSFORMATION OF WAREHOUSING OPERATIONS IN THE CONTEXT OF IOT AND AI IMPLEMENTATION WITHIN THE LOGISTICS 4.0 CONCEPT

Abstract

This paper explores the impact of digital transformation on the efficiency of warehouse operations within the concept of Logistics 4.0. The focus of the research is on the synergy between the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) as key technological drivers. The objective of the paper is to analyze how real-time data collection and its processing through advanced algorithms optimize inventory and maintenance processes. Through an analysis of modern distribution centers, the study indicates a significant reduction in operating costs and the elimination of bottlenecks. The results suggest that the implementation of these technologies is not merely a technical issue, but a strategic imperative for achieving competitiveness in the global market. In conclusion, the paper identifies the economic justification for investments while addressing the challenges of a skilled labor shortage and the initial costs of system integration.

Key Words: Logistics 4.0, Internet of Things – IoT. Artificial Intelligence – AI. Warehouse Automation. Operational Efficiency

ULOGA INFORMACIJA U LOGISTICI

mr Ermin Ibrišimović

Sažetak

Rad se bavi analizom uloge informacija u savremenim logističkim sistemima i njihovim uticajem na efikasnost upravljanja logističkim procesima. Problematika istraživanja odnosi se na značaj pravovremenih, tačnih i relevantnih informacija u planiranju, implementaciji i kontroli logističkih aktivnosti u okviru lanca snabdijevanja. Cilj rada je utvrditi značaj upravljanja informacijama u logistici te prikazati doprinose savremenih informacionih tehnologija unapređenju logističkih operacija. U radu su primijenjene metode analize i sinteze naučne i stručne literature, kao i deskriptivna metoda u cilju sistematizacije postojećih teorijskih saznanja iz oblasti e-logistike. Rezultati istraživanja ukazuju da primjena informacionih sistema, kao što su ERP, WMS, TMS, RFID, IoT i blockchain tehnologija, značajno doprinosi povećanju transparentnosti, optimizaciji logističkih procesa, smanjenju operativnih troškova i unapređenju procesa donošenja odluka. Zaključuje se da efikasno upravljanje informacijama predstavlja ključni faktor za povećanje konkurentnosti i održivosti savremenih logističkih sistema.

Ključne riječi: Informacija, logistika, tehnologija.

UVOD

Logistika je funkcionalno područje poslovanja koje obuhvata planiranje, implementaciju i kontrolu efikasnog i efektivnog protoka i skladištenja roba, usluga i informacija od tačke porijekla do tačke potrošnje, sa ciljem zadovoljenja potreba kupaca. Logistika obuhvata niz aktivnosti uključujući nabavku, skladištenje, upravljanje zalihama, transport, distribuciju i upravljanje povratnim tokovima. Osnovni cilj logistike je optimizacija ovih aktivnosti kako bi se smanjili troškovi i poboljšala efikasnost poslovnih operacija.

U savremenom poslovnom okruženju, informacije igraju ključnu ulogu u omogućavanju efikasne i efektivne logistike. Informacije omogućavaju preduzećima da donesu informisane odluke, planiraju resurse, prate zalihe, upravljaju transportom i pružaju kvalitetnu uslugu kupcima. Bez tačnih i blagovremenih informacija, logistički procesi postaju neefikasni, što može dovesti do povećanja troškova, gubitka vremena i nezadovoljstva kupaca.

Informacije su ključne za:

- Planiranje: Precizne informacije omogućavaju predviđanje potražnje, planiranje kapaciteta i optimizaciju zaliha.
- Praćenje i kontrolu: Kontinuirano praćenje logističkih aktivnosti omogućava identifikaciju problema i brzu reakciju na promjene u okruženju.
- Poboljšanje efikasnosti: Informacije omogućavaju identifikaciju neefikasnosti u procesu i implementaciju poboljšanja.
- Smanjenje rizika: Pravovremene informacije smanjuju rizike povezane sa neizvesnošću i omogućavaju bolje upravljanje rizicima.

2. Osnove informacija u logistici

Informacije u logistici odnose se na podatke i znanje koje omogućavaju planiranje, implementaciju, kontrolu i optimizaciju logističkih aktivnosti. Ove informacije mogu uključivati podatke o zalihama, transportnim sredstvima, rutama, troškovima, vremenskim uslovima, statusu narudžbina i mnogo drugih aspekata logističkog lanca snabdijevanja. Informacije su ključne za donošenje odluka i upravljanje svim fazama logističkog procesa, od nabavke sirovina do isporuke gotovih proizvoda krajnjim korisnicima.

Informacije u logistici mogu se klasifikovati na različite načine, ali jedna od najčešćih podjela obuhvata operativne, taktičke i strateške informacije.

- Operativne informacije: Ove informacije se odnose na svakodnevne aktivnosti i operacije u logistici. Primjeri uključuju trenutne nivoe zaliha, status narudžbina, praćenje pošiljki i dostupnost transportnih sredstava. Operativne informacije su ključne za efikasno upravljanje dnevnim zadacima i omogućavanje nesmetanog toka logističkih procesa.
- Taktičke informacije: Ove informacije se koriste za srednjoročno planiranje i kontrolu logističkih aktivnosti. Taktičke informacije uključuju prognoze potražnje, planiranje kapaciteta skladišta, analizu performansi transporta i optimizaciju zaliha. Ove informacije pomažu menadžerima da donesu odluke koje će poboljšati efikasnost i efektivnost logističkih operacija u srednjem roku.
- Strateške informacije: Ove informacije se koriste za dugoročno planiranje i donošenje ključnih odluka koje će oblikovati budućnost organizacije. Strateške informacije uključuju analizu tržišta, planiranje novih skladišnih kapaciteta, odluke o ulasku na nova tržišta i investicije u nove tehnologije. Strateške informacije su ključne za postizanje dugoročnih ciljeva organizacije i održavanje konkurentske prednosti.

Kvalitet informacija je ključan za uspješno upravljanje logističkim procesima. Kvalitet informacija može se ocijeniti prema nekoliko kriterijuma:

- Tačnost: Informacije moraju biti precizne i pouzdane. Netačne informacije mogu dovesti do loših odluka i neefikasnosti.
- Blagovremenost: Informacije moraju biti dostupne u pravom trenutku. Kašnjenje informacija može rezultirati propuštenim prilikama ili kašnjenjem u isporuci.
- Relevantnost: Informacije moraju biti relevantne za specifične potrebe korisnika. Previše ili premalo informacija može otežati donošenje odluka.
- Potpunost: Informacije moraju biti sveobuhvatne i obuhvatiti sve aspekte koji su bitni za donošenje odluka.
- Dostupnost: Informacije moraju biti lako dostupne onima koji ih trebaju. To uključuje i tehničku dostupnost, kao i lakoću pristupa i korišćenja informacija.

Kvalitetne informacije omogućavaju menadžerima da donesu bolje odluke, optimizuju procese i smanje rizike. Bez kvalitetnih informacija, logistički procesi postaju neefikasni i neproduktivni, što može dovesti do gubitka konkurentske prednosti i nezadovoljstva kupaca.

3. Tehnologije za upravljanje informacijama u logistici

Tehnologije za upravljanje informacijama igraju ključnu ulogu u modernoj logistici, omogućavajući preduzećima da prikupljaju, obrađuju i analiziraju podatke na način koji poboljšava efikasnost i efektivnost njihovih operacija.

- ERP (Enterprise Resource Planning) sistemi su integrisani softverski paketi koji omogućavaju organizacijama da upravljaju svim aspektima svog poslovanja iz jedne centralizovane platforme. ERP sistemi obuhvataju module za upravljanje zalihama, nabavkama, prodajom, finansijama, ljudskim resursima i mnogim drugim funkcijama.

Prednosti: Integracija svih poslovnih funkcija omogućava bolju koordinaciju i optimizaciju resursa. ERP sistemi pružaju real-time informacije koje pomažu u donošenju informisanih odluka.

Nedostaci: Implementacija ERP sistema može biti skupa i kompleksna. Takođe, zahtijeva značajno prilagođavanje poslovnih procesa i obuku zaposlenih.

- WMS (Warehouse Management System) je specijalizovan softver za upravljanje skladištem. WMS sistemi omogućavaju praćenje zaliha, optimizaciju skladišnog prostora, upravljanje narudžbinama i poboljšanje efikasnosti skladišnih operacija.

Prednosti: Poboljšanje tačnosti zaliha, smanjenje vremena obrade narudžbina, optimizacija korišćenja skladišnog prostora.

Nedostaci: Troškovi implementacije i održavanja, potreba za obukom zaposlenih.

- TMS (Transportation Management System) je softver za upravljanje transportom koji pomaže u planiranju, praćenju i optimizaciji transportnih operacija. TMS omogućava optimizaciju ruta, upravljanje voznim parkom, praćenje pošiljki i smanjenje troškova transporta.

Prednosti: Smanjenje troškova transporta, poboljšanje efikasnosti ruta, povećanje transparentnosti i praćenje pošiljki u realnom vremenu.

Nedostaci: Visoki troškovi implementacije, potreba za integracijom sa drugim sistemima.

- RFID (Radio Frequency Identification) tehnologija koristi radio talase za automatsku identifikaciju i praćenje objekata. RFID tagovi se pričvršćuju na proizvode, palete ili transportna sredstva i omogućavaju praćenje u realnom vremenu.

Prednosti: Poboljšana tačnost praćenja zaliha, smanjenje vremena obrade, povećanje efikasnosti skladišnih i transportnih operacija.

Nedostaci: Visoki početni troškovi opreme i implementacije, potreba za kompatibilnom infrastrukturom.

- IoT (Internet of Things) tehnologija povezuje različite uređaje i senzore putem interneta, omogućavajući prikupljanje i razmjenu podataka u realnom vremenu. U logistici, IoT uređaji mogu pratiti temperature, vlažnost, lokaciju i stanje proizvoda tokom transporta i skladištenja.

Prednosti: Povećanje transparentnosti, poboljšanje upravljanja zalihama, smanjenje gubitaka i kvarenja proizvoda.

Nedostaci: Bezbijednosni rizici, visoki troškovi implementacije i održavanja.

- Blockchain tehnologija omogućava sigurnu, transparentnu i nepromjenljivu evidenciju transakcija. U logistici, blockchain može poboljšati praćenje i provjeru autentičnosti proizvoda, smanjiti prevaru i ubrzati proces plaćanja.

Prednosti: Povećana sigurnost i transparentnost, smanjenje prevara, poboljšanje efikasnosti procesa.

Nedostaci: Kompleksnost tehnologije, potreba za značajnim tehnološkim resursima i ekspertizom.

4.Uloga informacija u različitim fazama logističkog procesa

Informacije igraju ključnu ulogu u svim fazama logističkog procesa, od planiranja i implementacije do kontrole i optimizacije. U ovom poglavlju će biti detaljno razmotrena uloga informacija u svakoj od ovih faza.

Planiranje je prvi i jedan od najvažnijih koraka u logističkom procesu. U ovoj fazi, informacije omogućavaju preduzećima da prognoziraju potražnju, planiraju kapacitete i optimizuju zalihe.

Prognoza potražnje: Precizne informacije o tržišnim trendovima, historijskim podacima o prodaji i analizi potrošačkog ponašanja omogućavaju tačnije prognoze potražnje. To pomaže preduzećima da izbjegnu višak zaliha ili nedostatak proizvoda.

Planiranje kapaciteta: Informacije o trenutnim i budućim kapacitetima proizvodnje i skladištenja omogućavaju efikasno planiranje resursa i smanjuju rizik od zagušenja ili nedovoljnih kapaciteta.

Optimizacija zaliha: Korišćenje informacija o potražnji, vremenu isporuke i nivou zaliha omogućava optimizaciju zaliha, smanjujući troškove skladištenja i poboljšavajući likvidnost preduzeća.

Implementacija obuhvata konkretne aktivnosti povezane sa kretanjem i skladištenjem roba. Informacije u ovoj fazi omogućavaju praćenje i koordinaciju ovih aktivnosti.

Upravljanje skladištem: Informacije o raspoloživom prostoru, stanju zaliha i lokaciji proizvoda omogućavaju efikasno upravljanje skladištem. WMS sistemi koriste ove informacije za optimizaciju skladišnog prostora i ubrzanje obrade narudžbina.

Transport i distribucija: Informacije o rutama, vremenskim uslovima, statusu vozila i pošiljki omogućavaju optimizaciju transportnih ruta, smanjenje vremena isporuke i troškova transporta. TMS sistemi koriste ove informacije za planiranje i praćenje transportnih aktivnosti.

Praćenje pošiljki: Tehnologije kao što su RFID i GPS omogućavaju praćenje pošiljki u realnom vremenu, pružajući informacije o statusu i lokaciji proizvoda tokom transporta. Ovo omogućava brzu identifikaciju i rešavanje problema koji mogu nastati tokom isporuke.

Kontrola i optimizacija su ključne za postizanje maksimalne efikasnosti i efektivnosti logističkih operacija. Informacije omogućavaju kontinuirano praćenje i analizu performansi logističkih procesa.

Praćenje performansi: Informacije o ključnim pokazateljima performansi (KPI) kao što su tačnost isporuke, vrijeme ciklusa, troškovi transporta i zaliha omogućavaju preduzećima da prate i ocenjuju performanse svojih logističkih operacija. To omogućava identifikaciju neefikasnosti i implementaciju poboljšanja.

Analiza podataka: Korišćenje analitičkih alata i tehnika omogućava preduzećima da analiziraju velike količine podataka i identifikuju obrasce i trendove. To može pomoći u donošenju informisanih odluka i predviđanju budućih potreba.

Optimizacija procesa: Na osnovu analize podataka, preduzeća mogu optimizovati svoje logističke procese. To može uključivati optimizaciju ruta, poboljšanje upravljanja zalihama, unapređenje skladišnih operacija i smanjenje troškova.

5. Prednosti korištenja informacija u logistici

Korištenje informacija u logistici donosi brojne prednosti koje direktno utiču na efikasnost, efektivnost i ukupnu konkurentnost preduzeća. U ovom poglavlju razmotrićemo ključne prednosti korišćenja informacija u logističkim operacijama.

- Transparentnost u logistici podrazumijeva jasan i tačan pregled svih aktivnosti i procesa, od nabavke do isporuke krajnjem korisniku.
- Praćenje u realnom vremenu: Informacioni sistemi omogućavaju praćenje pošiljki, transportnih sredstava i zaliha u realnom vremenu, što povećava transparentnost i omogućava brzu reakciju na potencijalne probleme.
- Povećana vidljivost lanca snabdijevanja: Korištenje tehnologija kao što su RFID, GPS i IoT omogućava preduzećima da imaju potpunu vidljivost nad cjelokupnim lancem snabdijevanja, što doprinosi boljem upravljanju i koordinaciji logističkih aktivnosti.
- Efikasnost logističkih operacija direktno utiče na smanjenje troškova i povećanje profitabilnosti preduzeća.
- Optimizacija zaliha: Tačne i blagovremene informacije omogućavaju bolje planiranje i upravljanje zalihama, smanjujući potrebu za viškom zaliha i troškove skladištenja.
- Optimizacija transporta: Informacije o rutama, vremenskim uslovima i stanju vozila omogućavaju optimizaciju transportnih operacija, što smanjuje troškove goriva i vrijeme isporuke.

- Smanjenje vremena obrade: Korištenje informacionih sistema u skladištima i distributivnim centrima omogućava automatizaciju i ubrzanje procesa obrade narudžbina, smanjujući vrijeme od prijema narudžbine do isporuke.
- Kvalitetne informacije su osnova za donošenje informisanih i strateških odluka u logistici.
- Analiza podataka: Korištenje analitičkih alata omogućava preduzećima da analiziraju velike količine podataka i identifikuju obrasce i trendove, što pomaže u donošenju boljih odluka.
- Prognoza potražnje: Informacije o tržišnim trendovima i istorijskim podacima omogućavaju tačnije prognoze potražnje, što pomaže u planiranju proizvodnje i zaliha.
- Upravljanje rizicima: Tačne informacije omogućavaju identifikaciju i upravljanje rizicima u logističkom lancu, smanjujući mogućnost kašnjenja, oštećenja robe ili drugih problema.

Efikasno upravljanje informacijama pomaže u identifikaciji i mitigaciji rizika u logistici.

- Praćenje usklađenosti: Informacioni sistemi omogućavaju praćenje usklađenosti sa propisima i standardima, smanjujući rizik od pravnih problema i kazni.
- Brza reakcija na promjene: Informacije u realnom vremenu omogućavaju brzu reakciju na promjene u okruženju, kao što su promjene u potražnji, vremenski uslovi ili problemi u transportu.
- Prevencija prevara: Korištenje blockchain tehnologije i drugih sigurnosnih sistema smanjuje rizik od prevara i omogućava sigurnu i transparentnu evidenciju transakcija.

Zadovoljstvo kupaca je ključni faktor uspjeha u logistici, a informacije igraju ključnu ulogu u postizanju visokog nivoa usluge.

- Tačnost i blagovremenost isporuke: Informacioni sistemi omogućavaju tačno praćenje i planiranje isporuka, što smanjuje kašnjenja i povećava tačnost isporuka.
- Poboljšana komunikacija: Informacije omogućavaju bolju komunikaciju sa kupcima, pružajući im tačne i pravovremene informacije o statusu njihovih narudžbina.
- Personalizacija usluga: Korištenje podataka o kupcima omogućava preduzećima da personalizuju svoje usluge, prilagođavajući ih specifičnim potrebama i preferencijama kupaca.

6. Izazovi korištenja informacija u logistici

Iako korištenje informacija donosi brojne prednosti, postoje i značajni izazovi koji mogu otežati efikasno upravljanje informacijama u logistici. U ovom poglavlju će biti razmotreni ključni izazovi sa kojima se preduzeća suočavaju pri korištenju informacija u logističkim operacijama.

Jedan od najvećih izazova u korištenju informacija u logistici je integracija različitih informacionih sistema.

- Različiti sistemi i platforme: Preduzeća često koriste različite sisteme za upravljanje različitim aspektima logistike, kao što su ERP, WMS, TMS i drugi. Integracija ovih sistema može biti tehnički složena i skupa.

- Neusaglašenost podataka: Kada različiti sistemi koriste različite formate podataka ili terminologiju, može doći do neusaglašenosti podataka, što otežava integraciju i korištenje informacija.

Sa porastom digitalizacije i korištenja informacionih sistema, bezbijednost informacija postaje sve važniji izazov.

- Cyber napadi: Preduzeća su sve češće meta cyber napada koji mogu ugroziti poverljivost, integritet i dostupnost informacija.
- Zaštita podataka: Osiguranje da se podaci pravilno čuvaju i da su zaštićeni od neovlaštenog pristupa je ključni izazov, posebno s obzirom na sve strože zakonske propise o zaštiti podataka.

Kvalitet podataka je od suštinske važnosti za efikasno korištenje informacija u logistici, ali često predstavlja izazov.

- Tačnost podataka: Podaci moraju biti tačni i pouzdani kako bi se donosile informisane odluke. Netačni podaci mogu dovesti do loših odluka i neefikasnosti.
- Potpunost podataka: Nedostatak potrebnih informacija može otežati analizu i donošenje odluka.
- Aktuelnost podataka: Podaci moraju biti ažurni i dostupni u pravom trenutku kako bi bili korisni za donošenje odluka.

Implementacija novih informacionih sistema i tehnologija zahtijeva značajne promjene u organizacionim procesima i kulturi.

- Otpor prema promjenama: Zaposleni mogu biti otporni na promjene, posebno ako nove tehnologije zahtijevaju značajnu obuku i prilagođavanje.
- Obuka i razvoj vještina: Implementacija novih sistema zahtijeva obuku zaposlenih, što može biti vremenski i finansijski zahtjevno.

Implementacija naprednih informacionih tehnologija može biti skupa, posebno za mala i srednja preduzeća.

- Početni troškovi: Troškovi nabavke i implementacije novih sistema mogu biti visoki.
- Troškovi održavanja: Održavanje i nadogradnja sistema zahtijeva dodatne resurse i troškove.

Kompatibilnost i standardizacija su ključni faktori za uspješno upravljanje informacijama, ali često predstavljaju izazov.

- Standardizacija podataka: Postizanje standardizacije podataka između različitih sistema i partnera u lancu snabdijevanja može biti izazovno.
- Kompatibilnost sistema: Različiti sistemi i tehnologije često nisu kompatibilni, što otežava razmjenu informacija i integraciju procesa.

Pravni i regulatorni okviri postavljaju dodatne izazove za upravljanje informacijama u logistici.

- Zakoni o zaštiti podataka: Preduzeća moraju da se pridržavaju zakona i propisa o zaštiti podataka, kao što su GDPR u Evropskoj uniji.
- Carinske i trgovinske regulative: Upravljanje informacijama o međunarodnom transportu zahtijeva usklađenost sa različitim carinskim i trgovinskim regulativama.

Zaključak

Informacije igraju ključnu ulogu u modernoj logistici, omogućavajući preduzećima da poboljšaju efikasnost, smanje troškove, i povećaju zadovoljstvo kupaca. Korištenje informacija omogućava bolju transparentnost, efikasnije planiranje, preciznije donošenje odluka i smanjenje rizika. Savremene tehnologije kao što su ERP, WMS, TMS, RFID, IoT i blockchain značajno doprinose upravljanju informacijama i optimizaciji logističkih procesa.

Međutim, uprkos brojnim prednostima, postoje i značajni izazovi u korištenju informacija u logistici. Integracija različitih sistema, bezbijednost informacija, kvalitet podataka, upravljanje promjenama, visoki troškovi implementacije, kompatibilnost sistema i pravni/regulatorni zahtjevi predstavljaju glavne prepreke koje preduzeća moraju prevazići. Uspješno prevazilaženje ovih izazova zahtijeva strateški pristup, ulaganje u savremene tehnologije i kontinuiranu obuku zaposlenih.

Ulaganje u efikasno upravljanje informacijama nije samo tehničko pitanje, već i strateški imperativ za preduzeća koja žele da ostanu konkurentna na dinamičnom tržištu. Preduzeća koja uspješno implementiraju tehnologije za upravljanje informacijama mogu očekivati poboljšanje operativnih performansi, veću fleksibilnost i prilagodljivost tržišnim promjenama, kao i povećanje ukupne profitabilnosti.

U zaključku, informacije su srž efikasne logistike. Preduzeća koja prepoznaju vrijednost informacija i ulože u odgovarajuće tehnologije i procese za njihovo upravljanje, mogu ostvariti značajne prednosti i postaviti čvrste temelje za dugoročni uspjeh i rast na tržištu.

Literatura

1. Ballou, R. H. (2004). Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain. Pearson Prentice Hall.
2. Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2012). Supply Chain Logistics Management. McGraw-Hill.
3. Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson.
4. Christopher, M. (2016). Logistics & Supply Chain Management. Pearson UK.
5. Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain. Kogan Page Publishers.

THE ROLE OF INFORMATION IN LOGISTICS

Abstract

The paper analyzes the role of information in modern logistics systems and its impact on the efficiency of managing logistics processes. The research problem focuses on the importance of timely, accurate, and relevant information in the planning, implementation, and control of logistics activities within the supply chain. The aim of the paper is to determine the significance of information management in logistics and to present the contribution of modern information technologies to the improvement of logistics operations. The methods of analysis and synthesis of scientific and professional literature were applied, along with the descriptive method in order to systematize existing theoretical knowledge in the field of e-logistics. The research results indicate that the implementation of information systems such as ERP, WMS, TMS, RFID, IoT, and blockchain technology significantly contributes to increased transparency, optimization of logistics processes, reduction of operational costs, and improvement of decision-making processes. It is concluded that efficient information management represents a key factor in increasing the competitiveness and sustainability of modern logistics systems.

Key words: Information, logistics, technology.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS THE TRANSFORMATIVE ENGINE OF COOPERATIVE TRANSPORT AND LOGISTICS: FROM SMART AUTOMATION TO WORKFORCE TRANSFORMATION

Zoran Jovičić¹, Ivana Ašanin,² Jelena Gerencir³, Jovan Jovičić⁴

APSTRAKT

Konvergencija veštačke inteligencije sa kooperativnim transportom, pametnim skladištenjem i globalnim lancima snabdevanja predstavlja najznačajniji strukturalni preokret u logistici od ere kontejnerizacije. Ovaj rad sintetiše nalaze iz više od sto pedeset tematskih oblasti — obuhvatajući autonomnu mobilnost, platformsku ekonomiju, prediktivnu analitiku, dostavu na poslednjoj milji, upravljanje hladnim lancima, pomorsku optimizaciju, inteligenciju vazdušnog tereta, koordinaciju urbanog tereta i humanitarnu logistiku — da bi pokazao kako veštačka inteligencija više nije opcioni dodatak, već temeljni operativni sloj savremenih logističkih sistema. Predlaže se četvorostepena kompetencijska arhitektura za obuku radne snage u oblasti VI, zasnovana na praktičnim sertifikacionim putanjama primenljivim u regionu Balkana i šire u Evropi.

Ključne reči: veštačka inteligencija, logistika, kooperativni transport, autonomna vozila, transformacija radne snage, obrazovanje za VI

1. INTRODUCTION: THE SILENT REVOLUTION IN GLOBAL LOGISTICS

Most people use artificial intelligence daily without realising it. When they track a parcel in real time, order same-day grocery delivery, book a budget WizzAir flight or a Booking.com apartment at a dynamically adjusted price, or navigate with Google Maps around a traffic incident that was predicted before it fully formed — they are already participating in an AI-driven logistics ecosystem. Yet the mechanisms behind these experiences — machine learning, predictive optimisation, computer vision, autonomous coordination, and large-scale platform management — remain largely invisible to the general public and, remarkably, to many transport professionals themselves.

Logistics has become the circulatory system of modern civilisation. What electricity was to the Industrial Revolution, logistics is to the digital economy: the invisible force that makes everything else possible. The global logistics market, valued at approximately twelve trillion US dollars annually, employs hundreds of millions of workers across driving, warehousing, customs, planning, engineering, law, finance, and operations. Its transformation by artificial intelligence is therefore not a peripheral technology story — it is one of the most consequential economic shifts of the twenty-first century.

This paper synthesises insights from a comprehensive thematic analysis spanning more than one hundred and fifty domains of AI application in transport and logistics, to construct an integrated argument: that AI is not merely optimising logistics, but fundamentally restructuring its architecture, economics, and human capital requirements. We examine the historical trajectory of logistics innovation, the operational mechanics of AI in specific transport modes, the social consequences of automation, the risks and opportunities of autonomous transport,

¹ London AI United College Ltd, London, United Kingdom

² AI United College, Belgrade, Serbia

³ London AI United College Ltd, Sydney, Australia

⁴ London AI United College Ltd, Oberhausen, Germany

and — crucially — the educational and institutional frameworks needed to prevent a catastrophic mismatch between technology adoption and workforce readiness.

The authors express their sincere gratitude to Privredna Akademija University of Brčko District, BiH, for organising this international scientific conference — the first university in the region to have courageously woven artificial intelligence as a substantive thread across dozens of scientific and economic domains simultaneously. The University also provided London AI United College Ltd with the opportunity to present an exhibition of books, applications, and AI-related materials, as well as to conduct a workshop on the practical application of artificial intelligence — specifically on the design and deployment of multi-agent and multimodal AI systems across diverse domains of professional practice.

In doing so, Privredna Akademija University demonstrated precisely the competitive advantage that private higher education institutions can offer in responding to the greatest scientific and technological revolution in human history. Private universities and private colleges are capable of reacting far more rapidly — organising timely conferences and launching current courses — without waiting for a competent ministry to approve and finance the initiative, or for a traditional publisher to validate it through a two-year preparation and approval cycle. By that point, the content is already fifty percent obsolete.

The conventional university accreditation model for programmes, curricula, and individual subjects is furthermore not calibrated for the pace of transformation driven by AI development and application. It is therefore essential that such accredited frameworks be complemented by exactly the kind of current conference represented by ISCTTL2026, as well as by continuously updated courses — ideally developed in partnership with more agile and flexible institutions specialised in delivering maximally current knowledge, such as London AI United College Ltd, which updates its handbooks and courses on a daily and weekly basis to ensure their immediate applicability and productive deployment.

2. HISTORICAL ROOTS: FROM THE CONTAINER TO THE ALGORITHM

To understand where AI logistics is taking us, it is necessary to understand where logistics has been. Two previous revolutions provide essential context: the containerisation era of the 1950s–1970s and the internet-enabled digital logistics era of the 1990s–2010s.

The standardised shipping container — one of history's most valuable yet least recognised inventions — radically lowered the friction and cost of global trade. By enabling seamless transfer of cargo between ships, trains, and trucks without manual reloading, containerisation transformed ports from labour-intensive chaos into high-throughput systems. Trade volumes exploded. Global supply chains became economically viable. Manufacturing migrated toward lower-cost regions, lifting hundreds of millions out of poverty and creating consumer abundance in developed markets. The lesson of containerisation is that civilisation changes not only through glamorous inventions but through systems that reduce friction at scale.

The internet brought a second transformation. Digital communication enabled real-time coordination across continents, instant order placement, electronic customs clearance, online inventory visibility, and — ultimately — e-commerce. A consumer in Belgrade could purchase a product manufactured in Shenzhen, warehoused in Rotterdam, and delivered to their door within days. Expectations changed permanently: faster delivery, price transparency, global competition, and personalised service became the baseline.

Artificial intelligence now constitutes the third revolution. Where the container reduced physical friction and the internet reduced information friction, AI reduces cognitive friction — the cost of making decisions at scale, under uncertainty, in real time. AI does not merely accelerate existing

logistics processes — it redesigns them from first principles, enabling systems to learn, adapt, predict, and self-optimize in ways that no human organisation could replicate manually.

3. AI IN COOPERATIVE TRANSPORT NETWORKS

3.1 Connected Vehicle Ecosystems

Cooperative transport refers to systems in which vehicles, infrastructure, platforms, and operators share data and coordinate decisions in real time. AI is the enabling technology that makes genuine cooperation possible at scale. Connected vehicles equipped with V2V (vehicle-to-vehicle) and V2I (vehicle-to-infrastructure) communication can share speed, position, braking events, and hazard data, enabling truck platooning (where aerodynamic drag is reduced by coordinated convoy driving), adaptive signal control that minimises urban stop-start patterns, and predictive collision avoidance.

The economic benefits are significant. Truck platooning alone can reduce fuel consumption by eight to fifteen percent — a substantial saving across millions of vehicle-kilometres annually. Adaptive signal control reduces urban fuel waste and emissions. Real-time rerouting around incidents reduces average journey times and improves asset utilisation.

3.2 Shared Logistics Platforms and Cross-Border Coordination

Platform-based logistics models aggregate demand and supply across multiple carriers, shippers, and receivers, enabling load optimisation that individual operators cannot achieve alone. AI matching algorithms identify the optimal carrier for each shipment based on route, capacity, timing, emissions profile, and cost — simultaneously for thousands of shipments across a network.

Cross-border logistics presents particular complexity: differing customs regimes, documentation requirements, cabotage rules, weight limits, and taxation frameworks create enormous administrative friction. For the Western Balkans region — with its aspirations toward EU integration and its position as a strategic transit corridor — these systems represent both an economic opportunity and a regulatory preparation imperative.

3.3 Real-Time Supply Chain Visibility

One of the most commercially valuable AI applications in logistics is supply chain visibility: the ability to know, at any moment, the precise location, condition, and estimated arrival time of every shipment. This requires integration of GPS data, IoT sensor streams, carrier APIs, customs status feeds, and weather models — with the AI layer reconciling these data sources into a coherent operational picture. When disruptions occur — a port strike, a weather event, a sudden demand spike — AI systems can dynamically recalculate optimal responses, rerouting cargo, reallocating inventory, and communicating revised timelines to customers in real time.

4. AI APPLICATIONS ACROSS TRANSPORT MODES

4.1 Road Transport and Fleet Management

Road freight remains the dominant transport mode in most economies. AI transformation here is already well advanced. Route optimisation algorithms continuously recalculate vehicle paths based on live traffic data, delivery constraints, fuel prices, and driver hours regulations. Predictive maintenance systems analyse telematics data from vehicle sensors to identify

components approaching failure before breakdown occurs, reducing costly roadside incidents and scheduling maintenance during planned downtime rather than emergency breakdowns. Dynamic load optimisation systems ensure that vehicles carry maximum permissible loads along optimal routes, reducing vehicle-kilometres required to move a given freight volume — directly reducing both emissions and fuel costs.

4.2 Rail and Intermodal Transport

Rail logistics benefits from AI in timetable optimisation, predictive maintenance of track and rolling stock, freight capacity planning, and coordination of intermodal transfers. The ability to predict delay propagation — where a delay at one node cascades through a network — and to implement preemptive mitigation strategies represents a significant reliability improvement over manually managed rail systems.

4.3 Air Cargo and Airport Logistics

Air cargo AI applications span demand forecasting, gate and slot allocation (optimising aircraft turnaround times), cargo handling automation (using computer vision and robotics for sorting, scanning, and palletisation), and security screening (AI-assisted X-ray image analysis to improve threat detection accuracy while reducing manual review burden). Airport logistics AI also addresses the critical challenge of ground handler coordination: ensuring that fuelling, catering, baggage, cleaning, and technical inspection services converge precisely on each aircraft's timeline.

4.4 Maritime and Port Logistics

Ports are among the most complex logistics environments in existence, coordinating thousands of vessels, millions of containers, and hundreds of service providers simultaneously. AI applications include berth scheduling optimisation (assigning vessels to berths in sequences that minimise total waiting time), container stacking optimisation (positioning containers so that those needed earliest are most accessible), vessel ETA prediction, and port energy management.

4.5 Urban Last-Mile Delivery

Last-mile delivery — the final step from a distribution hub to the end recipient — represents thirty to fifty percent of total delivery cost in e-commerce logistics, despite being the shortest segment. Urban congestion, delivery density, failed delivery attempts, and parking constraints make this the most cost-intensive and emissions-intensive part of the supply chain. AI addresses this through dynamic route sequencing, predictive delivery time windows, and the increasingly mature application of autonomous delivery robots and drones for specific use cases.

5. THE WAREHOUSE REVOLUTION: AUTOMATION, ROBOTICS, AND DIGITAL TWINS

Modern mega-warehouses — exemplified by Amazon fulfilment centres — operate at a scale and complexity that would be unmanageable without AI. Fleets of Autonomous Mobile Robots (AMRs) navigate warehouse floors continuously, bringing product shelving units to human pickers rather than requiring pickers to walk miles per shift. Computer vision systems identify products, verify order accuracy, detect defects, and guide robotic arms in picking tasks that previously required exclusively human dexterity.

Inventory intelligence systems continuously model demand across thousands of product lines, positioning stock at the warehouse locations that minimise future pick distances based on predicted order patterns. Swarm coordination algorithms allocate tasks across robot fleets in real time, preventing congestion and optimising collective throughput.

Digital twin technology represents a particularly powerful advance: creating a virtual replica of a physical warehouse facility that mirrors its real-time state. Warehouse managers can simulate operational changes — new layouts, altered processes, additional equipment — in the digital twin before implementing them physically, identifying bottlenecks and optimising configurations without production disruption.

The implications for education are direct. A warehouse engineer in 2030 must understand not only mechanical systems and logistics flows, but AI-driven scheduling, robot fleet management, computer vision calibration, and digital twin modelling — competencies that do not exist in traditional logistics engineering curricula.

6. PLATFORM ECONOMY AND DYNAMIC PRICING IN TRANSPORT MARKETS

6.1 Platform Architecture and Ecosystem Logic

The platform companies that have most reshaped logistics — Amazon, Alibaba, Uber Freight, Bolt, Glovo, DHL's platform services, and dozens of regional equivalents — share a structural logic: they do not own most of the assets they coordinate. Instead, they create markets where multiple suppliers and multiple buyers interact under AI-governed rules, with the platform capturing value through data, matching efficiency, and network effects.

This model has democratising potential. A small producer in a peripheral region can access the same customer marketplace as a large established retailer. A small carrier can access freight loads that would previously have required expensive broker relationships. A consumer in a rural area can access delivery services economically feasible only because AI aggregates sufficient demand density across a wide geographic network.

6.2 Dynamic Pricing: Mechanisms and Social Implications

Dynamic pricing — the real-time adjustment of prices based on supply, demand, competitor behaviour, time remaining, weather, local events, and customer browsing behaviour — is now pervasive across transport markets. Airline seats, hotel rooms, ride-hailing fares, and increasingly consumer products are all subject to algorithmic pricing.

The economic rationale is efficiency: an empty airline seat after departure has zero value, so aggressive discounting before departure improves aircraft utilisation and may enable lower average fares. Dynamic pricing can also smooth demand peaks, encouraging off-peak travel when capacity is underutilised. However, poorly designed systems may create public distrust — particularly when prices spike at moments of consumer vulnerability. Transparency, fairness regulation, and consumer literacy about dynamic pricing mechanisms are therefore important policy considerations.

6.3 Consumer Democratisation Through AI Platforms

A critical but frequently underexamined dimension of AI logistics platforms is their contribution to consumer welfare for lower-income populations. Families with modest incomes can compare prices across dozens of retailers simultaneously, accessing discounts previously requiring significant time and mobility to find manually. Elderly citizens can receive medicine, food, and

essential goods at home without private transport. Rural residents can order product ranges previously available only in major urban centres. For the Western Balkans — where income inequality and geographic disparities in service access remain significant — the development of robust AI logistics platforms could contribute substantially to social cohesion and economic participation.

7. AUTONOMOUS TRANSPORT: TECHNOLOGY TRAJECTORY AND SOCIETAL IMPLICATIONS

7.1 The State of Autonomous Mobility

Autonomous vehicle technology is advancing across multiple fronts simultaneously: robotaxi services operating commercially in several cities, autonomous truck platooning on dedicated highway corridors, driverless metro systems deployed in dozens of cities worldwide, autonomous mobile robots in warehouses and ports, autonomous agricultural machinery, and automated mining vehicles in remote operations. Each environment presents different technical challenges, and progress has been uneven — but the directional momentum is consistent.

The economic incentive for autonomous freight transport is compelling. Long-haul truck drivers require salaries, breaks, sleep, training, insurance complexity, and are exposed to fatigue risk. Machines can theoretically operate longer hours at lower marginal cost. Barriers nevertheless remain: regulation, public trust, weather complexity, edge-case safety, cybersecurity, and infrastructure adaptation.

7.2 Labour Market Transformation, Not Elimination

The fear that autonomous transport will create mass unemployment among drivers deserves careful analysis rather than dismissal or uncritical acceptance. Transport employs tens of millions of workers in Europe alone, with truck driving, taxi and ride-hailing, bus and coach operation, and delivery constituting some of the largest occupational categories for men without university-level education.

Historical evidence from previous automation waves consistently shows that productivity gains destroy certain specific tasks while creating new occupational categories. Transport automation will likely follow a similar pattern: many driving tasks will be automated, while new roles emerge in remote fleet supervision, sensor and software maintenance, safety auditing, last-metre human service delivery, multimodal coordination, and customer assistance. The key variable is not whether new jobs will exist, but whether workers displaced from old roles will have the education, support, and opportunity to access new ones. This is fundamentally an education and policy challenge.

8. AI IN SPECIALISED LOGISTICS DOMAINS

8.1 Healthcare and Pharmaceutical Logistics

Healthcare supply chains combine time-criticality with regulatory compliance requirements at a level of complexity that AI systems handle particularly well. Drug traceability from manufacture to patient administration — essential for anti-counterfeiting and recall management — requires tracking across multiple handoffs between manufacturers, wholesalers, pharmacies, and hospitals. Cold chain monitoring systems use IoT sensors and AI alerts to detect deviations before product integrity is compromised. Hospital demand forecasting models optimise

inventory levels, reducing both stockouts of critical medications and waste from expiry of slow-moving products.

8.2 Food and Cold Chain Logistics

Fresh food supply chains operate under extreme time pressure with significant waste consequences for inefficiency. AI applications include shelf-life prediction models using temperature history and product-specific decay rates, cold chain monitoring alert systems, demand forecasting to balance supply with perishable stock, and waste analytics identifying the stages in the supply chain where losses are highest. Globally, approximately one-third of food produced for human consumption is lost or wasted, with logistics inefficiencies responsible for a significant share.

8.3 Humanitarian and Disaster Logistics

Humanitarian logistics presents some of the most demanding logistics challenges: extreme uncertainty, damaged infrastructure, security constraints, rapidly evolving demand, and life-or-death consequences of failure. AI tools provide significant improvements in damage assessment (using satellite imagery analysis), relief routing (optimising distribution across damaged road networks), shelter supply chain management, and real-time coordination dashboards. For the Balkans region — historically affected by floods, earthquakes, and migration crises — these capabilities represent particularly relevant investment priorities.

9. GREEN LOGISTICS AND THE ENVIRONMENTAL IMPERATIVE

Transport and logistics account for approximately twenty-three percent of global energy-related CO₂ emissions, making decarbonisation of this sector an essential component of meeting climate commitments. AI contributes to green logistics through multiple pathways simultaneously.

Route and load optimisation directly reduces vehicle-kilometres travelled and fuel consumed per unit of freight moved. AI-powered energy management in warehouses shifts consumption to lower-carbon periods and identifies efficiency improvements in heating, lighting, and refrigeration systems. Predictive maintenance extends vehicle and equipment lifespans, reducing the resource intensity of manufacturing replacement assets. Modal shift — encouraging use of lower-emission transport modes such as rail and maritime — can be supported by AI systems providing transparent multimodal cost and emissions comparisons. Adoption of alternative fuels — electric vehicles, hydrogen fuel cells, sustainable aviation fuels — is also facilitated by AI energy management: optimising charging schedules for electric fleets and integrating fleet operations with renewable energy availability.

10. WORKFORCE TRANSFORMATION AND THE NECESSITY OF AI EDUCATION

10.1 The Scale of the Human Capital Challenge

The transformation of logistics by AI will require, by credible estimates, the reskilling of approaching one hundred million workers globally within the next fifteen years. This figure reflects the intersection of three trends: growing adoption of AI and automation in transport operations, retirement of pre-digital workforce cohorts, and emergence of entirely new occupational categories with no existing educational pipeline.

The challenge is particularly acute in regions with strong traditional logistics industries and less developed AI educational infrastructure. The Western Balkans, with substantial road freight and

warehousing sectors and growing e-commerce markets, faces this challenge directly. Without proactive educational investment, the region risks a widening gap between the skills its workforce possesses and the skills its economy requires.

10.2 Why Traditional Logistics Education Is No Longer Sufficient

Traditional logistics and transport education — even at advanced university level — was designed for a world of manual planning, spreadsheet analysis, telephone coordination, and paper documentation. A logistics professional today must understand how to interpret AI-generated forecasts, evaluate the assumptions embedded in optimisation models, identify when algorithmic outputs require human override, manage AI vendor relationships, configure and supervise automated systems, and interpret AI-generated performance analytics. These competencies cannot be acquired through traditional curricula alone — they require dedicated, practically oriented AI education delivered by educators with genuine AI expertise.

10.3 A Four-Level Certification Architecture for Logistics AI Competence

Level 1 — AI Literacy for All Employees — provides every worker in the logistics ecosystem with foundational understanding of what AI systems do, how to use AI productivity tools, basic prompting skills, data privacy awareness, and ethical principles. This level is relevant to truck drivers, warehouse operatives, customer service representatives, and administrative staff.

Level 2 — Domain-Oriented AI Education — builds sector-specific AI competence for professional roles: AI tools and applications relevant to transport management, warehouse operations, fleet engineering, customs and compliance, legal practice in logistics, procurement, and financial analysis. Education at this level is oriented around real case studies, practical laboratory exercises with industry-standard software, and project-based assessment.

Level 3 — AI Transformation Leadership — targets senior managers, directors, and executives who must lead organisational transformation. This level addresses change management for AI adoption, vendor evaluation and contract negotiation, performance measurement for AI systems, and strategic positioning in AI-transformed markets.

Level 4 — AI Engineering and Research — develops the technical professionals who will build, deploy, and advance AI systems in logistics contexts: data scientists specialising in logistics datasets, ML engineers working on transport optimisation models, and applied researchers advancing the field.

CONCLUSIONS AND POLICY RECOMMENDATIONS

Artificial intelligence is not approaching the logistics industry from outside as an optional technological upgrade. It is already the operational substrate of leading global logistics systems, and its penetration is accelerating across all transport modes, all geographic markets, and all professional levels of the supply chain.

Evidence reviewed in this paper consistently supports a unified conclusion: the principal competitive variable in logistics over the next decade will not be capital investment in AI hardware (which is becoming increasingly commoditised) but human capital investment in AI competence. Nations, regions, companies, and individuals that develop genuine AI understanding and application capability — embedded in professional practice rather than confined to academic study — will disproportionately capture the value created by AI transformation.

Specific policy recommendations include: first, integration of AI competency requirements into national professional certification frameworks for transport, logistics, and warehousing occupations; second, public funding support for AI reskilling programmes targeted at workers in occupations most exposed to automation displacement; third, development of public-private partnerships between educational institutions, industry, and government to create certified, industry-relevant AI curriculum content; fourth, regulatory frameworks encouraging AI adoption while ensuring algorithmic transparency, data privacy protection, and fair dynamic pricing practices; and fifth, regional cross-border cooperation on logistics AI standards and data-sharing frameworks.

The transition that AI is driving in logistics is, ultimately, neither threat nor panacea. It is a profound structural change that will yield enormous social benefits — cheaper transport, less waste, cleaner air, faster delivery, greater inclusion — but will also require deliberate, intelligent management of its human consequences. The capacity to navigate this transition successfully will be determined less by technology than by education, foresight, and institutional will.

11. AI TOOLS, PLATFORMS AND APPLICATIONS IN TRANSPORT LOGISTICS: CONCRETE MARKET EXAMPLES

Abstract descriptions of AI capability are insufficient for practitioners seeking to make investment and adoption decisions. This section surveys commercially available AI tools and platforms — with indicative pricing where publicly disclosed — across the principal logistics domains discussed in this paper. The market is evolving rapidly; prices and feature sets should be verified with vendors at time of procurement.

11.1 Autonomous and AI-Assisted Agricultural and Heavy Machinery

One of the most commercially mature examples of AI retrofitting existing equipment is autonomous tractor technology. John Deere's Autonomous 8R Tractor — based on the TechControl and See & Spray platform with StarFire RTK GPS correction — can execute ploughing, seeding, and spraying cycles without a driver in the cab. Full autonomy configurations are priced around USD 500,000 per unit; retrofit AutoPath guidance kits for existing John Deere tractors start at approximately USD 15,000–25,000, delivering sub-centimetre pass-to-pass accuracy without active steering. Competing systems include CNH Industrial's Case IH AFS Connect and AGCO's Fendt 1000 Vario. For mixed or non-branded fleets, Raven Industries (acquired by CNH for USD 2.1 billion) markets the Raven Autonomy retrofit platform.

SwarmFarm Robotics (Australia) deploys fleets of lightweight autonomous SwarmBots (USD 85,000–120,000 per unit) covering the same area as a single large tractor while dramatically reducing soil compaction. Monarch Tractor (USA) offers fully electric autonomous tractors with remote monitoring from USD 150,000. In road freight, Waymo Via and Aurora Innovation (NASDAQ: AUR) operate autonomous truck pilots on the US I-45 Dallas–Houston corridor. In Europe, Einride's Pod autonomous electric freight vehicle is deployed commercially at Ericsson and GE Appliances facilities on fixed-route logistics corridors.

11.2 Fleet Management and Route Optimisation Platforms

The April 2026 fleet AI market is simultaneously mature and rapidly innovating. UPS's proprietary ORION system (On-Road Integrated Optimization and Navigation) processes more than 250 million data points daily to optimise routes across UPS's global fleet — one of the

largest AI routing deployments in existence. Samsara (NASDAQ: IOT), deployed across more than one million commercial vehicles, provides AI dashcam with real-time driver coaching, predictive maintenance alerts, Hours of Service compliance, and route optimisation; pricing starts at approximately USD 33 per vehicle per month for basic fleet tracking. Optym's HaulSuite optimises load planning, driver assignment, and route sequencing simultaneously, improving asset utilisation by 8–12% in documented carrier deployments.

For enterprise-grade vehicle routing, Ortec (Netherlands) — used by DHL, PostNL, and major European retailers — typically yields 8–15% reductions in total kilometres driven. Optimal Dynamics applies continuous learning algorithms to large fleet management for major logistics providers. HIVED, a zero-emission urban delivery company, deploys its HIVEDmind AI platform to balance route planning against EV charge levels and delivery priority, scaling across European capitals in 2026. For SMEs, Circuit Route Planner (USD 100/month per driver) and OptimoRoute (USD 35.10/driver/month, 30 countries) deliver AI route optimisation at accessible price points. Timocom — Europe's largest freight exchange, 45,000 registered companies — applies AI matching across 42 million transport offers and requests annually.

11.3 Warehouse Automation and Robotics

Geek+ (China, with global operations at DHL, Otto Group, and Decathlon) markets its P-series AMRs at USD 25,000–60,000 per unit; typical installations of 50–500 robots deliver picking productivity improvements of three to five times compared to conventional methods. Locus Robotics and 6 River Systems (acquired by Shopify) operate Robotics-as-a-Service (RaaS) models at approximately USD 1,500–2,000 per robot per month, eliminating large upfront capital commitment for smaller operators.

AutoStore's grid-based Automated Storage and Retrieval System — deployed at Gucci, Lufthansa Technik, and over 1,100 customers — provides storage density four times greater than conventional racking in the same footprint; a mid-sized installation (15,000 bins, 30 robots) costs approximately EUR 3–6 million installed. Cognex (NASDAQ: CGNX) vision inspection stations cost USD 5,000–30,000 per station, with typical return on investment achieved within 12–18 months.

11.4 Supply Chain Planning, Visibility, and Agentic AI Platforms

The enterprise AI supply chain planning market in 2026 has decisively shifted from passive analytics to agentic AI systems. Blue Yonder's Luminate Platform (formerly JDA Software, acquired by Panasonic) applies cognitive models for demand sensing, dynamic inventory balancing, and real-time transportation adjustment, delivering over 20 billion AI predictions daily; DHL has documented 7% transportation cost savings through Blue Yonder Network Design optimisation. Kinaxis Maestro — the agentic evolution of the RapidResponse concurrent planning engine — embeds digital co-workers that autonomously detect planning deviations and recommend corrective actions. C3 AI (NYSE: AI) orchestrates multiple agents across planning, production, and logistics. IBM watsonx Orchestrate automates procurement, fulfilment, and inventory tasks with AI agents embedded in existing ERP workflows.

Microsoft has announced its Work IQ, Foundry IQ, and Fabric IQ intelligence layer for supply chains, with Agent 365 reaching general availability in May 2026, presented at Hannover Messe April 2026. For supply chain visibility, project44 aggregates data from over 180,000 carriers globally (enterprise licensing from USD 150,000/year); FourKites and Shippeo serve European road freight. Flexport has built AI directly into its freight forwarding platform, automating bill of lading preparation, customs filing, and export documentation. Descartes Customs Compliance and E2open's Amber Road provide AI-powered classification and denied-party screening at USD 30,000–200,000 per year.

11.5 Predictive Maintenance Platforms

SparkCognition's Darwin AI and IBM Maximo Application Suite apply machine learning to industrial sensor data streams, predicting equipment failures two to four weeks before occurrence and reducing unplanned downtime by 30–50% in documented cases. Enterprise-grade predictive maintenance platforms are typically priced at USD 100,000–500,000+ per year for large asset bases; commercial fleet telematics platforms such as Samsara embed lighter predictive maintenance modules within standard subscriptions at no additional cost. For rail assets, Siemens Mobility's Railigent platform and Alstom's HealthHub system monitor bogies, brakes, pantographs, and traction systems with documented maintenance cost reductions of 15–25% versus fixed-interval schedules. For port crane fleets, ABB Ability Condition Monitoring applies vibration analysis and thermal imaging to predict bearing and gearbox failures in ship-to-shore cranes.

11.6 The Future of Connectivity: 6G Networks and Satellite Internet

While 5G is still being globally deployed, research focus has shifted sharply toward 6G networks, which promise to integrate artificial intelligence directly into network architecture and deliver speeds potentially reaching terabits per second. The defining characteristic of this next cycle is its synergy with satellite internet — specifically Low Earth Orbit (LEO) constellations such as SpaceX Starlink, Amazon Kuiper, and OneWeb. Unlike previous mobile generations that depended exclusively on terrestrial infrastructure, 6G targets complete global coverage by merging satellite communications with mobile networks, ensuring signal availability in the most remote rural areas, across oceans, and in airspace. For autonomous trucks operating in sparsely populated corridors, maritime vessels in mid-ocean, and agricultural machinery in remote fields, this convergence eliminates the dead zones that currently limit real-time telemetry and autonomous operation. In this field, Professor Đorđe Paunović and Professor Zoran Bojković — frequently in co-authorship with Dragorad Milovanović — represent the foremost academic authorities in the Western Balkans region.

12. THE MAITAI PLATFORM: A STRUCTURAL MODEL FOR AI EDUCATION AT SCALE

12.1 Architecture: The Knowledge Tree and Graph

The MAITAI programme — Master AI Transformation with Multi-Agentic and Multimodal Innovative Automatization — is structured as a living knowledge tree rather than a static course catalogue. The root is a comprehensive foundational course covering how artificial intelligence functions from first principles: convolutional neural networks (CNNs) for vision tasks, recurrent networks (RNNs) and long short-term memory architectures for sequential data, transformer architectures underpinning large language models, reinforcement learning, generative AI systems including diffusion models and large language models, multimodal AI, and the ethical and cybersecurity dimensions of AI deployment. This foundational course — exceeding 400 pages of content in its English-language edition — is priced at near-zero cost and machine-translatable into over 100 languages via Google's neural translation infrastructure, removing both economic and linguistic access barriers globally.

From this root, MAITAI branches into ten principal disciplinary domains corresponding to the major professional faculties of higher education: medicine and health sciences, electrical and electronic engineering, mechanical engineering, civil engineering, transport and logistics, architecture, business and management, law and regulation, chemistry and process engineering, and pedagogy and social sciences. Within each branch, further sub-branches address specialties and subspecialties. Individual leaf-level course units address single problems, diseases, projects,

tools, or professional scenarios, connecting via graph edges to multiple disciplinary branches simultaneously.

A MAITAI course on AI in Type 2 Diabetes management connects to diabetology, health economics, IoT wearable engineering, medical device regulation, and digital health investment — serving a general audience, clinicians, biomedical engineers, and startup investors simultaneously. A course on AI in Port Logistics connects to maritime engineering, international trade law, customs automation, green shipping regulation, and port infrastructure investment. The graph structure enables learners to follow personalised learning paths across disciplinary boundaries, reflecting the genuinely interdisciplinary nature of AI application in the real world.

12.2 The Multi-Agent AI Production and Update Model

Generating and continuously updating thousands of course units — each requiring current knowledge of evolving AI tools, pricing, regulations, and research — exceeds the capacity of any human editorial team operating through traditional publishing workflows. MAITAI therefore employs a hybrid multi-agent AI production pipeline: AI language models generate initial course drafts; specialist human experts in each domain verify, correct, and enrich the AI-generated content; and automated monitoring agents track AI tool version releases, pricing changes, regulatory updates, and new research publications, triggering revision cycles weekly or monthly. A MAITAI course on autonomous vehicle platforms, for instance, reflects the current pricing and capability of Waymo, Aurora, and Einride — not the situation as it existed when a textbook was sent to press eighteen months earlier.

REFERENCES

- [1] Chopra, S., & Meindl, P. (2021). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7th ed.). Pearson.
- [2] Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management* (5th ed.). FT Publishing International.
- [3] Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- [4] Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslender, T. (2011). Characteristics and typology of last-mile logistics. *City Logistics*, 56, 758–778.
- [5] Manyika, J., et al. (2017). *A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey Global Institute.
- [6] European Commission. (2023). *Sustainable and Smart Mobility Strategy*. Publications Office of the EU.
- [7] Wang, G., et al. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110.
- [8] Winkenbach, M., Kleindorfer, P., & Spinler, S. (2016). Enabling Urban Logistics Services at La Poste through Multi-Echelon Location-Routing. *Transportation Science*, 50(2), 520–540.
- [9] Veres, P., Wouters, M., & Heiligers, T. (2020). AI-based decision support systems in logistics. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(6), 725–741.
- [10] Taniguchi, E., Thompson, R.G., & Yamada, T. (2016). New opportunities and challenges for city logistics. *Transportation Research Procedia*, 12, 5–13.
- [11] Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2017). Internet of things and supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4719–4742.
- [12] Mangan, J., Lalwani, C., & Lalwani, C.L. (2016). *Global Logistics and Supply Chain Management* (3rd ed.). Wiley.

ABSTRACT

The convergence of artificial intelligence with cooperative transport, smart warehousing, and global supply chains represents the most significant structural shift in logistics since containerisation. This paper synthesises evidence across more than one hundred and fifty thematic domains — spanning autonomous mobility, platform economics, predictive analytics, last-mile delivery, cold-chain management, maritime optimisation, air cargo intelligence, urban freight coordination, and humanitarian logistics — to argue that AI is no longer an optional enhancement but the foundational operating layer of modern logistics systems. A four-level competency architecture for AI workforce training is proposed, grounded in practical certification pathways applicable across the Balkans and wider European region.

Keywords: artificial intelligence, logistics, cooperative transport, autonomous vehicles, workforce transformation, AI education, supply chain, platform economy, smart warehousing

ZNAČAJ RAZVOJA INTERNET APLIKACIJA U OPTIMIZACIJI LOGISTIČKIH I TRANSPORTNIH SISTEMA

Marko Momčilović¹, Dragan Rastovac², Katarina Đorđević³

Sažetak: Razvoj digitalnih tehnologija u velikoj meri utiče na transformaciju logističkih i transportnih sistema, pri čemu internet aplikacije postaju značajan deo savremenog poslovnog okruženja. Njihova primena otvara nove mogućnosti za unapređenje organizacije procesa, bolju koordinaciju između različitih učesnika i efikasnije upravljanje resursima. U radu se razmatra značaj razvoja internet aplikacija kao savremenog alata koji može doprineti optimizaciji logističkih i transportnih aktivnosti. Poseban akcenat stavlja se na njihovu ulogu u podršci poslovnim funkcijama, unapređenju informacione povezanosti i prilagođavanju zahtevima dinamičnog tržišta. Cilj rada je da ukaže na potencijal koji internet aplikacije imaju u unapređenju performansi logističkih sistema, kroz povećanje efikasnosti, racionalizaciju troškova i unapređenje kvaliteta usluga. Analiza se zasniva na pregledu relevantne literature i savremenih trendova u oblasti digitalizacije, sa namerom da se identifikuju ključni pravci razvoja i mogućnosti njihove primene u praksi. Razvoj internet aplikacija predstavlja važan element modernizacije logističkih i transportnih sistema, doprinoseći njihovoj većoj fleksibilnosti, pouzdanosti i konkurentnosti u savremenim uslovima poslovanja.

Ključne reči: internet aplikacije, logistika, transportni sistemi, digitalizacija, optimizacija.

UVOD

Digitalna transformacija i informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) omogućavaju da logistika preraste iz izolovanih operativnih sistema u sveobuhvatne usluge zasnovane na podacima, koje unapređuju transparentnost, efikasnost poslovanja i održivost, a istovremeno podstiču razvoj novih platformskih poslovnih modela. Međutim, primena ovih promena često je neujednačena i zavisi od različitih faktora, kao što su dostupnost finansijske podrške, zastarela tehnologija, potreba za novim veštinama, problemi kompatibilnosti i bezbednosni rizici. Digitalna transformacija i IKT iz temelja menjaju način na koji učesnici u logistici razmenjuju podatke, upravljaju tokovima i kreiraju usluge; ove tehnologije istovremeno deluju kao operativna podrška i strateški resurs. IKT omogućava brz protok informacija, usklađuje procese i podstiče inovacije u uslugama, čime se unapređuje planiranje i povećava sposobnost reagovanja na potrebe klijenata (Al-Ababneh & Siam, 2025). Korišćenje digitalnih resursa ubrzava razmenu informacija i unapređuje saradnju u upravljanju lancima snabdevanja kroz povezivanje transporta, skladišnih kapaciteta i korisnika. Digitalne tehnologije povećavaju preglednost poslovanja i fleksibilnost, menjajući način na koji se logističke mreže nadziru i kontrolišu (Heinbach et al., 2021). Snažne IT sposobnosti dodatno unapređuju pružanje usluga i predstavljaju ključni pokretač organizacionih performansi i konkurentne prednosti u okviru koncepta Logistika 4.0 (Tavasszy, 2018).

1. DIGITALIZACIJA I KONCEPT LOGISTIKE 4.0

Logistika 4.0 predstavlja primenu principa Industrije 4.0 u logistici, sa ciljem njenog razvoja u sistem koji se oslanja na podatke, povezanost i prilagodljivost. Prelazak na digitalne sisteme – koji obuhvataju praćenje podataka u realnom vremenu, umrežene sisteme, napredne analitičke

¹ Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Leskovac, Republika Srbija, momcilovic.marko@vpsle.edu.rs

² Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet Privredna akademija, Novi Sad, Republika Srbija, dragan.rastovac@fimek.edu.rs

³ Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Leskovac, Republika Srbija, djordjevic.katarina@vpsle.edu.rs

alate i automatizaciju – doprinosi većoj transparentnosti, unapređenju procesa i razvoju inovativnih usluga, ali istovremeno donosi i izazove u vezi sa ulaganjima, kompatibilnošću i obukom zaposlenih. Pojam Logistika 4.0 označava prelazak ka digitalnoj eri u logistici i upravljanju lancima snabdevanja, koji je omogućen primenom tehnologija Industrije 4.0 i pristupa usmerenih na stvaranje vrednosti u realizaciji logističkih aktivnosti. Ovaj koncept obuhvata unutrašnju logistiku (intralogistiku), potpunu preglednost procesa od početka do kraja, razvoj platformi, kao i različite faze zrelosti organizacija koje prelaze sa manuelnih sistema na potpuno integrisane digitalne logističke modele.

Logistika 4.0 podrazumeva široku primenu principa Industrije 4.0, koje karakterišu povezanost, sajber-fizički sistemi, razmena podataka i automatizacija u upravljanju logistikom i lancima snabdevanja (Golinska-Dawson, 2023; Hmamou et al., 2024). U njen okvir spadaju automatizacija skladišta, logistika u transportu, sistemi za praćenje i nadzor (tracking & tracing), upravljanje imovinom, verifikacija procesa, kao i digitalne platforme za saradnju sa različitim akterima (Khan et al., 2022; Albrecht et al., 2023). Sa aspekta zrelosti, organizacije prolaze kroz jasno definisane faze razvoja (na primer: izbegavanje, otkrivanje, usvajanje, unapređenje i izvrsnost), pri čemu se mogu procenjivati prema spremnosti za Industriju 4.0, stepenu primene tehnologija i nivou finansijskih ulaganja koje su spremne da izdvoje (Golinska-Dawson, 2023).

Podsticaj ka digitalnoj transformaciji pokreće Logistiku 4.0 tako što fizička kretanja pretvara u kontinuirane tokove korisnih podataka, što omogućava automatizovano donošenje odluka, napredne prediktivne analize i razvoj inovativnih digitalnih poslovnih modela. Rast internet trgovine, potreba za većom operativnom efikasnošću i inicijative usmerene na zaštitu životne sredine dodatno podstiču kompanije da ubrzano unapređuju svoje digitalne kapacitete. Vidljivost u realnom vremenu postiže se putem umreženih senzora i povezanih sredstava, koji obezbeđuju stalni protok podataka i omogućavaju efikasno upravljanje operacijama i reagovanje na izuzetke u logističkim procesima (Khan et al., 2022; Albrecht et al., 2023). Korišćenjem automatizovanog odlučivanja, objedinjavanja podataka, kao i primenom veštačke inteligencije i analize velikih skupova podataka, unapređuju se prediktivno rutiranje, preciznije prognoziranje tražnje i optimalna, dinamička raspodela resursa (Khan et al.).

2. INTERNET APLIKACIJE U LOGISTIČKIM I TRANSPORTNIM SISTEMIMA

Internet rešenja u logistici i upravljanju transportom odnose se na softvere kojima se pristupa preko interneta, najčešće putem pretraživača, i koji omogućavaju lakšu organizaciju, realizaciju i praćenje logističkih aktivnosti, kao i saradnju između različitih učesnika u procesu. Ove aplikacije obično kombinuju mape i GIS sisteme, telematiku i jednostavne korisničke interfejse, pa korisnici poput pošiljalaca, prevoznika i dispečera mogu da upravljaju poslovanjem sa bilo kog uređaja koji ima pristup internetu. Njihove osnovne funkcije uključuju praćenje lokacije vozila i prikaz njihovog kretanja, kao i pronalaženje najefikasnijih ruta u realnom vremenu, zahvaljujući povezivanju sa mapama i WebGIS tehnologijama (Yuan et al., n.d.). Takođe, sve više se koriste online platforme i portali putem kojih se razmenjuju podaci o ugovorima, nalogima i pošiljkama. Na taj način se povećava preglednost celokupnog procesa i olakšava donošenje pravovremenih i boljih poslovnih odluka (Betrand et al., 2024).

3. UTICAJ INTERNET APLIKACIJA NA OPTIMIZACIJU SISTEMA

Savremena digitalna rešenja u logistici sve više povezuju tehnologije kao što su veštačka inteligencija i mašinsko učenje, Internet stvari (IoT), digitalni modeli, blockchain, napredni algoritmi i simulacije. Njihova zajednička primena omogućava efikasnije planiranje transportnih ruta, unapređenje skladišnih procesa, preciznije upravljanje zalihama, optimizaciju poslednje faze isporuke i kvalitetnije upravljanje robnim tokovima. Ovakav tehnološki napredak dovodi do

vidnog smanjenja troškova i skraćanja vremena realizacije, ali i do značajnog unapređenja u oblasti prediktivne analitike i prepoznavanja potencijalnih prevara i nepravilnosti. Razvoj digitalne logistike zasniva se na kombinaciji napredne analize podataka, savremenih senzorskih rešenja, algoritama i blockchain tehnologije, koji zajedno doprinose preciznijem planiranju, efikasnijem izvršavanju aktivnosti i pouzdanijoj kontroli procesa u lancu snabdevanja.

Ključni pristupi u ovom kontekstu uključuju primenu prediktivnih modela za prognoziranje tražnje i planiranje održavanja, prikupljanje podataka u realnom vremenu putem senzora radi veće preglednosti, korišćenje optimizacionih i pretraživačkih algoritama za efikasnije rutiranje i raspodelu resursa, kao i upotrebu blockchain tehnologije koja omogućava sigurnu i transparentnu sledljivost svih procesa.

Praktična primena digitalnih rešenja u logistici obuhvata brojne oblasti – od procene tražnje kupaca, planiranja transportnih ruta i upravljanja skladišnim prostorom, do organizacije isporuka i upravljanja povratima robe. U literaturi se jasno uočava napredak u svim ovim segmentima. Istraživanja često ukazuju na veću preciznost prognoza, uštede troškova zahvaljujući optimizaciji ruta, kao i smanjenje nestašica i gubitaka kada se senzorske tehnologije kombinuju sa analitičkim alatima.

Na primer, primena mašinskog učenja u prognoziranju tražnje može povećati tačnost i do oko 15% u velikim maloprodajnim sistemima, čime se smanjuje neizvesnost u planiranju i greške u dopuni zaliha (Tovstolis, 2024). U oblasti detekcije prevara i upravljanja povratima, kombinacija Random Forest algoritama i LSTM modela omogućila je preciznost od oko 87% u otkrivanju prevara, uz istovremeno smanjenje grešaka u predviđanju povrata na oko 12% u analizama farmaceutskog sektora (Abideen et al., 2021).

Optimizacija ruta, koja koristi genetske algoritme u kombinaciji sa podacima u realnom vremenu, donosi značajne uštede – oko 18% smanjenja troškova u testiranim modelima prikupljanja, dok se vreme isporuke može unaprediti za približno 15% do 25% (Abideen et al., 2021; Korman, n.d.). Takođe, primena digitalnih blizanaca i simulacionih modela pokazuje veliki potencijal, jer može dovesti do smanjenja operativnih troškova od 30% do 40%, kao i do bržeg oporavka sistema nakon poremećaja i do 60% (Pasupuleti et al., 2024).

Kada se integrišu sistemi za upravljanje transportom (TMS) i skladištem (WMS), uz naprednu analitiku, beleže se dodatna poboljšanja – smanjenje operativnih troškova u rasponu od 15% do 30% i smanjenje logističkih rizika za oko 25% do 40% u složenim optimizacionim modelima (Biryu et al., 2025; Tovstolis, 2024).

Svi navedeni kvantitativni podaci zasnovani su na rezultatima empirijskih istraživanja i preglednih studija iz relevantne literature.

4. OPERATIVNA UNAPREĐENJA I IZAZOVI U PRIMENI WEB REŠENJA U LOGISTICI

Primena web tehnologija u logistici donosi konkretna unapređenja u svakodnevним operacijama – od planiranja transporta, preko upravljanja voznim parkom, do praćenja pošiljki i povećanja transparentnosti. Ipak, praksa pokazuje da uz ove koristi dolaze i određeni izazovi koje organizacije moraju prevazići.

U savremenim logističkim sistemima, web platforme omogućavaju donošenje odluka zasnovanih na podacima. Na primer, planiranje transporta postaje efikasnije kroz simulaciju scenarija, izbor prevoznika i automatizovano upravljanje pošiljkama, čime se ubrzava pokretanje i prilagođavanje transportnih procesa (Novickis et al., 2015). Takođe, saradničke platforme doprinose boljoj koordinaciji između partnera, jer omogućavaju razmenu informacija o narudžbinama i prognozama, što skraćuje vreme isporuke i poboljšava realizaciju porudžbina (Díez-Higuera et al., 2012).

Kada je reč o upravljanju voznim parkom, integracija telematike i analitičkih alata omogućava praćenje potrošnje goriva, vremena vožnje i ponašanja vozača, što direktno utiče na smanjenje troškova i bolju iskorišćenost resursa (Hepat et al., 2018; Manapure, 2024). Istraživanja pokazuju da sistemi koji kombinuju GPS tehnologiju i ekspertska pravila mogu značajno unaprediti efikasnost dispečiranja, posebno kod malih i srednjih logističkih preduzeća (Jelaco, 2005).

Optimizacija ruta predstavlja još jednu važnu prednost digitalizacije. Dinamičko planiranje ruta i objedinjavanje transporta smanjuju prazne vožnje i povećavaju iskorišćenost kapaciteta, dok integracija sa mapping tehnologijama ubrzava razvoj ovih funkcionalnosti (Yuan et al., n.d.; Aguilar et al., 2019).

U oblasti praćenja pošiljki, primena IoT tehnologija i cloud rešenja omogućava preciznije praćenje u realnom vremenu, kao i brzo reagovanje u slučaju odstupanja ili problema, čime se povećava transparentnost prema korisnicima (Sawant et al., 2024; Mary, 2024). Pilot studije potvrđuju da ovakvi sistemi unapređuju tačnost i brzinu reakcije u logističkim procesima (Sawant et al., 2024).

Tabela 1: Operativna unapređenja web logističkih sistema

<i>Oblast</i>	<i>Ključna korist</i>	<i>Izvor</i>
Planiranje transporta	Brže donošenje odluka i optimizacija procesa planiranja	(Novickis et al., 2015)
Kolaboracija u lancu snabdevanja	Bolja koordinacija i kraće vreme isporuke	(Díez-Higuera et al., 2012)
Upravljanje voznim parkom	Smanjenje troškova i bolja iskorišćenost resursa	(Hepat et al., 2018; Manapure, 2024)
Optimizacija ruta	Manje praznih vožnji i efikasnije korišćenje kapaciteta	(Yuan et al., n.d.; Aguilar et al., 2019)
Praćenje i transparentnost	Preciznije praćenje i brže reagovanje na probleme	(Sawant et al., 2024; Mary, 2024)

Izvor: sopstvena obrada autora na osnovu navedene literature

Iako su koristi značajne, implementacija ovih rešenja nije bez problema. Jedan od glavnih izazova odnosi se na integraciju novih web aplikacija sa postojećim sistemima, naročito starijim (legacy) platformama, što često otežava uspostavljanje jedinstvenog rešenja za sve učesnike u logističkom lancu (Ji et al., 2004).

Pored toga, tehnička ograničenja uređaja i opreme, posebno u kontekstu IoT rešenja, mogu predstavljati prepreku za širu primenu, jer izbor odgovarajućih senzora i hardvera direktno utiče na uspešnost implementacije (Sawant et al., 2024).

Važan faktor je i prihvatanje sistema od strane korisnika. Istraživanja pokazuju da poverenje u tehnologiju i jednostavnost korišćenja imaju ključnu ulogu u tome da li će zaposleni zaista koristiti nove sisteme, zbog čega je upravljanje promenama neophodno (Mary, 2024).

Na kraju, iako su mnogi sistemi pokazali dobre rezultate u pilot fazama, potrebno je dodatno testiranje u realnim uslovima i na većem broju lokacija kako bi se potvrdila njihova dugoročna održivost i mogućnost skaliranja (Dounpong & Suesaowaluk, 2019; Novickis et al., 2015).

Tabela 2: Ključni izazovi u primeni web logističkih sistema

<i>Izazov</i>	<i>Opis problema</i>	<i>Izvor</i>
Integracija sistema	Teško povezivanje novih web aplikacija sa postojećim i zastarelim sistemima, nedostatak jedinstvenih rešenja za sve učesnike	(Ji et al., 2004)
Ograničenja uređaja i opreme	Problemi u izboru odgovarajućeg IoT hardvera i senzora, koji mogu ograničiti implementaciju	(Sawant et al., 2024)
Poverenje i prihvatanje korisnika	Nizak nivo poverenja i percepcija složenosti utiču na slabiju upotrebu sistema	(Mary, 2024)
Skalabilnost i testiranje	Nedovoljno dugoročno testiranje i ograničeni pilot projekti otežavaju potvrdu efikasnosti u širem okruženju	(Dounpong & Suesaowaluk, 2019; Novickis et al., 2015)

Izvor: sopstvena obrada autora na osnovu navedene literature

5. SAVREMENI TRENDovi I PRAVCI RAZVOJA

Povezivanje tehnoloških inovacija, unapređene povezanosti, automatizacije i elektrifikacije značajno menja logistiku i pametni transport, pod uticajem razvoja IoT rešenja, veštačke inteligencije, blockchain tehnologije, autonomnih sistema i inteligentnih platformi. Ove promene otvaraju velike mogućnosti, poput bolje preglednosti kroz različite vidove transporta, automatizacije isporuke u poslednjoj fazi (last-mile) i inicijativa usmerenih ka smanjenju emisija i očuvanju životne sredine. Ipak, i dalje postoje važni izazovi, posebno u oblasti regulative, standardizacije, sajber bezbednosti i razvoja potrebnih veština zaposlenih.

Ovaj deo se fokusira na najvažnije savremene promene koje oblikuju logistiku i pametne transportne sisteme, uz objašnjenje na koji način te inovacije doprinose većoj efikasnosti i održivijem poslovanju. Da bi se sve to jasnije sagledalo, koristi se pregledna komparativna tabela koja prikazuje ključne funkcije, glavne prednosti i eventualne nedostatke, na osnovu rezultata relevantnih istraživanja.

Tabela 3: Ključne tehnologije, njihove uloge i efekti u logistici

<i>Tehnologija</i>	<i>Uloga u logistici i transportu</i>	<i>Prednosti i ograničenja</i>
IoT i senzori	Praćenje pošiljki i resursa u realnom vremenu	Omogućavaju potpunu vidljivost u transportu, skladištu i isporuci, ali otvaraju pitanja interoperabilnosti i bezbednosti (<i>Integrating Digital Technologies to Transform the Transport Logistics System</i> , 2024)
Veštačka inteligencija i big	Prognostiranje tražnje,	Poboljšavaju tačnost

data	optimizacija ruta i održavanje	planiranja i optimizaciju procesa, ali zahtevaju napredne modele i veliku količinu podataka (Kashem et al., 2024)
Blockchain	Praćenje tokova i automatizacija transakcija	Omogućava sigurnu i transparentnu razmenu podataka i pametne ugovore, ali izazovi ostaju u integraciji i skalabilnosti (Singh et al., 2025)
Autonomna vozila i robotika	Automatizacija transporta i skladišnih operacija	Donose uštede u radu i omogućavaju kontinuiran rad sistema, ali su ograničeni regulativom i bezbednosnim pitanjima (Гірна & Іваницький, 2025; Marisamy et al., 2025)
Dronovi i bespilotna dostava	Brza isporuka na kratkim relacijama	Pogodni za hitne i lokalne isporuke, ali ih ograničavaju propisi i nosivost (Humayun et al., 2020;
5G/6G i edge computing	Brza komunikacija i obrada podataka	Omogućavaju upravljanje u realnom vremenu i primenu edge AI, ali su tehnologije još u razvoju (Гірна & Іваницький, 2025)
Digitalni blizanci	Simulacija sistema i testiranje scenarija	Poboljšavaju planiranje i otpornost sistema kroz virtuelne modele procesa (Гірна & Іваницький, 2025; Marisamy et al., 2025)
Električna i autonomna vozila	Smanjenje emisija i nova mobilnost	Doprinosе održivosti i razvoju novih poslovnih modela, ali zahtevaju velika ulaganja i infrastrukturu (Chung, 2021)
Pametna infrastruktura i ITS	Upravljanje saobraćajem i integracija sistema	Omogućavaju optimizaciju urbanog transporta, ali zahtevaju koordinaciju i značajna ulaganja (Kasrim, 2025; Wentker, 2022)
Hyperloop i slični sistemi	Ubrzanje transporta na velikim udaljenostima	Još uvek nema dovoljno dokaza za širu primenu u logistici

Izvor: sopstvena obrada autora na osnovu navedene literature

Uvodne tvrdnje u ovom delu zasnovane su na komparativnim analizama i pregledima tehnologija, koji izdvajaju IoT, veštačku inteligenciju, blockchain, autonomne sisteme, naprednu povezanost i elektrifikaciju kao ključne pokretače razvoja pametne logistike.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da digitalna transformacija predstavlja ključni pokretač savremene logistike i transportnih sistema. Integracija tehnologija kao što su IoT, veštačka inteligencija, blockchain, napredni algoritmi i digitalni modeli dovela je do značajnog unapređenja operativnih procesa, pre svega u oblasti planiranja, upravljanja resursima, praćenja pošiljki i donošenja odluka zasnovanih na podacima. Posebno se ističe prelazak sa tradicionalnih, fragmentisanih sistema ka integrisanim, digitalno vođenim platformama koje omogućavaju veću transparentnost, fleksibilnost i efikasnost u lancima snabdevanja. Ključni nalazi ukazuju na to da primena savremenih tehnologija donosi merljive koristi – smanjenje troškova, skraćanje vremena isporuke, povećanje tačnosti prognoza i unapređenje korisničkog iskustva. Sistemi zasnovani na real-time podacima, automatizaciji i analitici omogućavaju organizacijama da brže reaguju na promene na tržištu i optimizuju svoje poslovanje. Istovremeno, razvoj koncepta Logistike 4.0 pokazuje da logistika više nije samo operativna funkcija, već strateški element konkurentnosti i održivog razvoja.

Cilj rada, koji se odnosi na sagledavanje uticaja digitalnih tehnologija na unapređenje logističkih procesa i identifikaciju njihovih prednosti i ograničenja, može se smatrati ispunjenim. Analiza je pokazala da digitalne tehnologije značajno unapređuju performanse sistema, ali da njihova implementacija nije jednostavna i zahteva pažljivo planiranje, ulaganja i prilagođavanje organizacionih kapaciteta. Sa praktičnog aspekta, rezultati istraživanja ukazuju na potrebu da logističke kompanije kontinuirano ulažu u digitalnu infrastrukturu, razvijaju kompetencije zaposlenih i usvajaju inovativne modele poslovanja. Poseban značaj ima integracija različitih sistema i tehnologija, kao i izgradnja poverenja korisnika u digitalna rešenja. Takođe, organizacije bi trebalo da teže razvoju održivih logističkih praksi, uključujući primenu električnih vozila, optimizaciju ruta i smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu. Ipak, brojni izazovi ostaju prisutni, među kojima se izdvajaju problemi interoperabilnosti sistema, bezbednosti podataka, regulatorni okviri i nedostatak adekvatno obučenog kadra. Ovi faktori mogu usporiti ili otežati proces digitalne transformacije, posebno kod manjih i srednjih preduzeća.

U pogledu budućih istraživanja, preporučuje se dublje ispitivanje dugoročnih efekata primene digitalnih tehnologija u logistici, posebno u kontekstu njihove skalabilnosti i održivosti. Takođe, značajno bi bilo analizirati ulogu institucionalne podrške i regulatornih politika u podsticanju digitalizacije, kao i istražiti načine za efikasnije povezivanje različitih tehnoloških rešenja u jedinstvene sisteme. Dodatna pažnja može se posvetiti i uticaju digitalne transformacije na organizacionu kulturu i upravljanje promenama u logističkim preduzećima.

Sveukupno posmatrano, digitalna transformacija predstavlja neizbežan pravac razvoja logistike, koji donosi brojne prednosti, ali istovremeno zahteva strateški pristup, kontinuirano prilagođavanje i spremnost na inovacije.

LITERATURA

1. Aguilar, H., González, P., Molina, M., Quila, D., Gatica, G., Coronado-Hernández, J. R., Baron-Villamizar, J., & Silva, J. (2019). A Web Application to Optimization of Transport in Military Operations (pp. 176–185). Corporación Universidad de la Costa. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30465-2_20

2. Al-Ababneh, H. A., & Siam, I. M. (2025). Digital transformation of logistics: The role of IT in improving supply chain efficiency. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 103(23), 9969–9988. <https://www.jatit.org/volumes/Vol103No23/19Vol103No23.pdf>
3. Albrecht, T., Baier, M.-S., Gimpel, H., Röglinger, M., Schlüchtermann, J., & Will, L. L. (2023). Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. *Information Systems Frontiers*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10394-6>
4. Betrand, C. U., Onukwugha, C. G., Ofoegbu, C. ifeanyi, Aliche, O. B., & Kelechi, D. A. (2024). Logistics Web Application for the Tracking of Parcels. *International Journal on Data Science and Technology*. <https://doi.org/10.11648/j.ijdst.20241001.12>
5. Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and transport: A review. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 153, 102455. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2021.102455>
6. Díez-Higuera, J. F., Díaz-Pernas, F. J., Antón-Rodríguez, M., González-Ortega, D., & Martínez-Zarzuela, M. (2012). Logistics Services and Intelligent Security Control for Transport Companies. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/33322>
7. Dounpong, P., & Suesaowaluk, P. (2019). Transportation Management and Logistics System with Business Intelligence Approach (pp. 188–198). *Springer Science and Business Media LLC*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3250-4_23
8. Golinska-Dawson, P. (2023). Impact of Market Drivers on the Digital Maturity of Logistics Processes in a Supply Chain. *Sustainability*, 15(4), 3120. <https://doi.org/10.3390/su15043120>
9. Heinbach, C., Hagen, S., & Thomas, O. (2021). Freight-Logistics-as-a-Service – Innovative Geschäftsmodelle für ein datengetriebenes Transportmanagement. *Praxis Der Wirtschaftsinformatik*, 58(3), 580–594. <https://doi.org/10.1365/S40702-021-00718-Y>
10. Hapat, S., Aserkar, K., Ittroutwar, D., Bhoyar, U., Shelke, D., & Likha, K. (2018). Online Transportation of Goods. 3(2), 237–244. <https://doi.org/10.32628/CSEIT1831322>
11. Hmamou, Y., Chafi, A., & Kammouri Alami, S. (2024). *Exploring the Impact of Industry 4.0 Technologies on Logistics*. 1–5. <https://doi.org/10.1109/wccs62745.2024.10765584>
12. Humayun, M., Zaman, N., Hamid, B., & Ahmed, G. (2020). Emerging Smart Logistics and Transportation Using IoT and Blockchain. 3(2), 58–62. <https://doi.org/10.1109/IOTM.0001.1900097>
13. *Integrating digital technologies to transform the transport logistics system*. (2024). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14543481>
14. Jelaco, J. A. (2005). System, method and associated software for managing the transportation of goods. <https://patents.google.com/patent/WO2006036898A2/en>
15. Ji, C., Li, M., & Li, L. (2004). Freight transportation system based on Web service. *IEEE International Conference on Services Computing*, 567–570. <https://doi.org/10.1109/SCC.2004.1358065>
16. Kashem, M. A., Shamsuddoha, M., & Nasir, T. (2024). Smart Transportation and Carbon Emission from the Perspective of Artificial Intelligence, Internet of Things, and Blockchain: A Review for Sustainable Future. <https://doi.org/10.20944/preprints202410.0328.v1>
17. Kasrim. (2025). Smart Logistics 5.0: Integrated Transportation Innovation for Global Supply Chain Efficiency. *Maneggio*, 2(5), 93–104. <https://doi.org/10.62872/22prmm50>
18. Khan, S., Singh, R., Sá, J. C., Dos Santos, G. G., & Ferreira, L. P. (2022). Modelling of Determinants of Logistics 4.0 Adoption: Insights from Developing Countries. *Machines*, 10(12), 1242. <https://doi.org/10.3390/machines10121242>
19. Manapure, J. S. (2024). Freight management system: rightways air logistics solution. <https://doi.org/10.69758/gimrj2406i8v12p053>

20. Marisamy, K., Selvakumar, A., Rajasekar, B., Natarajan, R., Atajanova, A., & Makhmudov, S. (2025). Smart Logistics Integrating AI, IoT, Blockchain, and Robotics for a Sustainable Future. 73–104. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2434-0.ch003>
21. Mary, S. (2024). Web-based freight forwarding system for logistics management: case study of Trueline Africa Limited in Kampala, Uganda. <https://doi.org/10.58694/20.500.12479/2943>
22. Novickis, L., Vinichenko, S., Sotnichoks, M., Lesovskis, A., & Amalitskaya, D. (2015). Graph Models and GeoData Based Web Portal in Cargo Transportation. *Applied Computer Systems*, 17(1), 34–39. <https://doi.org/10.1515/ACSS-2015-0005>
23. Sawant, A., Jorapur, S., Madhurya, K., Rai, B., & Ladage, L. (2024). Enhanced logistics management through predictive modeling and analysis framework. 259–265. <https://doi.org/10.1109/icisc62624.2024.00051>
24. Singh, S. K., Gothania, J., & Jain, R. (2025). Advanced Transportation Technologies for Next-Generation Logistics. 431–470. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2434-0.ch015>
25. Tavasszy, L. A. (2018). Innovation and Technology in Multimodal Supply Chains. *Research Papers in Economics*. <https://doi.org/10.1787/52A6BC82-EN>
26. Wentker, H. (2022). Emerging Information and Communication Technologies: the Challenges for the Dynamic Freight Management in City Logistics. 3. <https://doi.org/10.3389/ffutr.2022.887307>
27. ZHAO, Y., MO, Y., & LIU, B. (n.d.). *Applying Google Maps API in logistics monitoring and management information system*. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-3997.2010.12.100>
28. Гірна, О., & Іваницький, Р. (2025). Інноваційні технології у транспорті та логістиці: напрями цифрової трансформації. *Via Economica*, 8, 18–24. <https://doi.org/10.32782/2786-8559/2025-8-3>

THE IMPORTANCE OF DEVELOPING INTERNET APPLICATIONS IN THE OPTIMIZATION OF LOGISTICS AND TRANSPORT SYSTEMS

Abstract: *The development of digital technologies has significantly influenced the transformation of logistics and transport systems, with internet applications becoming an important component of the modern business environment. Their implementation opens new opportunities for improving process organization, enhancing coordination among various stakeholders, and enabling more efficient resource management. This paper examines the importance of developing internet applications as a contemporary tool that can contribute to the optimization of logistics and transport activities. Particular emphasis is placed on their role in supporting business functions, improving information connectivity, and adapting to the demands of a dynamic market environment. The aim of the paper is to highlight the potential of internet applications in improving the performance of logistics systems through increased efficiency, cost rationalization, and enhanced service quality. The analysis is based on a review of relevant literature and current trends in digitalization, with the intention of identifying key development directions and possibilities for their practical application. The development of internet applications represents an important element in the modernization of logistics and transport systems, contributing to their greater flexibility, reliability, and competitiveness in contemporary business conditions.*

Keywords: *internet applications logistics, transport systems, digitalization, optimization.*

STRATEŠKI ZNAČAJ KONTROLINGA U UNAPREĐENJU OPERATIVNE EFIKASNOSTI OSIGURAVAJUĆIH DRUŠTAVA

dr. Branislava Narančić, Fikret Rastoder

SAŽETAK

Sažetak: Kontroling predstavlja savremeni upravljački instrument koji ima ključnu ulogu u unapređenju poslovne efikasnosti organizacija, posebno u finansijskom sektoru. Cilj ovog rada je da analizira značaj i ulogu kontrolinga u osiguravajućim društvima, sa posebnim fokusom na unapređenje efikasnosti poslovanja, donošenje kvalitetnih menadžerskih odluka i optimizaciju resursa. Rad istražuje transformaciju kontrolinga iz retrospektivnog u prediktivni model potpomognut digitalizacijom. Rezultati ukazuju na to da efikasan sistem kontrolinga doprinosi povećanju profitabilnosti, smanjenju troškova i boljoj kontroli rizika.

Ključne riječi: kontroling, osiguravajuća društva, efikasnost, digitalna transformacija, prediktivna analitika.

UVOD

1.1 Polazna osnova i definicija problema

Globalna industrija osiguranja trenutno se suočava sa fazom dubokih i disruptivnih promjena. Makroekonomsko okruženje karakterišu volatilna finansijska tržišta, promijenjene potrebe korisnika, geopolitičke neizvjesnosti i, ne manje važno, nivo regulatornog zgušnjavanja bez presedana. Posebno regulatorni okviri kao što su *Solvency II* na evropskom nivou, kao i uvođenje standarda finansijskog izvještavanja *IFRS 17*, primoravaju osiguravajuća društva da iz temelja redefinišu svoje upravljanje rizicima, kapitalom i prinosima. U ovom visokosloženom i dinamičnom tržišnom okruženju, puko retrospektivno posmatranje finansijskih pokazatelja više nije dovoljno da bi se osigurala održiva konkurentnost i solventnost osiguravača (usp. Weber & Schäffer, 2022).

Na ovoj prekretnici, kontroling dolazi u fokus kao centralni instrument vođenja u korporativnom upravljanju. Istorijski posmatrano, fokus kontrolinga u osiguranju bio je primarno na tradicionalnom budžetiranju, analizi odstupanja i standardizovanom internom izvještavanju (reporting). Međutim, takva orijentacija ka prošlosti pokazuje se nedovoljnom s obzirom na današnju gustinu informacija i zahtijevanu brzinu reakcije. Stvarni problem leži u strukturalnoj i tehnološkoj tromosti mnogih tradicionalnih sistema upravljanja: podaci se često nalaze u izolovanim "silosima" (upravljanje polisama, obrada šteta, naplata i isplata), što otežava integrisano upravljanje kompanijom u realnom vremenu.

Istovremeno, digitalna transformacija otvara potpuno nove paradigme za finansijsko i operativno vođenje. Tehnologije poput *Big Data Analytics*, vještačke inteligencije (VI) i mašinskog učenja nude potencijal za obradu ogromnih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u realnom vremenu. Za kontroling to znači fundamentalnu promjenu uloge: kontrolor se transformiše iz reaktivnog „administratora brojki“ (Bean Counter) u proaktivnog i strateškog poslovnog partnera menadžmenta (Business Partner) (usp. Horváth et al., 2020). Uprkos ovom teorijski prepoznatom potencijalu, mnoga osiguravajuća društva se u praksi teško nose sa nesmetanim spajanjem klasičnih koncepata kontrolinga i modernih instrumenata prediktivne analitike (Predictive Analytics). Shodno tome, izazov se sastoji u tome da se pokaže kako mora

biti dizajniran digitalno podržan kontroling orijentisan ka budućnosti, kako bi se značajno i mjerljivo povećala operativna efikasnost u osiguravajućim društvima.

1.2 Cilj rada i istraživačka pitanja

U kontekstu opisanog problema, primarni cilj ovog rada je sistematska analiza strateške uloge i dodate vrijednosti kontrolinga u osiguravajućim društvima pod uticajem progresivne digitalizacije. Rad ne treba samo da osvijetli *status quo* prakse kontrolinga u osiguranju, već i da osmisli viziju digitalnog kontrolinga orijentisanog ka budućnosti (agilni i prediktivni kontroling).

Da bi se ovaj istraživački cilj svrsishodno operacionalizovao, ovo istraživanje se fokusira na sljedeća tri centralna istraživačka pitanja:

- Koji specifični sektorski prioriteti industrije osiguranja oblikuju zahtjeve za modernim sistemom kontrolinga u poređenju sa industrijskim i trgovačkim kompanijama?
- U kojoj mjeri se digitalne tehnologije – posebno prediktivna analitika i vještačka inteligencija – mogu koristiti za transformaciju kontrolinga iz retrospektivne kontrolne instance u instrument za povećanje efikasnosti orijentisan ka budućnosti?
- Koji su kritični faktori uspjeha (tehnološki, organizacioni i kulturološki) presudni za uspješnu implementaciju digitalno podržanog sistema kontrolinga u osiguravajućim društvima?

Odgovaranjem na ova pitanja, rad daje utemeljen doprinos aktuelnim istraživanjima u oblasti poslovne ekonomije na polju finansijskog menadžmenta i digitalne transformacije u sektoru finansijskih usluga.

1.3 Metodološki pristup i struktura rada

Kako bi se ispunili ciljevi i odgovorilo na istraživačka pitanja, rad je postavljen deduktivno i podijeljen u šest povezanih poglavlja. Metodološki, istraživanje se oslanja na sveobuhvatnu hermeneutičku analizu literature. Pri tome se kritički evaluiraju i sintetizuju etabliрана standardna djela o kontrolingu, aktuelne naučne publikacije (*peer-reviewed* časopisi), empirijske studije sektora, kao i regulatorna saopštenja.

Nakon ovog uvoda u Poglavlju 1, Poglavlje 2 posvećeno je teorijskim osnovama. Ovdje se definišu konceptualne osnove modernog kontrolinga, vrši razgraničenje od tradicionalnog računovodstva i izlaže promjena uloge kontrolora ka poslovnom partneru. Poglavlje 3 se fokusira na specifičnosti sektora osiguranja. Analizira uticaj regulatornih okvira (poput Solvency II) na sisteme upravljanja i razmatra specifične indikatore i pokretače vrijednosti u poslovanju osiguranja, kao što su upravljanje premijama, štetama i investicijama.

U Poglavlju 4 slijedi sadržajni fokus i naučni doprinos rada: Promjena paradigme kroz digitalizaciju. Ovo poglavlje istražuje granice tradicionalnog kontrolinga i detaljno analizira potencijale Big Data i prediktivnog modeliranja za povećanje operativne efikasnosti. Budući da teorijski koncepti u operativnoj stvarnosti često nailaze na barijere u implementaciji, Poglavlje 5 identifikuje i diskutuje o kritičnim faktorima uspjeha pri uvođenju digitalnih sistema kontrolinga. Razmatraju se kako tehnički zahtjevi za podacima, tako i potreba za kulturnom promjenom (*change management*) i izmijenjeni profili kompetencija (*future skills*) zaposlenih u kontrolingu. Rad se završava Poglavljem 6 sa zaključkom koji rezimira ključna saznanja u obliku teza, kritičkim osvrtom na ograničenja rada, kao i izgledima za buduće istraživačke i operativne potrebe.

2. TEORIJSKA OSNOVA KONTROLINGA

2.1 Razvoj i definicija modernog kontrolinga

Termin kontroling vuče korijene iz angloameričkog područja i potiče od glagola „to control“, što se u poslovnom kontekstu ne prevodi kao „kontrolisati“, već prvenstveno kao „upravljati“ ili „regulisati“. Istorijski gledano, ova funkcija se razvila iz potrebe za specijalizovanom podrškom menadžmentu u sve složenijim industrijskim preduzećima krajem 19. vijeka. Dok je kontroling u svojim počecima bio snažno fokusiran na dokumentaciju i praćenje novčanih tokova, danas se transformisao u sveobuhvatan sistem podrške rukovođenju.

Moderni kontroling se u literaturi danas pretežno definiše kao koordinaciona funkcija. On čini sponu između informacionog sistema, sistema planiranja i sistema kontrole unutar jednog preduzeća. Prema koordinaciono-orijentisanom pristupu (usp. Horváth), glavni zadatak se sastoji u međusobnom usklađivanju različitih podoblasti rukovođenja kako bi se strateški i operativni ciljevi mogli efikasno ostvariti. Radi se, dakle, o integrisanom upravljačkom procesu koji sinergijski povezuje planiranje, kontrolu i snabdijevanje informacijama.

2.2 Razgraničenje od klasičnog računovodstva i upravljanja rizicima

Precizno naučno razgraničenje je neophodno kako bi se izoštrilo razumijevanje uloge kontrolinga. Eksterno računovodstvo (knjigovodstvo/bilansiranje) prvenstveno je orijentisano na prošlost i služi dokumentovanju poslovnih događaja za eksterne interesne grupe, poput poreskih organa ili investitora, uz poštovanje zakonskih normi. Nasuprot tome, kontroling je orijentisan na budućnost i koristi interne podatke kako bi procijenio alternativne pravce djelovanja za budućnost.

Istovremeno, postoji bliska, ali distinktna veza sa upravljanjem rizicima. Dok upravljanje rizicima stavlja fokus na identifikaciju i procjenu prijetnji po vlastiti kapital, kontroling se koncentriše na potencijale uspjeha i ekonomičnost. U osiguravajućim društvima ove oblasti se sve više prožimaju, jer osnovna djelatnost – preuzimanje rizika – zahtijeva integrisani pristup u kojem aspekti rizika moraju direktno ulaziti u obračun rentabilnosti.

2.3 Promjena uloge kontrolora: Od „brojača brojeva“ do poslovnog partnera

Profil zahtjeva za kontrolore doživio je radikalnu transformaciju u posljednjim decenijama. Tradicionalna slika kontrolora kao „administratora brojki“ ili „brojača pasulja“ (erbsenzähler), koji se primarno bavi ispravnim evidentiranjem troškova, uveliko je zastarjela. U modernoj teoriji menadžmenta, kontrolor se danas razumije kao poslovni partner (Business Partner) ili „navigator“ rukovodstva preduzeća.

Ova promjena uloge podrazumijeva aktivno učešće u procesu donošenja odluka. Kontrolor djeluje kao interni savjetnik koji prevodi kompleksne količine podataka u informacije relevantne za djelovanje i služi kao „ekonomska savjest“ organizacije. U ovom kontekstu više nije traženo samo matematičko ili knjigovodstveno stručno znanje, već sve više strateško razmišljanje, komunikacijske vještine i sposobnost moderacije između različitih stručnih odjela. U sektoru osiguranja, koji je obilježen visokom regulatornom složenošću, to znači i premošćivanje jaza između aktuarske matematike i poslovnog upravljanja.

3. SPECIFIČNOSTI KONTROLINGA U OSIGURANJE

3.1 Regulatorni okvir (Solvency II, IFRS 17)

Osiguravajuća društva podliježu natprosječno visokoj gustini regulacije u poređenju sa drugim privrednim granama. Kontroling ovdje ne smije pratiti samo poslovne ciljeve, već obavezno mora osigurati usklađenost sa međunarodnim nadzornim standardima i standardima finansijskog izvještavanja.

Evropski nadzorni sistem *Solvency II* zasniva se na modelu tri stuba (minimalni kapitalni zahtjevi, upravljanje/upravljanje rizicima i objavljivanje podataka). Za kontroling to znači pomak sa pokazatelja isključivo orijentisanih na dobit ka upravljanju performansama prilagođenom riziku. Kontrolor mora osigurati da preduzeće u svakom trenutku raspolaže sa dovoljno vlastitih sredstava kako bi ispunilo obaveze prema osiguranicima čak i u stresnim scenarijima.

Paralelno s tim, *IFRS 17* predstavlja prekretnicu za računovodstvo i kontroling. Kroz vrednovanje ugovora o osiguranju na bazi trenutnih tržišnih vrijednosti, povećava se volatilnost u bilansima. Kontroling se suočava sa izazovom da ove kompleksne modele vrednovanja pripremi na razumljiv način za menadžment i predvidi uticaje na razvoj rezultata.

3.2 Upravljanje premijama, štetama i investicijama

Osnovna djelatnost osiguravača sastoji se od dva stuba prihoda: tehničkog rezultata osiguranja i rezultata od investiranja kapitala. Integrisani kontroling mora upravljati objema oblastima i uzimati u obzir njihovu međuzavisnost.

- **Upravljanje premijama i štetama:** Za razliku od proizvodnog sektora, „troškovi proizvodnje“ (isplate šteta) su u trenutku prodaje (naplate premije) nepoznati. Kontroling ovdje preuzima funkciju monitoringa adekvatnosti tarifa i razvoja kvota šteta. On čini sponu sa aktuarskim odjelom kako bi se rano prepoznali trendovi u razvoju šteta.
- **Investicije kapitala:** Budući da osiguravači često upravljaju premijama decenijama (naročito u životnom osiguranju), upravljanje imovinom (Asset Management) je od centralnog značaja. Kontroling prati usklađenost rokova dospeljeća i prinosa ulaganja sa obavezama iz ugovora o osiguranju (Asset Liability Management).

3.3 Relevantni ključni indikatori performansi (KPI) u osiguranju

Da bi operativna efikasnost bila mjerljiva, kontroling u osiguravajućim društvima koristi specifičan set pokazatelja. Najvažniji indikator je *Combined Ratio* (kvota šteta i troškova). On stavlja u odnos rashode za štete i troškove poslovanja osiguranja sa zarađenim premijama. Combined Ratio ispod 100% signalizira tehničku dobit od osiguranja. Ostali KPI-ovi relevantni za upravljanje su:

- **Kvota šteta (Loss Ratio):** Odnos rashoda za štete i premija.
- **Kvota troškova (Expense Ratio):** Udio troškova administracije i prodaje u prihodima.
- **Kvota storna:** Mjerilo za zadovoljstvo klijenata i stabilnost portfolija.
- **Kvota solventnosti:** Odnos prihvatljivih vlastitih sredstava i potrebnog solventnog kapitala.

4. PROMJENA PARADIGME: DIGITALIZACIJA I PREDIKTIVNI KONTROLING

4.1 Granice tradicionalnog, retrospektivnog kontrolinga

Klasični kontroling u osiguravajućim društvima decenijama se zasnivao na principu retrospekcije (pogleda unatrag). Izvještaji su se uglavnom kreirali mjesečno ili kvartalno, pri čemu je priprema podataka često bila manualna i dugotrajna. Ovaj „ex-post pristup“ u današnjem volatilnom svijetu dostiže svoje granice. Ako kontrolor tek na kraju kvartala utvrdi da je kvota šteta u određenom sektoru (npr. osiguranje motornih vozila) masivno porasla zbog promijenjenih vremenskih prilika ili rasta cijena rezervnih dijelova, dragocjeni mjeseci za korektivne mjere su već nepovratno prošli.

Osim toga, tradicionalnom kontrolingu često nedostaje sposobnost obrade nestrukturiranih podataka (poput tekstova iz stručnih nalaza o štetama ili trendova sa društvenih mreža). Koncentracija isključivo na finansijske pokazatelje zanemaruje rane signale upozorenja u operativnom poslovanju.

4.2 Big Data i Advanced Analytics u sektoru osiguranja

Industrija osiguranja raspolaže jednim od najvećih bogatstava podataka u poređenju sa svim ostalim privrednim granama. Svaki ugovor o osiguranju, svaka isplata štete i svaki kontakt s klijentom generišu podatke. Kroz digitalizaciju i upotrebu Big Data tehnologija, sada je moguće analizirati ove količine podataka (Volume), velikom brzinom (Velocity) i u velikoj raznolikosti (Variety).

Napredna analitika (*Advanced Analytics*) ide korak dalje od deskriptivne statistike. Ona omogućava pronalaženje korelacija koje ostaju skrivene ljudskom oku. U kontrolingu to dovodi do povećanja kvaliteta podataka, a analize se više ne zasnivaju samo na uzorcima, već na cjelokupnom skupu dostupnih podataka. Integracija eksternih izvora podataka (npr. telematika iz vozila ili vremenske prognoze) omogućava daleko preciznije upravljanje rizicima.

4.3 Upotreba vještačke inteligencije za prediktivno modeliranje

Stvarni naučni iskorak za kontroling leži u oblasti prediktivne analitike (Predictive Analytics). Ovdje se primjenjuju algoritmi mašinskog učenja (Machine Learning) kako bi se iz istorijskih podataka naučili obrasci i kreirale prognoze za budućnost.

- **Prediktivno upravljanje štetama:** Umjesto samo sabiranja prošlih šteta, modeli vještačke inteligencije (VI) mogu predvidjeti vjerovatni razvoj šteta u narednih šest mjeseci s visokom preciznošću. To omogućava kontrolingu da dinamičnije i preciznije upravlja formiranjem rezervi (Reserve Management).
- **Otkrivanje prevara (Fraud Detection):** Alati kontrolinga podržani vještačkom inteligencijom mogu u realnom vremenu prepoznati anomalije u prijavama šteta, što direktno smanjuje kvotu troškova (Expense Ratio).
- **Predviđanje odliva klijenata (Churn-Prediction):** Kontroling može predvidjeti koji će klijenti s velikom vjerovatnoćom raskinuti ugovor, što omogućava proaktivno upravljanje portfolijom.

4.4 Kontrolor kao arhitekt digitalne transformacije

U ovom novom okruženju, identitet kontrolora se ponovo mijenja. On postaje *Data Scientist* u finansijskom sektoru. Njegov glavni zadatak više nije puko prikupljanje podataka, već kritičko

preispitivanje rezultata složenih algoritama i njihovo prevođenje u strateške preporuke za menadžment.

Moj lični naučni doprinos u ovom radu naglašava da kontrolor mora izgraditi most između IT odjela i top menadžmenta. On djeluje kao „arhitekt“ koji koncipira sistem kontrolinga na način da prediktivni modeli direktno ulaze u planiranje budžeta i definisanje strateških ciljeva. Tek kada rezultati vještačke inteligencije postanu osnova za donošenje odluka od strane uprave, digitalizacija ostvaruje svoju punu ekonomsku korist.

5. KRITIČNI FAKTORI USPJEHA PRI IMPLEMENTACIJI

5.1 Zahtjevi za IT infrastrukturu i kvalitet podataka

Implementacija prediktivnog kontrolinga neraskidivo je povezana sa tehnološkom zrelošću organizacije. Centralnu prepreku u osiguravajućim društvima često predstavlja istorijski narasla, heterogena IT infrastruktura. Podaci su često pohranjeni u takozvanim "legacy" sistemima koji nisu koncipirani za brzi izvoz ili analizu u realnom vremenu. Prvi kritični faktor uspjeha je, stoga, upravljanje podacima (*Data Governance*). Važi osnovno pravilo: „Smeće unutra, smeće vani“ (*Garbage in, Garbage out*). Ako su osnovni podaci nepotpuni ili pogrešni, čak i najprecizniji modeli vještačke inteligencije (VI) davat će pogrešne upravljačke signale. Modernom kontrolingu je zato potrebna integrisana baza podataka (*Single Source of Truth*), koja je dostupna putem skladišta podataka (*Data Warehouse*) ili jezera podataka (*Data Lake*). Ovo zahtijeva blisku koordinaciju između kontrolinga i IT odjela kako bi se automatizovali tokovi podataka i osigurao njihov integritet.

5.2 Organizaciono utemeljenje i „Tone at the Top“

Sama tehnološka nadogradnja ne vodi nužno do veće efikasnosti. Kontroling je upravljački proces koji zahtijeva odgovarajuću korporativnu kulturu. Uvođenje digitalnih instrumenata upravljanja često znači masivan zahvat u postojeće procese donošenja odluka. Ključni faktor uspjeha je „Tone at the Top“ – odnosno bezuslovna podrška uprave. Ako top menadžment nastavi donositi odluke na osnovu „osjećaja“ i ignoriše prediktivne analize kontrolinga, sistem gubi smisao postojanja. Pored toga, organizaciona struktura mora biti dovoljno fleksibilna kako bi odstupanja koja identifikuje kontroling mogla u kratkom roku dovesti do operativnih prilagođavanja (npr. trenutno prilagođavanje online tarifa pri porastu učestalosti šteta).

5.3 Neophodni profili kompetencija (Future Skills)

Digitalizacija masovno pomjera zahtjeve prema zaposlenima u kontrolingu. Stručno znanje iz poslovne ekonomije i osiguranja ostaje osnova, ali više nije dovoljno. Novi profil kompetencija obuhvata:

- **Data Literacy:** Sposobnost čitanja, interpretacije i procjene statističke pouzdanosti podataka.
- **Metodološka kompetencija u analitici:** Poznavanje programskih jezika kao što su R ili Python, te rad sa BI alatima (npr. Tableau, Power BI), postaju standardni zahtjevi.
- **Storytelling i savjetovanje:** Što su matematički modeli u pozadini složeniji, to je važnija sposobnost kontrolora da ove rezultate komunicira na razumljiv način i orijentisan ka akciji prema onima koji nisu eksperti. Bez ciljanog razvoja kadrova i odgovarajućeg

upravljanja promjenama (Change Management), koji umanjuje strah od automatizacije, transformacija kontrolinga će propasti.

ZAKLJUČAK I IZGLEDI

6.1 Sažetak ključnih saznanja

Ovaj rad je pokazao da se kontroling u osiguravajućim društvima nalazi pred istorijskom prekretnicom. Tradicionalna funkcija, primarno orijentisana na dokumentaciju i ex-post kontrolu, više ne zadovoljava zahtjeve digitalne ekonomije i regulatorne složenosti (*Solvency II, IFRS 17*). Ključno saznanje je da transformacija ka prediktivnom kontrolingu može značajno povećati operativnu efikasnost. Korištenjem prediktivne analitike (*Predictive Analytics*), rizici se mogu ranije prepoznati, kvote troškova smanjiti, a profitabilnost povećati kroz preciznije određivanje cijena (pricing) i efikasnije upravljanje štetama. Kontrolor pritom od „dostavljača podataka“ postaje strateški „poslovni partner“ i navigator.

6.2 Kritički osvrt i ograničenja

Uprkos ukazanim potencijalima, ovaj rad ima određena ograničenja. Tehnološka izvodljivost ne garantuje ekonomski uspjeh ako se potcijene organizacione barijere (izolovani podaci u „silosima“, nedostatak digitalnih kompetencija). Pored toga, u ovom radu je primarno zauzeta strateška perspektiva; specifični matematički izazovi pri validaciji VI modela u kontekstu osiguranja zahtijevaju dublje aktuarsko istraživanje.

6.3 Potreba za budućim istraživanjima

Buduća istraživanja bi trebala ispitati kako etički aspekti korištenja vještačke inteligencije (npr. transparentnost kod automatizovanih odbijanja u procesu preuzimanja rizika – underwriting) utiču na kontroling. Takođe, zanimljivo je pitanje kako će se dugoročno razvijati saradnja između ljudske intuicije i vještačke inteligencije u okviru strateškog planiranja. Put ka „kognitivnom kontrolingu“ – u kojem VI ne služi samo kao podrška, već samostalno izrađuje scenarije – tek je na samom početku.

LITERATURA

Monografije i stručne knjige:

- Drury, C. (2018): *Management and Cost Accounting*. 10. izdanje, Cengage Learning, Boston.
- Horváth, P.; Gleich, R.; Seiter, M. (2020): *Controlling*. 14. izdanje, Vahlen Verlag, München.
- Kaplan, R. S.; Norton, D. P. (2001): *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*. Harvard Business School Press, Boston.
- Knežević, G. (2019): *Finansijski menadžment*. Univerzitet Singidunum, Beograd.
- Mayer, R. (2013): *Controlling*. 2. izdanje, Oldenbourg Verlag, München.
- Weber, J.; Schäffer, U. (2022): *Einführung in das Controlling*. 17. izdanje, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.

Stručni časopisi i članci:

- Bhimani, A.; Willcocks, L. (2014): *Digitisation, „Big Data“ and the transformation of accounting information*. U: South African Journal of Business Management, Vol. 45, No. 2.
- Gartner, Inc. (2023): *Predictive Analytics in Financial Services: Trends and Impacts*. Gartner Research Report.
- Seiter, M. (2017): *Business Analytics: Wie Sie Daten sinnvoll nutzen*. U: Controlling & Management Review, specijalno izdanje Digital Controlling.

Regulatorni izvori:

- Evropska unija (2009): *Direktiva 2009/138/EZ (Solvency II) o osnivanju i obavljanju djelatnosti osiguranja i reosiguranja*.
- IASB (International Accounting Standards Board) (2017): *IFRS 17 Insurance Contracts*. Standardna publikacija.

DODACI

Abecedna lista skraćenica

Skraćenica	Značenje
AI (VI)	Artificial Intelligence (Vještačka inteligencija)
BI	Business Intelligence (Poslovna inteligencija)
ER	Expense Ratio (Kvota troškova)
IFRS	International Financial Reporting Standards
KPI	Key Performance Indicator (Ključni indikator performansi)
LR	Loss Ratio (Kvota šteta)
ML	Machine Learning (Mašinsko učenje)
VAG	Zakon o nadzoru osiguranja

STRATEGIC IMPORTANCE OF CONTROLLING IN IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF INSURANCE COMPANIES

ABSTRACT

Controlling represents a modern management tool that plays a key role in improving business efficiency, especially in the financial sector. The aim of this paper is to analyze the importance and role of controlling in insurance companies, focusing on operational efficiency, decision-making, and resource optimization. The research explores the transformation of controlling from a retrospective to a predictive model supported by digitalization. The results indicate that an effectively implemented system contributes to increased profitability, cost reduction, and better risk management.

Keywords: *controlling, insurance companies, efficiency, digital transformation, predictive analytics.*

SOCIJALNA EKOLOGIJA, ODRŽIVI RAZVOJ I KAKO SE PREVOZIMO

Doc. dr Nermin Alihodžić¹

Sažetak

Klimatske promjene su realnost XXI. stoljeća koje predstavljaju egzistencijalnu prijetnju za ljudsko društvo. Čovječanstvo je relativno kasno postalo svjesno ove opasnosti. Međunarodna zajednica ozbiljnije će reagovati tek od 1990. godine, koja se uzima kao referentna za emisije ugljen-dioksid (CO₂), sa potpisivanjem niza sporazumâ o klimi, od Kjoto sporazuma preko sporazuma iz Kopenhagena zaključenog krajem 2009. godine pa do Pariskog sporazuma iz 2015. godine. Svima njima zajedničko je pokušaj ograničavanja emisija gasova staklene bašte. Koliko se uspjelo u tim nakanama najbolje ilustruje podatak da ljudsko društvo trenutno godišnje emitira u prosjeku cca. 51 milijardu tona gasova sa efektom staklene bašte, kao i da se potražnja za energijom u svijetu ne smanjuje već naprotiv povećava za 1,6% po godišnjoj stopi. Zato je važno teorijski koncept održivog razvoja implementirati u praksi, dok ekologiju kao nauku treba posmatrati kao socijalnu kategoriju i pristupiti joj sa moralnog i etičkog osnova u procesu dekarbonizacije industrije.

Ključne riječi: održivi razvoj, socijalna ekologija, energetska tranzicija, dekarbonizacija.

UVOD

Još od početka XIX. stoljeća naučnici su ispitujući geološku prošlost Zemljine kore počeli otkrivati historiju ledenih doba, pa je još u prvoj polovini XX. stoljeća zvaničan stav bi da klima na Zemlji je manje-više stabilna. Međutim, postojali su i oni koji su u to vrijeme mislili drugačije. Svante Arhenius iz Švedske je prvi naučnik koji je 1896. godine izračunao i bročano izrazio potencijalne negativne posljedice djelovanja ugljen-dioksida, a čiji je izvor čovjekova aktivnost, na promjene temperature u svijetu. Prvo redovno praćenje nivoa ugljen-dioksida u atmosferi vršio je profesor Roger Revelle sa kolegom C. D. Keelingom koji je obavljao mjerenja u opservatoriju na vrhu vulkana Maune Loe na Havajima. U novembru 1957. profesor Rewelle je objavio svoj izvještaj na ovu temu u kojem dokazuje prisustvo ugljen-dioksida u atmosferi koji se „nakuplja“ još od industrijske revolucije, a nastaje izgaranjem fosilnih goriva. On je ovim povodom svjedočio i u Kongresu SAD, i tom prilikom je Zemlju opisao „kao svemirski brod koji je ugrožen porastom nivoa mora“. Sredinom šezdesetih godina na jednom od svojih predavanja na dodiplomskom seminaru o stanovništvu Rewelle je svojim studentima prezentirao podatke prvih osam godina mjerenja. Vidljivo je bilo da koncentracija ugljen-dioksida svake godine sve više rasla. Njegov zaključak tada je bio da veće koncentracije CO₂ u atmosferi izazivaju ono što je tada nazvao „efektom staklene bašte“, zbog čega će se Zemlja zagrijavati. Implikacije njegovih riječi bile su zastrašujuće, a radilo se o podacima od samo osam godina mjerenja.

Tantološki iskaz koji je naučnoj zajednici objavljen u stručnom časopisu i svjedočenje pred kongresmenima profesora Revellea ne mogu dati opravdanje čovječanstvu da nije bilo upoznato sa fenomenom klimatskih promjena. Njegova egzaktna mjerenja ugljen-dioksida u atmosferi pokazivali su iz godine u godinu povećanje koncentracije ovoga gasa. A efekat je bio kumulativan, jer ukoliko se svake sekunde emitira jedna tona CO₂, ¼ toga ostaće u atmosferi sljedećih stotinu hiljada godina. Ovaj fenomen naučnici imenuju kao tzv. „dugo pamćenje klimatskog sistema“. To znači da posljedice negativnih ljudskih aktivnosti po biosferu iz prošlosti mi osjećamo danas, a da će rezultate našeg negativnog djelovanja naši potomci tek osjetiti.

¹ Doc. dr Nermin Alihodžić, Udruženje Zelena tranzicija, Sarajevo, ORCID iD: 0009-0001-7847-9985, e-mail: nermin.alihodzic@gmail.com

Upravo iz tog razloga postoji velika potreba da razumijemo značaj održivog razvoja, implementiramo ga u punom kapacitetu i na taj način uđemo u proces dekarbonizacije naše civilizacije.

1. ODRŽIVI RAZVOJ

1.1. Pojam i razumjevanje

Pojam održivog razvoja ili održivosti kao teorijski koncept pojavio se u prvi put u dokumentu – izvještaju Organizacije Ujedinjenih nacija (OUN) „Our Common Future“. Naime, ovaj izvještaj bio je naručen od strane OUN kao politički odgovor na uočene evidentne protivrječnosti koje su postale očigledne od sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a koje su bile uzrokovane prethodnim velikim industrijskim razvojem. Izvještaj je poznat pod skraćenim nazivom Brundtland izvještaj iz 1987. godine (Brundtland Gro Harlem et al.), i dobio je ime po koordinatrici Brundtland, norvežanki koja je radila na ovom projektu. Nakon toga uslijediće niz međunarodnih konferencija koje organizuje OUN, a koje su posvećene održivom razvoju.

Održivi razvoj je izraz koji se danas spominje kako u kontekstu održivosti u sektorskoj strategiji (održiva energija, održiva poljoprivreda, turizam, industrija i sl.) tako i u smislu kvaliteta privrednog života i sistema (ekonomska održivost, trajan i kvalitetan rast privrede), ali i kroz tzv. stubove (socijalna održivost), održivost životne sredine i resursa (ekološka održivost), održivost akcija za klimu i opstajanje institucija uopšte (institucionalna održivost).

U ovom kontekstu održivost se može odnositi na zaštitu i očuvanje biodiverziteta u njegovoj ukupnosti, promociju društvene pravednosti i ekonomske jednakosti unutra i izvan države. Ali isto tako ona se može razumjeti i kao „rad u kontinuitetu“ pri čemu je ključno šta radimo i kako razumijemo to šta radimo kako bismo pravili manje grešaka i da bismo izabrali bolji put za budućnost ljudske zajednice, za planetu Zemlju i sve što na njoj živi i od nje zavisi.

Možda najbolje značaj i sveobuhvatnost značenja pojma održivi razvoj u kontekstu samoodržive ekonomije oslikava dio zaključnog dokumenta „Budućnost kakvu želimo“ sa Konferencije Rio20+, održane 2012. godine u Brazilu, gdje između ostalog stoji i sljedeće: „U tom smislu, zelenu ekonomiju razmatramo u kontekstu održivog razvoja i iskorjenjivanja siromaštva kao jedan od važnih dostupnih alata za postizanje održivog razvoja te držimo da bi ona mogla ponuditi mogućnost za postizanje politika, ali da ne bi smjela biti rigidan skup pravila. Naglašavamo da bi trebala pridonijeti iskorjenjivanju siromaštva kao i trajnom ekonomskom rastu, poboljšavajući društvenu uključenost, unapređujući ljudsko blagostanje i stvarajući prilike za zaposlenje i dostojanstven rad za sve, uz istovremeno održavanje zdravog funkcionisanja Zemljinog ekosistema.“

1.2. Globalno zagrijavanje i „kapitalizacija“ održivog razvoja

Od pojave čovjeka prije otprilike 200.000 godina pa do doba Julija Cezara (100 god. p.n.e.-44 god. p.n.e.) Zemljom je hodalo manje od 250 miliona ljudi. Kada je Kolumbo 1.500 godina poslije zaplovio prema Novom svijetu, na Zemlji je bilo oko 500 miliona ljudi. Krajem XVIII. stoljeća broj se ponovo udvostručio, na jednu milijardu. Sredinom XX. stoljeća broj stanovnika na Zemlji je narastao na više od dvije milijarde. Drugim riječima, od pojave prvog čovjeka pa do 1930. godine trebalo je više od 10.000 generacija da broj stanovnika dostigne dvije milijarde. Međutim, sada samo u toku jednog životnog vijeka svjetsko stanovništvo će porasti sa dvije na više od devet milijardi, koliko se očekuje da će biti 2054. godine. Trenutno prema procjenama Worldometera, koji uzima podatke u realnom vremenu iz dva glavna izvora Organizacije Ujedinjenih nacija i Ureda za popis stanovništva SAD-a, na Zemlji živi nešto više od osam milijardi i dvije stotine miliona stanovnika.

Šta ovo znači za biodiverzitet, odnosno biološku raznolikost, koja je od iznimne važnosti za zdravlje i dobrobit čovjeka? Ovo podrazumjeva dodatni pritisak na životnu sredinu i gledano u cjelosti smanjenje preostalih dijelova prirode koji su uspjeli do sada da budu sačuvani i nenarušeni ljudskim aktivnostima, jer samo nenarušena biološka raznolikost je garant i ljudskog zdravlja. Naime, zdravlje je temeljno čovjekovo pravo i ključni indikator održivog razvoja.

Tabela br. 1. Prikaz povećanja broja svjetske populacije za period 1937-2020. godina

Godina	Svjetsko stanovništvo u milijardama	Nivo CO ₂ u atmosferi (u milion molekula)	Preostalo netaknute prirode u %
1937.	2,3 milijarde	280	66%
1960.	3 milijarde	315	62%
1968.	3,5 milijardi	323	59%
1971.	3,7 milijardi	326	58%
1978.	4,3 milijardi	335	55%
1989.	5,1 milijardi	353	49%
1997.	5,9 milijardi	360	46%
2011.	7 milijardi	391	39%
2020.	7,8 milijardi	415	35%

Izvor: Alihodžić, N. (2023). Klimatske promjene – Sve ono o čemu se šuti. Sarajevo. Pentagram.

Kao što se vidi iz tabele br. 1 koja prikazuje podatke u vremenskom periodu od osamdeset i tri godine, svako povećanje broja stanovnika na Zemlji vrši dodatni pritisak i na njene biološke resurse, iz razloga što se to stanovništvo treba prehraniti, ugrijati, obući, stanovati, putovati, a sve to ima za rezultat smanjenje procenta netaknute prirode, i samim time i povećanje emisije gasova staklene bašte zbog povećane industrijske proizvodnje da bi se zadovoljile nabrojane potrebe.

Ovdje treba uzeti u obzir i strukturni problem svjetskog stanovništva. Naime, prema procjenama OUN do 2030. godine južna Azija, računajući tu i Indiju, će učvrstiti položaj vodećeg regiona po broju stanovnika. Afrika će biti druga, dok će istočna Azija koja obuhvata i NR Kinu biti potisnuta na treće mjesto. Evropa, koja je 1950. godine se nalazila na drugom mjestu, 2030. godine će pasti na šesto mjesto, iza jugoistočne Azije, koja između ostalog obuhvata i Kambodžu, Indoneziju, Filipine, Tajland i Latinski Ameriku. Podsaharska Afrika, region koji obuhvata pedeset afričkih država koje ne izlaze na Sredozemno more, postaće do 2030. godine drugi najnaseljeniji dio svijeta.

Šta ovo znači za biološki divezitet planete? Samo dodatni pritisak na njega, jer nije korektno očekivati da ove nadolazeće populacije se odreknu blagodeti modernog života, koji je omogućila industrijska revolucija, a koja se u današnjem vremenu temelji najvećim dijelom na fosilnim gorivima. Nadolazeće ekonomije NR Kine, Brazila, Indije, Indonezije teško će neko uvjeriti da se odreknu uglja kao glavnog i jeftinog energenta za proizvodnju električne energije koja je neophodna za pokretanje njihove industrije. Tim prije, što su i same svjesne da su današnje visokorazvijene privrede zapadne Evrope, SAD, Kanade, Australije, Novog Zelanda prošle isti taj proces i da su upravo te države i najveći krivci za trenutni nivo koncentracije ugljen-dioksida u atmosferi.

Kako onda pronaći pristup koji će pomiriti dva imperativa, razvoj društva i očuvanje biodiveziteta, pri tome vodeći računa da taj pristup mora uključivati kratkoročne ciljeve koji trebaju biti primarno povezani sa ekonomijom ili zapošljavanjem, srednjoročne ciljeve koji će morati obuhvatiti lokalne i regionalne imperative poput zaštite vode ili zemljišta te dugoročne ciljeve koji moraju obuhvatiti opstanak Zemlje te zdravlje i dobrobit budućih generacija? Ovdje do izražaja dolaze projekti održivog razvoja koji treba da artikuliraju domišljatost i praksu ljudi. Ti projekti sublimiraju ljudsko djelovanje kao „sastavni dio“ prirode umjesto dosadašnjeg „rada na prirodi“.

Kapitalizacija održivog razvoja je još jedan pojam koji je uveden pored dosadašnjeg promatranja i analize kapitala u ekonomskoj, poslovnoj i financijskoj sferi. Prirodni kapital, koji čine prirodni resursi i usluge ekosistema, može se podijeliti na kapital obnovljivih i neobnovljivih resursa. Međutim koncept „ključni prirodni kapital“, koji je uveden sa konceptualnim razvojem održivog razvoja, se odnosi na one aspekte globalnog ekosistema od kojih u konačnom ovisi naš život i kultura. Ljudskim djelatnostima trošimo taj prirodni kapital nekontrolisano nadajući se da će biosfera biti u stanju održati naš standard i način života. Ali ako ljudska proizvodna ekonomija previše naraste, tako da je biosfera nije u stanju podržavati, što jeste trenutna slika, razvoj je doslovno neodrživ. Upravo zbog toga, idealno stanje jeste održivi razvoj koji znači relaciju ideja, praksi i procesa koji ostaju u okviru „nosivog kapaciteta“ Zemlje. Znači da vremenom ne smije doći do opadanja prirodnog kapitala i da buduće generacije moraju naslijediti istu zalihu resursa kao što smo naslijedili i mi. To se može postići razvojem novih tehnologija, obnovljivim izvorima energije, ljudskom kreativnošću, naukom i budućim tehnološkim napredcima, ali i uvažavanjem moralnih i etičkih principa i bioetike kao norme ponašanja.

Drugim riječima, evidentno je postojanje invencijskog jaza u ovom trenutku, koji moramo prevladati ukoliko želimo pomiriti nadolazeći povećani ljudski pritisak na biosferu i koncept održivog razvoja.

2. SOCIJALNA EKOLOGIJA I UZROCI EKOLOŠKE KRIZE

2.1. Socijalna ekologija i bioetika

Britanski ekonomista Čarsli Gudhart je još sedamdesetih godina prošlog stoljeća napisao: „Kada mjera postane meta, prestaje da bude dobra mjera“. Danas poznat u naučnom svijetu kao Gudhartov zakon, ovaj citaj možda u najboljoj mogućoj mjeri oslikava trenutno stanje borbe protiv klimatskih promjena na globalnom nivou. Izvještaj Međuvladinog panela o klimatskim promjenama (IPPC), trenutno najvećeg svjetskog autoriteta po pitanju fenomena klimatskih promjena, kojeg je ovo tijelo OUN objavilo u oktobru 2018. godine, do detalja objašnjava posljedice globalnog zagrijavanja od +1,5°C u odnosu na predindustrijske vrijednosti, uz mogućnost kratkog prekoračenja iznad tog praga u pojedinim scenarijima. U ovom historijskom Izvještaju se navodi da nisu dovoljni pojedinačni tehnokratski pristupi poput takse na emisije ugljen-dioksida, mada i ta sredstva moraju imati svoju ulogu. Prije svega je neophodno i neodložno mijenjanje „načina na koji proizvodimo energiju, odgajamo kulture kojima se hranimo, način na koji se krećemo i zidamo zgrade“.

U prvoj rečenici rezimea Izvještaja zaključuje se da su nam potrebne „brze, dalekosežne i do sada neviđene promjene u svim aspektima društva“. Drugim riječima, potrebne nam je promjena cjelokupne društvene paradigme. To podrazumjeva promjenu načina razmišljanja i dosadašnjeg razumjevanja biosfere, dobijanja energije, razumjevanja čovjekovog mjesta u prirodi. To jedino možemo postići uvažavajući zakonitosti održivog razvoja, jer i dan-danas čovječanstvo svake godine emitira u atmosferu u prosjeku 51 milijardu tona gasova staklene bašte, bez obzira što smo postavili pred sebe „mjeru od +1,5°C“. Očigledno da nam je ova mjera postala meta i da nije dobra mjera, jer emisije gasova staklene bašte nisu zaustavljene, tim prije što se ovaj broj u posljednjim godinama i povećava.

Koja je to „nova mjera“ koja bi bila dobra meta, a koja bi uspjela uvažavati činjenicu da ljudsko društvo ne smije i ne može se odreći tehničko-tehnološkog napretka i poboljšanja uslova života, a da pri tom u potpunosti uvažava zakonitosti funkcionisanja biosfere i ne ugrozi Zemljin biološki sistem? Odgovor se možda krije u socijalnoj ekologiji i ispravnom razumjevanju morala i etike.

Ekologija se u najširem smislu razumije kao nauka koja za svoj predmet proučavanja ima uzajamnost organizama i njihov odnos prema životnoj sredini odnosno okolini. Ona je nastala iz potrebe bioloških nauka i kao biološka nauka. Sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća ekologija pravi značajan iskorak kada razumjevanje problema ravnoteže u prirodi počinje da istražuje, ne više samo kao posljedicu ravnoteže prirodnih sila, već i sa stanovišta odnosa društvo-priroda. Prema ovom naučnom promatranju, u prirodi se može uspostaviti ravnoteža tek kada se postigne odnosno uspostavi ravnoteža u društvu, u socijalnim strukturama. Ovakvim učenjem ekologija postavlja na sasvim nov način odnos čovjek-priroda, i od prirodne nauka ona prelazi u sferu i društvene nauke.

Sa druge strane, socijalna ekologija je jedna od najmlađih nauka i stara je tek nekih pedesetak godina. Naime, krajem pedesetih godina prošlog stoljeća postaje evidentan problem ekološke krize. Do tada o ovome nije bilo saznanja, bar ne među širom naučnom zajednicom i unutar političkih krugova. Problem eskalira kao posljedica tržišne privrede. Kompanije počinju da ostvaruju sve veće profite zahvaljujući tehničko-tehnološkom sistemu, pri tome potpuno zanemarujući očuvanje ekološke ravnoteže. Međutim taj sistem prijeti da postane potpuno nezavisan faktor, iako ga je čovjek stvorio, i na taj način učini čovjeka još više ovisnim od prirode. Ekološki problemi do tada su bili u sferi biologije i bilo je neophodno pomjeranje proučavanja ovih problema iz sfere lokalnog prema globalnom, jer nekritično razvijanje industrijske proizvodnje koja je za svoju osnovu imala crpljenje i uništavanje biološkog sistema prijetilo je samom opstanku čovjeka koji zavisi od biosfere. Socijalna ekologija nastaje kao naučna disciplina koja ima zadatak da empirijski izrazi i teorijski promisli specifične veze između društva, prirode i čovjeka i njegove životne sredine proučavajući ove veze u kontekstu globalnih problema ljudskog društva ne samo radi očuvanja, već i unapređenja života kao prirodnog i društvenog bića.

Drugi dio te „nove mjere“ koja ne smije da postane i meta već svojevrsna paradigma, pored uvažavanja i primjene svih naučnih saznanja koje je otkrila i koje će tek da otkrije socijalna ekologija kao naučna disciplina, jeste i etika i moral. Naime, malo je poznato da je Aristotel bio prvi biolog u historiji zapadne civilizacije. Da bi stekao potpuniju predstavu o svijetu, a čijim su sastavnim dijelom i ljudi i politika, on je smatrao da mora poznavati sva živa bića. Zato se posvetio izučavanju bogatstva flore i faune na otoku Lezbos. U djelu Nikomahova etika Aristotel nam saopštava da bilo kakva rasprava o moralu mora ući duboko u politiku. On je smatrao da je politika ozbiljna nauka kao i da su etika i politika neodvojive i da zajedno predstavljaju filozofiju humanizma. Prema toj filozofiji čovjek je „politička životinja“ i prema njemu ova sintagma dozvoljava da su i druge životinje politične. I ne samo to, ova sintagma podrazumjeva „da ako je čovjek moralno biće, onda su i životinje moralna bića, jer su politika i etika neodvojivi stubovi socijalnosti, bez obzira radi ili se o ljudskoj ili insektskoj socijalnosti“. Aristotel je na taj način u filozofiju uveo bioetiku.

Šta je onda zadatak ljudskog društva koje želi razvijati se i uživati sve blagodeti tehničko-tehnološkog napretka, a da se pri tom sačuva biosfera za buduće naraštaje? Ljudsko društvo ima zadatak da pronađe novu mjeru. Ta mjera ne treba da bude kao što je to bilo do sada, prosto izrečen zbir želja sublimiran u tome da se ograniče emisije gasova staklene bašte i time se ostane u granicama ispod +1,5°C povećanja globalne temperature u odnosu na predindustrijsko doba. Naprotiv, ona mora da bude spoj socijalnih mjera kao unapređenja kvaliteta života svih ljudi kroz tehničko-tehnološki napredak i održivi razvoj, pri tome uvažavajući bioetiku i moral kao imperativ, i da postaviti očuvanje biodiverziteta kao nasušnu potrebu. U tom smislu ove kategorije treba posmatrati zajedno kao „jednu novu mjeru“ u razvoju ljudskog društva, kao jedan novi proces, a ni u kom slučaju kao cilj sam po sebi.

2.2. Uzroci ekološke krize

Historičari se slažu da je ljudsko društvo do sada prošlo kroz tri industrijske revolucije i da trenutno „uživa u blagodetima“ četvrte, koju većina naziva Industry 4.0. Što se tiče naučnih revolucija, njih niko nikada nije uspio izbrojati, ali je činjenica da se ove četiri industrijske ne bi mogle desiti bez nauke. Degradacija biosfere i ekološki problemi su prisutni kroz čitavu ljudsku historiju razvoja. Međutim, ugrožavanje ekološke ravnoteže i samim tim i ugrožavanje uslova za život živih bića na Zemlji, dobiće šire razmjere kao posljedica rasta čovjekove moći u prisvajanju prirode zahvaljujući upravo razvojem proizvodnih snaga koji nastaje sa industrijskim revolucijama. Postavlja se pitanje zašto nastaju ekološki poremećaji koji dovode do degradacije životne sredine i pojave ekološke krize? Ima više odgovora, i mnogi od njih se ne mogu prihvatiti sa naučnog aspekta, jer nose u sebi klasna određenja.

Proizvodnja prevedeno na jezik biosfere jeste prisvajanje prirode. To prisvajanje se uvijek odvija u određenom društveno-ekonomskom proizvodnom odnosu. Ako želimo razumjeti ovaj problem u potpunosti, moramo u obzir uzeti i ekonomske odnose u kojima se ovi procesi dešavaju. Trenutni dominirajući oblik jeste kapitalistički način proizvodnje, koji prvenstveno vođen profitom postavljenim u prvi plan, do krajnjih granica iscrpljuje životnu sredinu. U takvim uslovima u značajnoj mjeri se pogoršava i položaj svih živih bića na Zemlji uključujući i čovjeka, ali i položaj čovjeka kao jednog od faktora proizvodnje u proizvodnom odnosu, odnosno u procesu nastajanja nove vrijednosti uopšte.

Narušavanje ekološke ravnoteže ima tri svoje faze. U prvoj fazi problemi koji se pojavljuju u ekosistemima su takve prirode i obima da se ovi sistemi mogu sami regenerisati. U drugoj fazi dolazi do egzistencijalnog ugrožavanja ekosistema. Treću fazu karakteriše stepen zagađenosti i ugroženosti ekosistema da prijete izumiraju svih ili više vrsta živih bića na određenom geografskom području. Ova posljednja faza nosi naziv ekološka katastrofa.

Ovo narušavanje ravnoteže posebno dobija na zamahu sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća, sa neslućenim razvojem proizvodnih snaga i sa pojavom mega gradova. U prvom slučaju dešava se neslućena „tehnička agresija“ na cjelokupnu prirodu, a u drugom dolazi do degradacije ljudskih odnosa u velikim gradovima. Ove dvije konvergentne pojave dovele su ljudsko društvo u krizno stanje „u tom smislu što svaka lokalna kriza izaziva drugu koja vodi daljem pogoršanju i tako se uspostavlja sistem u kome svaki faktor poremećaja potpomaže više drugih, koji ga i sami pojačavaju, sve dok se taj začarani krug ne poklopi sa samim dimenzijama Zemlje“.

Evidentno je da se razvijena društva mnogo bolje nose sa ekološkim posljedicama. To prije svega iz razloga što su materijalno i tehnički superiornija u odnosu na države u razvoju. Pored toga, primjetna je stagnacija ili opadanje broja stanovnika u visoko razvijenim zemljama. Ovo se povezuje sa nivoom pismenosti, educiranosti i položajem žene u društvu. Sa druge strane mnogo veći je pritisak na životnu sredinu u državama u razvoju. Stanovništvo u tim zemljama da bi obezbjedilo vlastitu biološku egzistenciju prelazi krajnje granice izdržljivosti ekosistema i narušava njegovu ravnotežu. Time se smanjuje veličina i vrijednost resursne osnove za proizvodnju hrane. Ovome treba dodati i demografski rast ovoga dijela stanovništva, što čini dodatni pritisak na ionako povećan pritisak na biosferu.

Prirodi potencijali su ograničeni i oni se dijele na obnovljive i neobnovljive resurse. Pretvaranje u prirodne resurse prirodnog potencijala ovisi od više faktora i najznačajni su tehničke mogućnosti, ekonomska svrsishodnost korištenja, količina prirodnog potencijala kojim jedno društvo raspolaže i karakteristike proizvodno-potrošačkog odnosa u takvom društvu. Vremenom je rasla svijest da se određeni prirodni resursi u biosferi nalaze u ograničenim količinama, posebno sa jačanjem tehničko-tehnološke moći ljudskog društva, jer ubrzan ekonomski rast ima za posljedicu narušavanje ekološke ravnoteže time što se degradira prirodna sredina. Kao odgovor na ovakvu „novonastalu“ situaciju i pojavilo se učenje o održivom

razvoju u kojem se sublimira potreba ljudskog društva za konstantnim razvojem, usavršavanjem, učenjem i uživanjem u svim blagodatima savremenog života, sa prirodnim potencijalom i resursima koji se trebaju razumno i svrsishodno koristiti kako bi isti se sačuvali i za generacije koje tek dolaze, jer mi smo prirodu samo posudili od budućih naraštaja.

3. KAKO SE PREVOZIMO I REVOLUCIJA ČISTIH TEHNOLOGIJA

Već spomenuti podatak u ovom radu je da u prosjeku svake godine zahvaljujući ljudskim aktivnostima bude emitirano u atmosferu oko 51 milijardu tona gasova sa efektom staklene bašte. Od toga saobraćaj učestvuje sa svega 16% u ovim globalnim emisijama. Međutim, bez obzira na ovako mali procenat učešća u ukupnoj emisiji, zadatak ljudskog društva jeste da u potpunosti isključi iz upotrebe fosilnu energiju pa samim time i fosilna goriva dizel i benzin kao energente koji omogućavaju transport čovjeka, sirovina i proizvoda u sve dijelove naše planete, a to predstavlja velik izazov.

Gotovo čitavim dijelom ljudske historije uspjevali smo da se prevozimo ne oslanjajući se na fosilna goriva. To smo uspjevali zahvaljujući našim nogama, životinjama ili jedrenjacima. A onda na historijsku scenu stupa parni stroj i ugalj. U igru se uvodi željeznica i parobrodi i sve ostalo što se poslije dešavalo je historija. Potrebno je bilo samo stotinjak godina pa da vozovi prelaze neslućena rastojanja, a brodovi su povezivali kontinente. Kraj XIX. i početak XX. stoljeća karakteriše dalji razvoj transporta i pojavu prvo automobila na benzinski pogon, a zatim i aviona.

Znači, u nešto više od 200 godina ljudsko društvo je suštinski postalo zavisno od fosilnih goriva i sadašnji način života savremenog čovjeka kao i društveno-ekonomske potrebe uslovljavaju da nikada više nećemo moći se odreći ove pokretačke energije, ukoliko ne pronađemo adekvatnu alternativu koja će biti podjednako jeftina i učinkovita tako da će nam omogućiti putovanja na velike daljine. Naprosto fosilno gorivo je postalo sastavnim dijelom naših života, kao što je to i sam vazduh koji udišemo. Gdje treba tražiti rješenje? Ono je u nauci koja treba da ponudi jedan novi koncept. I ona to već jeste učinila. Taj novi pristup dobio je i svoje ime – revolucija čiste tehnologije.

Pojam čiste tehnologije podrazumjeva svaki proizvod, uslugu ili proces koji donosi upotrebljivu vrijednost uz minimalno ili nikakvo trošenje resursa koji se ne mogu reciklirati i/ili istovremeno daje mnogo manje otpadnog produkta u odnosu na klasična rješenja. Čista tehnologija obuhvata širok spektar proizvoda od fotonaponskih elektrana do hibridnih električnih vozila. Takvi proizvodi i usluge koriste materijale koji se mogu reciklirati. Oni i ako koriste prirodne resurse, onda ih koriste racionalnije i efikasnije, umanjujući ili eliminišući istovremeno zagađenje biosfere. Istovremeno ovako dobijeni proizvodi nude efikasnije performasne u odnosu na klasične, a investitorima, kompanijama i potrošačima obezbjeđuju brži obrt, smanjenje troškova i niže cijene. Sve ovo ima za rezultat kreiranje novih poslovnih mogućnosti u oblasti proizvodnje, razvoja i upravljanja.

Čista tehnologija ako i jeste sedamdesetih godina prošlog stoljeća predstavljala neko alternativno rješenje, danas je sastavnim dijelom naših života i kroz društvenu paradigmu održivog razvoja na velika vrata ulazi u našu realnost. Ona zahtjeva i energetske tranzicije koja se najbolje uočava u onim tehnologijama koje nam omogućavaju proizvodnju i dobijanje električne energije iz obnovljivih izvora: sunčeva svjetlost, vjetar, hidro ili bio izvori. Ovi procesi su uveliko pokrenuti na globalnom nivou i svako kašnjenje bilo koje države u energetske tranzicije na zelenu energiju biće skupo plaćeno tehničko-tehnološkim zaostajanjem, stagniranjem privrednog rasta i nekonkurentnošću na globalnom tržištu. Toga su izuzetno svjesne visoko razvijene zemlje, ali i nadolazeće privrede NR Kine, Indonezije, Brazila, Indije,

subsaharske Afrike. Ako je Evropa i bila centar nauke i tehničkih dostignuća, takva slika se mijenja sa početkom ovog stoljeća. Prisustvujemo uspostavljanju novih centara moći, a njih će velikim dijelom determinisati čista tehnologija i onaj ko uspije da ovlada sa njom.

Proces prelaska između ostalog i transporta sa fosilnih goriva na električnu energiju je u velikom zamahu. Da li će ova goriva moći biti u potpunosti isključena iz upotrebe u saobraćaju, vrijeme pred nama će pokazati. Velikim dijelom to zavisi od tehničko-tehnološkog napretka ljudskog društva. Ohrabruje činjenica da autoindustrija u segmentu proizvodnje električnih vozila pokazuje pozitivne trendove. Naime, daleko je jeftinije i povoljnije održavanje električnih vozila od vozila pokretanih na tečna goriva. Domet litijum-ionske baterije se stalno povećava kako se usavršava tehnologija, tako da danas sa jednim punjenjem baterije električno vozilo u zavisnosti od modela i stila vožnje može preći u prosjeku od 400-600 km, i pri tome emisije ugljen-dioksida su 0 g/km. Jedan od većih problema, brzina punjenja baterije, se takođe poboljšava. Ovog momenta 80% dometa baterije može se napuniti za svega 30 minuta, a i cjenovno ovakva vozila dolaze u rang sa vozilima na tečna goriva.

Međutim, ovdje ima jedno pravilo koje ne ide u prilog vozilima pokretanim na električni pogon. Naime, „što je veće prevozno sredstvo koje želite da pokrenete i što dalje želite da se njime prevezete bez dopune goriva, to će biti teže da koristite električni pogon“. Ovo je zakonitost koju baterije teško da će moći prevladati. Posebno u aviosaobraćaju i kod velikih prekookeanskih brodova. Najbolji električni avion koji se može naći na tržištu može da primi dva putnika, da dostigne maksimalnu brzinu od 337 km/h i da vozi tri sata bez ponovnog punjenja. U isto vrijeme Boing 787 može da vozi 296 putnika, postigne maksimalnu brzinu 1046 km/h i da leti gotovo dvadeset sati do novog punjenja rezervoara. Znači, putnički avion na mlazni pogon pokretan fosilnim gorivima može da leti više nego trostruko brže, više nego šest puta duže i pri tome preveze 150 puta više putnika nego najbolji električni avion. Baterije postaju sve bolje, ali je teško predvidjeti da će ovaj jaz uspjeti ikada prevladati.

Izazov jeste velik, ali na avione otpada tek 10% svih emisija koje su vezane za saobraćaj, a isto toliko i na teretne prekookeanske brodove i kruzere. Najveće emisije vezane su ipak za putnička i terenska vozila i motore čak 47%. Manji kamioni, autobusi, šleperi emitiraju 30% ovih emisija, tako da će uspjeh biti ako u narednom periodu ove dvije grupe vozila budu uspjele preći na baterijski pogon. U svakom slučaju revolucija čistih tehnologija je realnost vremena u kom živimo, a njen prioritetni zadatak je da zadovolji potrebu ljudskog društva za energijom onako kako je to uspjelo fosilnim gorivima kao i da ih u potpunosti isključi iz upotrebe.

ZAKLJUČAK

Svako vrijeme nosi svoje izazove. Međutim, vrijeme u kom mi živimo specifično je i kompleksno po tome što nikada u dosadašnjoj ljudskoj historiji nije se desilo da čitavo čovječanstvo bude ugroženo u istom trenutku egzistencijalnom prijetnjom po svoj opstanak, kao i činjenica da vrijeme za adekvatnu reakciju velikim dijelom zbog naše dosadašnje indolentnosti i dezavuisanja javnosti je jednostavno bespovratno izgubljeno. Ta prijetnja jeste fenomen klimatskih promjena i rješavanje ovog problema znači implementaciju održivog razvoja, dekarbonizaciju naše ekonomije, prelazak na obnovljive izvore energije, uvođenje alternativnih izvora energije. To je proces koji nije nimalo jednostavan i koji prije svega iziskuje značajna materijalna sredstva i tehnička znanja. Međutim, da bi se on desio potrebna je i promjena čitave društvene paradigme, koja podrazumjeva ponovno vraćanje čovjeka svojim prirodnim korijenima.

Biosfera je sistem koji je samouspostavljen mnogo prije pojave čovjeka na Zemlji. On ima svoje zakonitosti funkcionisanja i svaki intervencionizam ljudskog društva vodi njegovom poremećaju,

koji rezultira sa većim ili manjim posljedicama po živi svijet. Nova „mjera“ ljudskog društva treba da bude očuvanje biosfere poštujući bioetiku kao humanističku vrijednost i primjenu ekološkog znanja u punom kapacitetu, posebno socijalne ekologije u proizvodnim procesima i uslužnim djelatnostima. Tehničko-tehnološka snaga razvoja jeste vinula čovjeka u neslućene visine. Međutim, ta snaga je postala destrukтивna po naš biodiverzitet i samim tim ugrozila i egzistenciju ljudskog društva. Zato uspostavljanje temelja na čistim tehnologijama koje trebaju omogućiti dalji razvoj ljudskog društva je prioritet, a to možemo postići samo ukoliko uvažavamo sve uspostavljene prirodne zakonitosti, i nikako negirajući ih.

LITERATURA

1. Alihodžić, N. (2023) *Klimatske promjene – Sve ono o čemu se šuti*, Sarajevo, Pentagram,
2. Blewitt, J. (2017) *Razumjevanje održivog razvoja*, Zagreb, Naklada Jesenski i Turk, Visoka škola međunarodnih odnosa i diplomacije Dag Hammarskjöld,
3. Gejts, B. (2021) *Kako izbeći klimatsku katastrofu – Rešenja kojima raspolažemo i proboji koji su nam potrebni*, Beograd, Mali vrt,
4. Giljen, F. M. (2021) *2030 – Kako će se najjači trendovi današnjice sudariti i preoblikovati budućnost svijeta*, Beograd, Laguna,
5. Marković, Ž. D. (2015) *Socijalna ekologija*, Beograd, Zavod za udžbenike,
6. Mihajlov, A., Aleksić D. (2023) *Ekonomsko-tehnološki izazovi Srbije u kontekstu klimatskih promjena*, Zbornik Klimatske promjene – Pravni i društveni izazovi, Beograd, Institut društvenih nauka,
7. Pernick R., Wilder C. (2008) *Revolucija čistih tehnologija*, Beograd, Kompiuter biblioteka,
8. Rougemont, de D. (1989) *Budućnost je naša stvar*, Beograd, Književne novine, str. 12,
9. Slijepčević, P. (2025) *Futurizam – Elementi nove filozofije prirode*, Novi Sad, Akademska knjiga.

E- IZVORI

1. *Svetske potrebe za energijom rastu 1,6% godišnje*, <https://biznis.rs/vesti/svetske-potrebe-za-energijom-rastu-16-odsto-godisnje/>, (30.3.2026.),
2. *Our Common Future*, Report of the World Commission on Environment and Development, <https://www.brundtland.co.za/wp-content/uploads/2022/08/Brundtland-Report-1987-Our-Common-Future.pdf>, (30.3.2026.),
3. *Budućnost kakvu želimo*, Konferencija OUN o održivom razvoju 2012, https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORI%20C5%A0TENI%20LOGOTIPOVI/doc/buducnost_kakvu_zelimo.pdf, (30.3.2026.),
4. *Trenutno svjetsko stanovništvo*, <https://www.worldometers.info/hr/svjetsko-stanovnistvo/>, (30.3.2026.),
5. *Environment and Economy*, Podaci korišteni od Tsinghua Universitys Institute of Energy, www.element.visualcapitalist.com, (25.5.2022.),
6. *Posebni izvještaj IPCC-a o globalnom zagrijavanju od 1,5°C*, <https://www.ipcc.ch/sr15/>, (1.4.2026.).

SOCIAL ECOLOGY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND HOW WE TRANSPORT

Assoc. PhD Nermin Alihodžić

Abstract

Climate change is a reality of the 21st century that poses an existential threat to human society. Humanity became aware of this danger relatively late. The international community will react more seriously only from 1990, which is taken as the reference for carbon dioxide (CO₂) emissions, with the signing of a series of climate agreements, from the Kyoto Agreement to the Copenhagen Agreement concluded in late 2009 and the Paris Agreement from 2015. All of them have in common an attempt to limit greenhouse gas emissions. How successful these intentions have been is best illustrated by the fact that human society currently emits an average of approx. 51 billion tons of greenhouse gases per year, and that the demand for energy in the world is not decreasing but, on the contrary, increasing by 1.6% at an annual rate. That is why it is important to implement the theoretical concept of sustainable development in practice, while ecology as a science should be viewed as a social category and approached from a moral and ethical basis in the process of decarbonizing industry.

Keywords: sustainable development, social ecology, energy transition, decarbonization.

ADVANCING SUSTAINABLE AGRICULTURE THROUGH UAV TECHNOLOGIES: A CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVE

Sanja Pavlović¹

Abstract

The integration of unmanned aerial vehicles (UAVs), commonly referred to as drones, into modern agricultural systems represents a significant advancement toward sustainable and circular economy practices. This study explores the role of drone technologies in enhancing resource efficiency, reducing environmental impact, and enabling data-driven precision agriculture. Equipped with advanced sensors, multispectral imaging, and artificial intelligence algorithms, drones facilitate real-time monitoring of crop health, soil conditions, and water usage, allowing for targeted interventions such as precision spraying and optimized irrigation. From a sustainability perspective, drone applications contribute to the reduction of agrochemical inputs, minimization of water waste, and decreased greenhouse gas emissions through optimized field operations. Furthermore, within the framework of the circular economy, drones support closed-loop agricultural systems by enabling efficient biomass management, crop residue monitoring, and improved yield forecasting, which reduces food loss and enhances resource recovery. The findings highlight that drone-assisted agriculture not only improves productivity and operational efficiency but also aligns with global sustainability goals by promoting environmentally responsible farming practices. Despite challenges related to regulatory frameworks, initial investment costs, and technical expertise, the adoption of drone technologies presents a viable pathway toward resilient, sustainable, and circular agricultural systems.

Keywords: UAV, precision agriculture, sustainability, circular economy, resource efficiency, artificial intelligence

Introduction

Agriculture is undergoing a significant transformation driven by digital technologies and sustainability demands. Traditional farming practices often involve inefficient use of resources such as water, fertilizers, and pesticides, leading to environmental degradation and economic losses (Mulla, 2013). At the same time, the increasing global population requires higher agricultural productivity, creating pressure to adopt more efficient and sustainable practices (FAO, 2017). Unmanned aerial vehicles (UAVs), combined with artificial intelligence (AI), have emerged as a key enabling technology in precision agriculture. These systems allow farmers to monitor large areas quickly, collect high-resolution spatial data, and make informed decisions based on real-time insights (Zhang & Kovacs, 2012). Furthermore, the concept of the circular economy emphasizes minimizing waste and maximizing resource reuse. In agriculture, this involves optimizing input usage, reducing losses, and improving biomass recycling. AI-powered UAV systems offer a practical solution for implementing these principles by providing accurate, timely, and actionable data.

This paper explores and give obtained results of how UAV technologies contribute to sustainable agriculture and circular economy practices through advanced data acquisition, processing, and decision support systems.

UAV Technologies in Precision Agriculture

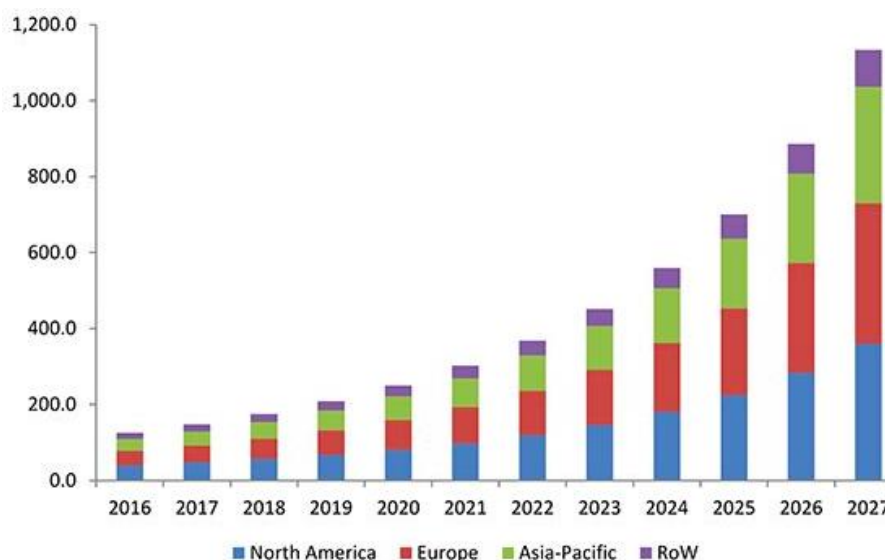
Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have emerged as a transformative tool in precision agriculture due to their ability to efficiently collect high-resolution, spatially explicit data across

¹ Academy of Applied Studies Polytechnic, Belgrade, Sanja Pavlović <https://orcid.org/0000-0002-9596-8393>

large and heterogeneous farmland areas. Compared to traditional field surveys and satellite remote sensing, UAVs provide greater flexibility in temporal resolution, finer spatial detail, and cost-effective data acquisition at the farm scale. Modern UAV platforms are commonly equipped with RGB cameras and multispectral sensors, enabling the capture of both visual and non-visible spectral information relevant to crop health assessment (Zhang & Kovacs, 2012; Maes & Steppe, 2019). RGB sensors provide high-resolution imagery suitable for visual crop inspection, canopy structure analysis, and field mapping, while multispectral sensors capture reflectance in key spectral bands such as near-infrared (NIR), red-edge, red, and green wavelengths. These spectral regions are strongly correlated with vegetation physiological properties, particularly chlorophyll content and photosynthetic activity. The integration of these bands allows for the computation of vegetation indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is widely used to assess plant vigor, biomass, and stress conditions (Rouse et al., 1974; Xue & Su, 2017). Following data acquisition, UAV imagery is processed using photogrammetric workflows to generate georeferenced orthomosaics, digital surface models (DSMs), and canopy height models (CHMs). These products enable spatially continuous analysis of agricultural fields with centimeter-level resolution. Such datasets provide the foundation for advanced agronomic decision-making, including yield prediction, irrigation planning, and soil variability assessment (Colomina & Molina, 2014). The incorporation of Artificial Intelligence (AI), particularly machine learning and deep learning models, significantly enhances the interpretability and automation of UAV-derived datasets.

AI algorithms can be trained to detect patterns associated with crop stress, disease outbreaks, nutrient deficiencies, and pest infestations by analyzing spectral and spatial features extracted from UAV imagery. Convolutional neural networks (CNNs), for example, have demonstrated high accuracy in classifying crop diseases and identifying abnormal vegetation patterns in large-scale agricultural datasets (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018; Liakos et al., 2018). Furthermore, AI-based clustering and segmentation methods enable the delineation of management zones, supporting variable-rate application of fertilizers, pesticides, and irrigation inputs. Overall, the integration of UAV remote sensing and AI analytics forms the backbone of modern precision agriculture systems. This synergy enables a transition from conventional uniform management practices toward data-driven, site-specific crop management strategies that improve resource efficiency, reduce environmental impact, and enhance agricultural productivity. The percentage of drone usage in agricultural sector in the different regions of the world is as shown in Figure 1.

Figure 1. *Usage of Drones in Agriculture* (Visiongain, 2017)



Circular Economy Perspective

The circular economy (CE) emphasizes reducing waste, optimizing resource use, and maintaining materials within closed-loop systems in order to minimize environmental impact and improve long-term sustainability (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017). In agriculture, this approach shifts production systems away from linear resource consumption models toward regenerative and efficiency-driven practices. Within this framework, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technologies contribute significantly to circular agricultural systems by enabling high-precision monitoring and management of crops. UAVs equipped with RGB and multispectral sensors provide high-resolution spatial data that allows for targeted application of fertilizers, water, and pesticides. This reduces overuse of chemical inputs, minimizes nutrient leaching, and decreases environmental pollution, thereby improving resource efficiency and supporting circular economy objectives (Maes & Steppe, 2019; Zhang & Kovacs, 2012). In addition, UAV-based remote sensing supports better management of biomass and agricultural residues by identifying spatial variability in crop health and yield potential. This information can be used to optimize residue reuse strategies such as mulching, composting, or bioenergy production, thereby enhancing nutrient recycling within agricultural systems (Liakos et al., 2018). As a result, UAV technologies contribute to closing material loops by improving the return of organic matter to soil systems. Furthermore, the integration of UAV data with advanced analytics and artificial intelligence improves decision-making related to irrigation scheduling, fertilization planning, and pest management. This enables early detection of inefficiencies and reduces unnecessary resource consumption, supporting more adaptive and resilient agricultural systems. Consequently, UAV-enabled precision agriculture aligns strongly with circular economy principles by reducing waste, increasing input efficiency, and promoting sustainable production cycles. Overall, UAV technologies act as a key enabling factor in the transition toward circular agriculture by improving monitoring precision, reducing environmental impact, and enhancing the efficiency of biological resource cycles (Geissdoerfer et al., 2017; Maes & Steppe, 2019).

UAV System for Sustainable Agriculture

The methodology includes UAV mission planning, data acquisition with overlapping imagery, photogrammetric processing to generate orthophotos, and AI-based analysis for classification and monitoring. The resulting geospatial data is used to evaluate agricultural efficiency and sustainability indicators. Flight missions are planned using grid-based patterns with high overlap (typically 70–80%) to ensure accurate photogrammetric processing.

Captured images are processed using photogrammetry software to generate georeferenced orthophotos. The workflow includes:

- Image alignment (Structure-from-Motion)
- Dense point cloud generation
- Digital Surface Model (DSM) creation
- Orthorectification and mosaicking

The resulting orthophoto provides a distortion-free, high-resolution representation of the agricultural field, enabling accurate spatial analysis.

The system is evaluated based on:

- Reduction in input usage (water, fertilizers)
- Improvement in yield prediction accuracy

- Reduction of agricultural waste
- Efficiency of biomass utilization

Figure 2. *AI-Enabled UAV System Architecture for Sustainable Agriculture within a Circular Economy Framework*

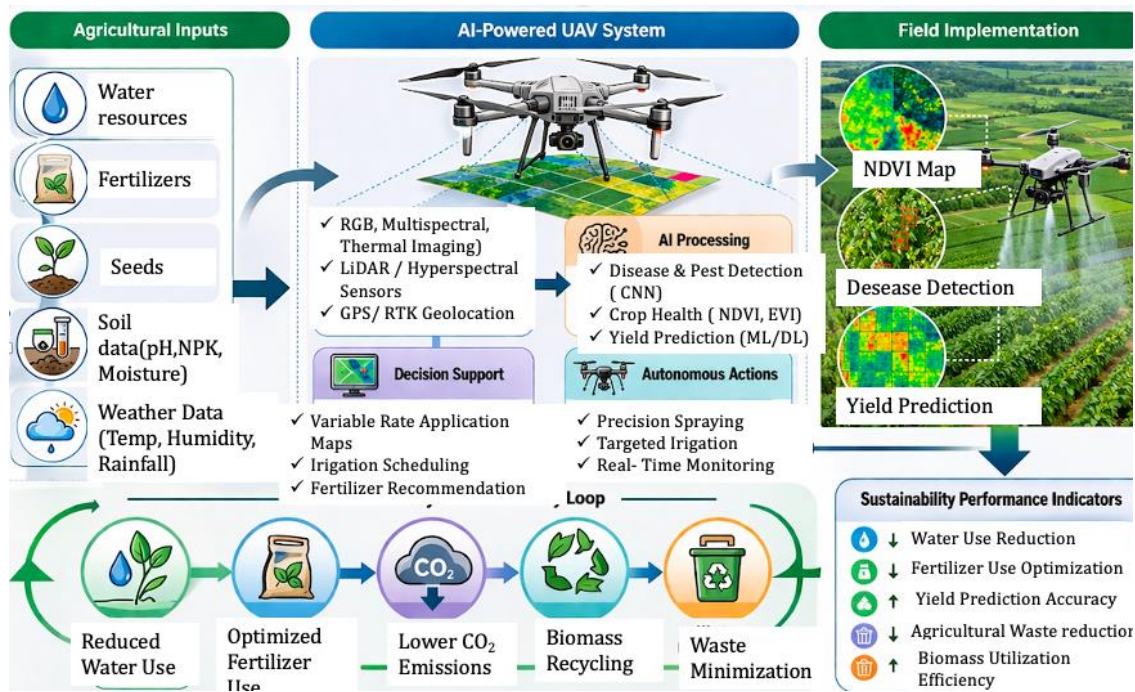


Figure 2 illustrates the integrated architecture of an AI-enabled unmanned aerial vehicle (UAV) system designed to support sustainable agriculture through precision farming and circular economy principles. The system is structured into three main layers: agricultural inputs, an AI-driven UAV processing core, and field-level implementation with continuous feedback loops. The UAV subsystem performs multi-source data acquisition using RGB, multispectral, and thermal sensors, combined with geospatial positioning technologies. Acquired data are processed using artificial intelligence algorithms for crop health monitoring, disease detection, and yield prediction, enabling intelligent decision support for precision irrigation and fertilizer application. The output layer translates analytical results into autonomous or semi-autonomous field actions, including targeted spraying, irrigation optimization, and crop monitoring. Sustainability outcomes are achieved through reduced water and fertilizer consumption, minimized environmental impact, and improved resource efficiency. The system is embedded within a circular economy framework, where continuous data feedback enhances long-term agricultural productivity, biomass utilization, and waste reduction. Key sustainability performance indicators include reductions in water usage, chemical input optimization, improved yield prediction accuracy, and decreased agricultural waste generation.

Sustainability and Circular Economy Assessment

The integration of drones into sustainable agriculture is transforming how farmers perceive and manage their fields. This section synthesizes the findings from the reviewed literature, illustrating key results and situating them within the broader context of environmental protection, resource conservation, and socio-economic viability (Table 1).

Table 1.*UAV-Based Precision Agriculture Impact*

Parameter	Conventional Farming Practice	UAV-Based Precision Agriculture (AI + Multispectral NDVI)	Estimated Improvement	Supporting References (in-text cited)
Water Usage Efficiency	Uniform irrigation (~6,000–7,000 m ³ /ha), often leading to over-irrigation	NDVI-based stress mapping enables site-specific irrigation (~4,200–5,500 m ³ /ha)	20–30% water savings	Lipovac et al. (2022) show NDVI–irrigation correlation in Serbian crops; Ortega-Farias, S. et al. (2025) demonstrate UAV-based irrigation optimization in agricultural water management systems
Fertilizer Application	Uniform nitrogen application causes leaching and inefficiency	Variable-rate fertilization (VRA) guided by multispectral vegetation indices	15–25% reduction in fertilizer use	Stamenković et al. (2024) validate UAV NDVI for wheat nutrient monitoring in Serbia; Kostić et al. (2025) demonstrate UAV + ML nitrogen optimization; Khose & Mailapalli (2024) confirm NDVI-based nitrogen estimation
Monitoring & Labor Time	Manual field scouting (60–90 min/ha per cycle)	UAV multispectral scanning reduces inspection time to 5–8 min/ha	85–90% time reduction	Grbović et al. (2025) (BioSense Institute, Serbia) demonstrate UAV efficiency in crop monitoring workflows; Ivezić et al. (2023) highlight operational efficiency of UAV-based agronomy systems
Pest & Disease Impact	Reactive treatment after visible symptoms appear	Early detection of stress anomalies using multispectral NDVI patterns	20–40% reduction in crop loss risk	Ivezić et al. (2023) show UAV-based early stress detection in Balkan agriculture; Stamenković et al. (2024) support vegetation-index-based disease monitoring; Zhang et al. (2020) confirm remote sensing stress detection accuracy
Overall Productivity / Efficiency	Input inefficiency and spatial variability ignored	AI-assisted UAV decision support enables precision input management	25–35% efficiency increase	Kostić et al. (2025) demonstrate yield improvement under UAV-guided NPK management; Grbović et al. (2025) confirm multispectral AI integration in crop monitoring; Walsh et al. (2023) support UAV-driven yield optimization in sugar beet systems

In Serbia, UAV technologies are already actively used within precision agriculture systems, particularly for crop mapping, NDVI analysis, and plant protection treatments. Companies and agricultural advisory services apply multispectral drones (e.g., DJI Phantom 4 Multispectral and the DJI Agras series) to generate vegetation maps and optimize production processes. One of the key practical outcomes of UAV application in Serbia is a significant acceleration of field operations. According to expert sources, one hectare of crops can be inspected or treated in approximately 5–7 minutes using UAV systems, representing a substantial increase in efficiency compared to conventional crop monitoring and protection methods. In addition to speed, UAV systems also enable field zoning based on productivity and vegetation condition, where NDVI and similar indices are used to identify areas with different levels of plant stress, moisture availability, or nutrient deficiency. This information is then used to create variable-rate application (VRA) maps and optimize input use, thereby reducing production costs and increasing yield.

In practice in Serbia, UAV systems are also used for:

- early detection of plant diseases and pests
- assessment of stress caused by drought and nutrient deficiency
- precision spraying and fertilization (without crop trampling)
- monitoring of vineyards, orchards, and arable crops

Multispectral drones enable the generation of NDVI maps that are directly used for real-time agronomic decision-making, while RGB imagery is used for visual inspection and photogrammetric terrain mapping. The implementation of AI-enabled UAV systems demonstrates significant improvements in agricultural monitoring and management. High-resolution orthophotos allow precise identification of variability within fields, enabling targeted interventions. The use of AI models results in: Early detection of crop stress, reduction in pesticide application by up to 20–30% , improved irrigation efficiency, enhanced yield prediction accuracy. Additionally, UAV-based monitoring supports better management of crop residues and biomass, contributing to circular resource flows.

Conclusion

AI-enabled UAV systems represent a powerful tool for advancing sustainable and circular agriculture. By enabling precise monitoring, efficient resource management, and data-driven decision-making, these technologies support environmentally responsible farming practices. The integration of UAVs within circular economy frameworks enhances resource efficiency, reduces waste, and contributes to long-term agricultural sustainability. Future research should focus on improving AI models, integrating real-time analytics, and expanding applications across different agricultural systems.

References

- [1] Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371.
- [2] FAO. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [3] Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13, 693–712.
- [4] Maes, W. H., & Steppe, K. (2019). Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in Plant Science*, 24(2), 152–164.

-
- [5] Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309–317.
- [6] Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1353691.
- [7] Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97.
- [8] Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90.
- [9] Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- [10] Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- [11] Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221–232.
- [12] Stamenković, Z., Kešelj, K., Kostić, M., et al. (2024). Assessing the impact of UAV flight altitudes on multispectral vegetation indices in winter wheat. *Contemporary Agriculture*, University of Novi Sad, Serbia., 73, 157 – 164. <https://doi.org/10.2478/contagri-2024-0019>
- [13] Kostić, M. M., Aćin, V., Mirosavljević, M., et al. (2025). UAV-based NDVI and machine learning for wheat yield prediction under NPK treatments. *Drones* (MDPI), Serbia field trials (Vojvodina). <https://doi.org/10.3390/drones9090641>
- [14] Lipovac, A. et al. (2022). Correlation between UAV-sensed vegetation indices and crop yield under irrigation treatments. *Water*, 14(22), 3786. <https://doi.org/10.3390/w14223786>
- [15] Ivezić, A., Trudić, B., Stamenković, Z., et al. (2023). *Drone-related agrotechnologies in the Western Balkans*. *Agronomy*, 13(10), 2615. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102615>
- [16] Grbović, Ž. et al. (2025). Integrating UAV multispectral imaging and proximal sensing for crop monitoring. *PLOS ONE*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0322712>
- [17] Khose, S. B., & Mailapalli, D. R. (2024). UAV-based multispectral image analytics for predicting crop nitrogen using NDVI and related indices. *Geocarto International*, 39 (1), 2373867, <https://doi.org/10.1080/10106049.2024.2373867>
- [18] Ortega-Farias, S. et al. (2025). Recent advances on water management using UAV-based technologies. *Irrig Sci*, 43, 1–3.
- [19] Visiongain. (2017). *Agricultural drones & robots market report 2017–2027*. <https://www.visiongain.com/report/agricultural-drones-robots-market-report-2017-2027/>
-

UNAPREĐENJE ODRŽIVE POLJOPRIVREDE KROZ TEHNOLOGIJE BESPILOTNIH LETELICA: PERSPEKTIVA CIRKULARNE EKONOMIJE

Apstrakt

Integracija bespilotnih letelica (UAV), poznatih kao dronovi, u savremene poljoprivredne sisteme predstavlja značajan napredak ka održivosti i primeni principa cirkularne ekonomije. Ovaj rad istražuje ulogu dron tehnologija u unapređenju efikasnosti korišćenja resursa, smanjenju uticaja na životnu sredinu i omogućavanju precizne poljoprivrede zasnovane na podacima. Opremljeni naprednim senzorima, multispektralnim snimanjem i algoritmima veštačke inteligencije, dronovi omogućavaju praćenje zdravlja useva, stanja zemljišta i potrošnje vode u realnom vremenu, što omogućava ciljane intervencije kao što su precizna primena pesticida i optimizovano navodnjavanje. Sa aspekta održivosti, primena dronova doprinosi smanjenju upotrebe agrohemijskih sredstava, racionalnijem korišćenju vode i smanjenju emisije gasova sa efektom staklene bašte kroz optimizaciju poljoprivrednih operacija. U okviru koncepta cirkularne ekonomije, dronovi podržavaju zatvorene proizvodne cikluse kroz efikasno upravljanje biomasom, praćenje ostataka useva i unapređeno predviđanje prinosa, čime se smanjuju gubici hrane i povećava mogućnost ponovne upotrebe resursa. Rezultati ukazuju da primena dronova u poljoprivredi ne samo da povećava produktivnost i operativnu efikasnost, već je u skladu sa globalnim ciljevima održivog razvoja kroz promociju ekološki odgovornog upravljanja poljoprivrednim sistemima. Uprkos izazovima kao što su regulatorni okviri, početni troškovi i potreba za tehničkim znanjem, primena dron tehnologija predstavlja održiv put ka otpornim, efikasnim i cirkularnim poljoprivrednim sistemima.

Ključne reči: Bespilotne letelice, precizna poljoprivreda, održivost, cirkularna ekonomija, efikasnost resursa, pametna poljoprivreda

PREVENTION AND MAINTENANCE OF SPRINGS IN AIRCRAFT SYSTEMS

Snežana Bećirić, M.Sc.¹

Milica Gerasimović, PhD²

Abstract

Springs are essential mechanical components in aircraft systems, where they perform critical functions such as energy absorption, force regulation, and controlled motion. Despite their relatively simple design, springs operate under demanding conditions involving cyclic loading, vibration, temperature variations, and corrosion, which significantly affect their reliability and service life. This paper analyzes the importance of proper maintenance and inspection of aircraft springs, with emphasis on their role in ensuring operational safety. The study examines key factors influencing spring performance, including material properties, fatigue resistance, and environmental effects. Special attention is given to maintenance strategies, including preventive and predictive approaches, as well as inspection and testing procedures used to detect damage and degradation. The findings highlight that systematic maintenance, supported by accurate documentation and modern diagnostic techniques, is essential for preventing failures and improving the reliability and safety of aircraft systems.

Keywords: aircraft springs; maintenance strategies; fatigue behavior; inspection techniques; operational reliability

Introduction

Springs represent fundamental mechanical elements widely applied in engineering systems due to their ability to undergo elastic deformation and store mechanical energy. Their operational principle is based on the conversion of mechanical work into potential energy and its subsequent release, which enables controlled motion, load distribution, and energy absorption in complex mechanical assemblies. In the context of modern aviation, springs play a critical role in ensuring the proper functioning of numerous aircraft subsystems, many of which are directly linked to flight safety.

Aircraft systems operate under highly demanding conditions characterized by cyclic loading, intense vibrations, temperature variations, and exposure to corrosive environments. These factors significantly influence the structural integrity and functional reliability of mechanical components, particularly those subjected to repeated elastic deformation. Springs, despite their relatively simple geometry, are frequently integrated into safety-critical systems such as landing gear assemblies, control mechanisms, braking systems, and fluid regulation devices. Consequently, their failure may lead not only to performance degradation but also to serious safety risks (FAA, 2018).

Given these operational challenges, the reliability of springs cannot be ensured solely through design optimization and material selection. Instead, it requires a comprehensive maintenance strategy that includes regular inspection, testing, and timely replacement. Contemporary aviation maintenance practices increasingly emphasize preventive and predictive approaches,

¹ Institute for Improvement of Education, Belgrade Serbia

² Academy of Applied Studies Polytechnic, Serbia

which enable early detection of material fatigue, deformation, and surface damage, thereby reducing the likelihood of unexpected failures and improving overall system reliability (Jardine et al., 2006).

This paper contributes by systematizing maintenance procedures for aircraft springs and identifying key inspection and testing factors that directly influence their reliability and operational safety.

2. Methodology

The aim of this paper is to examine the importance of maintenance procedures for springs used in aircraft systems, with particular emphasis on their contribution to operational safety and system reliability. The research is based on a qualitative analysis of relevant engineering literature, aviation maintenance standards, and established mechanical design principles.

The methodology involves descriptive and analytical processing of available sources related to spring design, material properties, and maintenance practices. Special attention is given to the identification of factors influencing spring durability, including material fatigue, environmental effects, and operational loading conditions. Furthermore, a comparative analysis of maintenance strategies—preventive, corrective, and predictive—is conducted to assess their effectiveness in minimizing failure risks.

The paper also considers the role of inspection techniques, testing procedures, and technical documentation as essential components of a comprehensive maintenance framework in aviation systems.

3. Design Characteristics and Materials of Springs

Springs are designed to withstand elastic deformation under various types of mechanical loading, most commonly bending and torsion. Based on the dominant stress type, springs can be broadly classified into flexural and torsional types, although in practical applications, helical springs subjected to compression, extension, or torsion are the most prevalent forms (Budynas & Nisbett, 2015).

The functional versatility of springs allows their application in a wide range of mechanical roles, including shock absorption, energy storage, force regulation, and controlled actuation of moving components. In aircraft systems, these functions are essential for maintaining structural stability and ensuring the proper interaction between interconnected subsystems.

Material selection plays a decisive role in determining spring performance and durability. Most springs are manufactured from carbon or alloy steels, selected for their ability to sustain high elastic strains without permanent deformation. Alloy steels, often containing elements such as chromium, vanadium, or silicon, exhibit enhanced fatigue resistance and mechanical strength, making them suitable for applications involving variable and cyclic loads (Norton, 2011).

In addition to material composition, manufacturing processes and surface treatments significantly affect spring performance. Techniques such as heat treatment and shot peening are commonly applied to improve fatigue strength and reduce the likelihood of crack initiation.

Surface finishing processes further enhance durability by minimizing stress concentrations and surface imperfections.

Although steel remains the dominant material, alternative materials such as bronze or brass may be used in specific applications where corrosion resistance or particular mechanical properties are required. However, their use in aviation is generally limited to non-critical components due to lower strength characteristics.

4. Application of Springs in Aircraft Systems

In aviation, springs are integral components of numerous mechanical and structural systems. Their application ranges from landing gear assemblies, where they contribute to energy absorption during landing, to flight control systems that rely on precise force transmission and positional stability. They are also widely used in braking mechanisms, locking and release systems, and hydraulic or pneumatic valves, where they ensure proper system response and operational safety. The application of springs in aircraft systems ranges from robust tailwheel spring suspensions (Figure 1) to high-precision aircraft valve springs (Figure 2), with each component required to meet stringent standards of durability and reliability.

The operational environment in which aircraft springs function imposes stringent requirements on their design and performance. Exposure to cyclic stresses, temperature fluctuations, and corrosive agents necessitates the use of high-quality materials and protective surface treatments. Consequently, aviation standards impose strict regulations regarding material selection, manufacturing processes, and quality control procedures (EASA, 2020).



Figure 1. Tailwheel spring suspension

In addition to conventional helical springs, aircraft systems may incorporate specialized spring designs tailored to specific functional requirements. These include flexural springs used in lightweight structures and custom-designed springs integrated into hydraulic and damping systems. Regardless of their form, all springs used in aviation must demonstrate high reliability and resistance to fatigue failure.



Figure 2. Aircraft valve springs

5. Maintenance and Testing of Springs

The maintenance of springs in aircraft systems represents a critical aspect of ensuring long-term operational reliability. Due to the cumulative effects of cyclic loading and environmental exposure, springs are particularly susceptible to fatigue, deformation, and surface degradation. Therefore, systematic inspection and testing procedures are essential for early detection of potential failures.

Inspection procedures typically involve detailed visual examination aimed at identifying surface defects such as cracks, corrosion, wear, or permanent deformation. In many cases, magnification tools are employed to detect microstructural damage that may not be visible under standard inspection conditions. In addition to visual assessment, verification of geometrical parameters—such as length, diameter, and alignment—is necessary to ensure that the spring maintains its design characteristics.

Testing procedures are conducted to evaluate the functional performance of springs under operational conditions. Mechanical testing focuses on verifying the relationship between applied load and resulting deformation, ensuring that the spring exhibits the required stiffness and elastic response. Fatigue testing, on the other hand, simulates long-term service life through repeated loading cycles, allowing for the assessment of durability and identification of potential failure mechanisms (Budynas & Nisbett, 2015).

Functional testing within the assembled system provides additional validation of performance, ensuring that the spring operates correctly in conjunction with other components. These tests are particularly important in safety-critical systems, where even minor deviations may have significant consequences.

Modern maintenance strategies in aviation increasingly rely on preventive and predictive approaches. Preventive maintenance involves scheduled replacement of springs based on predefined service intervals, often determined by operating hours or load cycles. Predictive maintenance, supported by condition monitoring and data analysis, enables more efficient maintenance planning by identifying early signs of degradation before failure occurs (Jardine et al., 2006).

An essential component of maintenance management is the proper documentation of all inspection and testing activities. Maintenance records provide valuable information regarding the operational history and condition of each component, enabling effective lifecycle management and supporting decision-making processes. Inadequate documentation may lead to undetected failures and increased operational risk, highlighting its importance in aviation safety systems (FAA, 2018).

6. Case Study

A representative incident involved a passenger aircraft in which a deformed spring within the wing control mechanism led to increased control resistance and reduced maneuverability during flight operations. The issue was not immediately critical but imposed operational limitations and required corrective action.

Subsequent analysis revealed that the spring deformation had developed progressively due to cyclic loading and was not detected during routine inspection procedures. The failure to identify early signs of degradation was attributed to insufficient inspection detail and lack of thorough documentation.

This case demonstrates that even minor deviations in spring geometry or material condition can significantly affect system performance. It also highlights that proper inspection techniques, combined with systematic documentation and adherence to maintenance procedures, could have prevented the issue.

7. Conclusion

Springs, although often perceived as simple mechanical elements, play a vital role in the functionality and safety of aircraft systems. Their ability to store and release energy, maintain force balance, and ensure controlled motion makes them indispensable in numerous applications.

The results of this study indicate that reliable spring performance depends not only on appropriate design and material selection but also on the implementation of effective maintenance strategies. Regular inspections, detailed testing procedures, and proper documentation are essential for identifying potential issues and preventing failures.

The adoption of advanced maintenance approaches, particularly predictive maintenance supported by modern diagnostic technologies, represents a significant step toward improving system reliability and safety. Future research should focus on integrating real-time monitoring systems and data-driven maintenance models to further enhance the reliability of spring components in aviation applications.

References

1. Budynas, R. G., & Nisbett, K. J. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.
2. EASA. (2020). *Certification Specifications*. European Union Aviation Safety Agency.
3. FAA. (2018). *Aircraft Maintenance Handbook*. Federal Aviation Administration.
4. Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510.
5. Norton, R. L. (2011). *Machine Design: An Integrated Approach*. Pearson.

PREVENCIJA I ODRŽAVANJE OPRUGA U VAZDUHOPLOVNIM SISTEMIMA

mr Snežana Bećirić,³

dr Milica Gerasimović⁴

Apstrakt

Opruge su suštinske mehaničke komponente u vazduhoplovnim sistemima, gde obavljaju kritične funkcije kao što su apsorpcija energije, regulacija sile i kontrolisano kretanje. Uprkos njihovom relativno jednostavnom dizajnu, opruge rade u zahtevnim uslovima koji uključuju ciklična opterećenja, vibracije, temperaturne varijacije i koroziju, što značajno utiče na njihovu pouzdanost i radni vek. Ovaj rad analizira važnost pravilnog održavanja i pregleda vazduhoplovnih opruga, sa naglaskom na njihovu ulogu u osiguravanju operativne bezbednosti. Rad ispituje ključne faktore koji utiču na performanse opruga, uključujući svojstva materijala, otpornost na zamor i uticaje okoline. Posebna pažnja posvećena je strategijama održavanja, uključujući preventivne i prediktivne pristupe, kao i procedurama inspekcije i ispitivanja koje se koriste za otkrivanje oštećenja i degradacije. Rezultati ukazuju na to da je sistematsko održavanje, podržano preciznom dokumentacijom i savremenim dijagnostičkim tehnikama, od suštinskog značaja za sprečavanje otkaza i poboljšanje pouzdanosti i bezbednosti vazduhoplovnih sistema.

Ključne reči: vazduhoplovne opruge; strategije održavanja; ponašanje pri zamoru; tehnike inspekcije; operativna pouzdanost.

³ Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, Beograd Srbija

⁴ Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd Srbija

KONCEPT NEMOTORIZOVANOG GRADA KAO IMPERATIV ODRŽIVOG URBANOG RAZVOJA I OČUVANJA KVALITETA ŽIVOTA

Tarik Ejubović,¹ MA Mujo Mališević²

Sažetak:

U savremenom urbanističkom planiranju, fokus se progresivno pomjera ka principima održivog razvoja koji čovjeka postavlja u središte saobraćajnog sistema. Primarni cilj ovakvog pristupa je omogućavanje sigurne mobilnosti i zadovoljavanje ljudskih potreba bez narušavanja javnog zdravlja, bezbjednosti i resursa namijenjenih budućim generacijama. Centralni predmet ovog rada je koncept „nemotorizovanog grada“, koji podrazumijeva eliminaciju ili značajnu redukciju motornog saobraćaja u užim gradskim jezgrima. Implementacija ovog modela zahtijeva ne samo radikalnu transformaciju saobraćajne infrastrukture, već i duboku promjenu ekološke svijesti stanovništva. Analiza trenutnog stanja ukazuje na to da savremeni tempo života generiše visoke vrijednosti prosječnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS), što rezultira hroničnom kongestijom i degradacijom životne sredine kroz buku i štetne emisije gasova. Poseban izazov predstavlja deficit parking površina koji dodatno opterećuje sistem, brišući jasne granice vršnih časova i transformišući ih u cjelodnevni zastoje. Rad naglašava neophodnost sinergijskog razvoja efikasnog javnog prevoza i širenja namjenskih površina za nemotorizovane učesnike. Zaključuje se da je integracija pješačkih i biciklističkih koridora, uz destimulaciju upotrebe privatnih vozila, jedini put ka stvaranju rezilijentnih i humanih gradskih sredina koje čuvaju biodiverzitet i integritet životnog prostora.

Ključne riječi: održivi razvoj, nemotorizovani saobraćaj, urbani transport, kvalitet života, ekološka svijest, saobraćajna kongestija

UVOD

U eri rapidne urbanizacije i sve izraženijih klimatskih promjena, javlja se imperativna potreba za redefinisanjem fundamentalnih principa urbanog kretanja. Koncept nemotorizovanog grada predstavlja radikalan, ali neophodan otklon od tradicionalnog planiranja usmjerenog ka automobilu, postavljajući čovjeka i njegove bazične potrebe u sam centar saobraćajnog sistema. Ovaj pristup nije samo estetska ili ekološka težnja, već sveobuhvatna strategija koja teži eliminaciji ili drastičnoj redukciji motornog saobraćaja u užim gradskim jezgrima, transformišući ih iz tranzitnih zona u prostore za život.

Jedan od ključnih stubova ove transformacije je uspostavljanje visokokvalitetnih sistema javnog gradskog prevoza koji svojom efikasnošću, frekvencijom i dostupnošću čine posjedovanje privatnog automobila suvišnim. Paralelno sa razvojem javnog prevoza, neophodno je projektovati i implementirati robusnu infrastrukturu namijenjenu nemotorizovanim učesnicima, pješacima i biciklistima. Kreiranje koherentne mreže staza, pješačkih zona i sigurnih koridora direktno doprinosi smanjenju štetnih emisija gasova staklene bašte i redukciji aerozagađenja, dok se istovremeno rješava problem zagađenja bukom, koji u savremenim metropolama postaje tihi ubica javnog zdravlja.

Sistemske pristup kreiranju ovakvih rješenja duboko je ukorijenjen u principima održivog razvoja. Moralna je i profesionalna obaveza da se gradski sistemi koncipiraju tako da budući naraštaji ne naslijede degradirane resurse i sredine koje su, zbog ekološkog nemara,

¹ MA Tarik Ejubović, dipl. Ing. saobraćaja i komunikacija;

² MA Mujo Mališević dipl. Ing. saobraćaja i komunikacija

postale nepogodne za boravak. Današnji gradovi se suočavaju sa fenomenom gdje hronična saobraćajna kongestija više nije rezervisana za tradicionalni „vršni čas“. Umjesto toga, primjetan je nastanak „vršnog dana“, stanja neprekidnog zastoja koje iscrpljuje ekonomske resurse³, troši dragocjeno vrijeme građana i devastira parking površine koje okupiraju prostor namijenjen zelenilu ili socijalnoj interakciji.

Pored očiglednih ekoloških i prostornih benefita, nemotorizovani grad donosi esencijalni pomak u sigurnosti saobraćaja. Statistički podaci nedvosmisleno ukazuju na to da je motorizovani saobraćaj primarni uzrok saobraćajnih nezgoda sa teškim i fatalnim posljedicama. Redukcijom broja motornih vozila u zonama najveće gustine kretanja, direktno se minimizira rizik od konfliktnih tačaka između vozila i ranjivih grupa učesnika. Eliminacija motornog saobraćaja ne smanjuje samo učestalost manjih materijalnih šteta, već radikalno podiže nivo opšte bezbjednosti, čineći grad okruženjem u kojem je kretanje djeteta ili starije osobe oslobođeno konstantne opasnosti.

Koncept nemotorizovanog grada nije samo saobraćajno rješenje, već vizija humanijeg društva. To je sistem koji osigurava da gradovi ostanu mjesta susreta, a ne mjesta zagušenja. Investiranjem u nemotorizovane vidove transporta i održivu infrastrukturu, mi ne samo da čuvamo resurse za buduće generacije, već im ostavljamo u naslijeđe funkcionalan, zdrav i siguran životni prostor, vraćajući gradu njegovu primarnu svrhu, da služi čovjeku, a ne mašini.

2. KONCEPT NEMOTORIZOVANOG GRADA

Koncept nemotorizovanog grada ne predstavlja samo infrastrukturni zahvat, već duboku promjenu paradigme u kojoj se čovjek postavlja u samu srž postojanja saobraćajnog sistema. U takvom okruženju, urbani prostor prestaje biti puki poligon za protok mašina i transformiše se u funkcionalni ekosistem prilagođen biološkim, socijalnim i ekonomskim potrebama pojedinca. Osnovna premisa ovog modela jeste da sve ljudske potrebe unutar gradske jezgre mogu biti zadovoljene bez upotrebe motornih vozila, čime se direktno utiče na dekarbonizaciju, smanjenje buke i revitalizaciju socijalnog tkiva grada.

U području nemotorizovanog grada, sistem javnog gradskog prevoza (JGP) nije samo alternativa, već superioran vid kretanja. Da bi se postigao cilj eliminacije individualnih vozila, Javni gradski prevoz mora biti projektovan na temeljima tri ključna stuba efikasnosti, sigurnosti i pouzdanosti. Visokofrekventne linije, integrisani sistemi naplate i prioritetni koridori omogućavaju da korišćenje javnog prevoza postane ekonomski i vremenski isplativije od posjedovanja i korištenja privatnog automobila. Kada se troškovi održavanja vozila, goriva i parkiranja uporede sa uslugom javnog gradskog prevoza, racionalni korisnik prirodno bira kolektivni prevoz, čime se drastično smanjuje opterećenje na saobraćajnu mrežu.⁴

Fizička transformacija gradskih površina podrazumijeva prenamjenu kolovoza u trgove, šetnice i parkovske površine. Ovakva urbanistička intervencija podrazumijeva popločavanje i hortikulturno uređenje prostora koji postaju ekskluzivne zone za nemotorizovane učesnike, pješake i bicikliste. U ovom kontekstu, sistemi mikromobilnosti igraju presudnu ulogu. Razvoj

³ Mališević, M., Ejubović, T., Ekonomski uticaj kongestije saobraćaja na produktivnost i troškove prevoza – Bosna i Hercegovina i Evropa, Internacionalni univerzitet Travnik, 2025, Travnik

⁴ Izvor: Mehanović, M., Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo

rent-a-bike sistema i mreže terminala za iznajmljivanje bicikala postaju krvotok grada. Pozitivan primjer iz prakse Evropske unije, poput grada Maribora u Sloveniji, demonstrira kako strateško postavljanje terminala i dostupnost bicikala direktno podstiču građane na promjenu navika. Ovi sistemi omogućavaju da putovanja budu lako i brzo kretanje od stanice javnog prevoza do krajnjeg odredišta, čineći kretanje kroz grad fluidnim i ugodnim.⁵

Jedan od najvećih izazova savremenih gradova su dnevne migracije stanovništva koje gravitira iz prigradskih naselja, periferija ili susjednih gradova. Kako bi se spriječio ulazak velikog broja individualnih vozila u centar, neophodna je primjena sistema Park and Ride. Ovaj koncept podrazumijeva izgradnju velikih parking terminala na rubnim dijelovima grada, na ključnim ulaznim tačkama, koji su direktno i snažno povezani sa linijama brzog javnog prevoza. Na taj način se vrši prikupljanje putnika na periferiji, čime se omogućava da njihovo kretanje unutar grada bude nemotorizovano. Time se direktno redukuje pritisak na gradske saobraćajnice i eliminiše potreba za ogromnim parking površinama u samom centru, koje se mogu prenamijeniti u korisne javne prostore.⁶

Implementacija navedenih parametara, od tehničkih rješenja javnog gradskog prevoza do sistema Park and Ride, mora biti praćena intenzivnim radom na promjeni ekološke svijesti. Razvijanje osjećaja za zajedničko dobro i razumijevanje benefita koje nemotorizovani grad nudi, poput čistijeg vazduha i tiših ulica, ključno je za dugoročni uspjeh. Koncept nemotorizovanog grada nije utopija, već realan odgovor na neodrživost trenutnih saobraćajnih trendova. On nudi viziju grada koji ne služi samo za prolazak, već za boravak, u kojem pješak i biciklista imaju apsolutni prioritet. Sistemskim pristupom, koji kombinuje restriktivne mjere za automobile i stimulativne mjere za nemotorizovane vidove transporta, stvaraju se gradovi koji su otporniji, zdraviji i, iznad svega, prilagođeni čovjeku.

3. KOMPONENTE NEMOTORIZOVANOG GRADA

Sveobuhvatna implementacija koncepta nemotorizovanog grada zahtijeva sinergiju različitih infrastrukturnih i sistemskih rješenja. Svaki od elemenata nosi specifične benefite za urbanu sredinu, ali se istovremeno suočava sa određenim implementacionim izazovima.

3.1 Javni gradski prevoz

U savremenim urbanim uslovima, puni operativni potencijal javnog gradskog prevoza često ostaje neiskorišten uslijed hiperprodukcije individualnog motorizovanog saobraćaja. Dominacija privatnih vozila na primarnoj uličnoj mreži direktno generiše zastoje koji se reflektuju na vozila javnog gradskog prevoza, čime se drastično degradira pouzdanost i opšti kvalitet usluge. Posebno kritičnu tačku predstavlja tramvajski saobraćaj na dionicama gdje kolosijeci nisu fizički odvojeni od kolovoza. Na ovim segmentima, uslijed niske saobraćajne kulture i nesavjesnog ponašanja vozača, tramvajski podsistem trpi kontinuirane poremećaje u redu vožnje.

Dodatnu barijeru u privlačenju korisnika predstavlja zastarjeli ili neadekvatno održavani vozni park. Tehnički defekti rezultiraju deficitom vozila na linijama, što za

⁵ Izvor: Mehanović, M., Planiranje u saobraćaju, prevozu i komunikacijama, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, 2017, Sarajevo

⁶ Izvor: Ejubović, T., Razvoj urbane mobilnosti kroz primjenu sistema „PARKIRAJ I VOZI“ na području Bosne i Hercegovine, IPI- Institut za privredni inženjering, 2024, Zenica

posljedicu ima preopterećenost kapaciteta, neredovnost i, u konačnici, stvaranje snažnog animoziteta i odbojnosti građana prema uslugama javnog prevoza.

Da bi se javni gradski prevoz nametnuo kao primarni nosilac transporta putnika, neophodna je sinergija nekoliko ključnih faktora. Prvi korak je sistemska redukcija i eliminacija individualnog motorizovanog saobraćaja, čime se oslobađa infrastrukturni prostor za prioritarno kretanje vozila javnog gradskog prevoza. Paralelno s tim, modernizacija voznog parka kroz nabavku novih vozila i širenje kapaciteta mreže predstavlja osnovu za povratak povjerenja korisnika.

Savremeni trendovi dekarbonizacije, koji podrazumijevaju implementaciju električnih autobusa te revitalizaciju i širenje tramvajskih i trolejbuskih mreža, donose mjerljive ekološke benefite. Minimalne emisije štetnih gasova i značajno smanjenje zagađenja bukom direktno doprinose sanaciji urbane sredine. Konačno, ovakva transformacija ne samo da unapređuje ekološku sliku grada, već radikalno povećava opšti stepen sigurnosti saobraćaja. Smanjenjem broja individualnih učesnika minimizira se broj potencijalnih konfliktnih tačaka, čime se kreira sigurnije i humanije okruženje za sve građane.⁷

3.2 Pješački saobraćaj

U dosadašnjoj praksi urbanog planiranja, prioritet prilikom izgradnje infrastrukture dominantno je dodjeljivan korisnicima individualnih motornih vozila. Ovakav pristup rezultirao je kontinuiranom redukcijom prostora namijenjenog pješacima, što je direktno uzrokovalo narušavanje bezbjednosti najranjivijih učesnika u saobraćaju. Danas su gradska jezgra preopterećena individualnim vozilima i tranzitnim pravcima koji presijecaju vitalne humane zone, pretvarajući ih u prostore visokog rizika.

Imperativ savremenog planiranja mora biti transformacija užih gradskih područja u nemotorizovane zone. Fokusiranjem na pješačku infrastrukturu, grad ne dobija samo ekološku sanaciju i estetsko pročišćenje prostora, već primarno osigurava bazično pravo na bezbjednu mobilnost. Poseban naglasak mora biti stavljen na ranjive kategorije, djecu, starija lica i osobe sa invaliditetom. Statistike sigurnosti saobraćaja nedvosmisleno pokazuju da kolizionni kontakti motornih vozila sa pješacima u gradskim zonama najčešće rezultiraju fatalnim posljedicama ili teškim tjelesnim povredama. Eliminacijom motornog saobraćaja iz centara, ovaj rizik se svodi na minimum.

Stvaranje humanijeg urbanog prostora bez prisustva motornih vozila donosi višestruku korist. Pored evidentnog rasta ekološkog kvaliteta života kroz smanjenje emisija i buke, najznačajniji benefit ovakve transformacije je očuvanje ljudskih života. Urbanističko rješenje koje pješaku vraća prioritet direktno korelira sa drastičnim povećanjem stepena opšte sigurnosti. Gradovi moraju prestati biti mjesta opasnosti i postati sigurni ambijenti koji svojom infrastrukturom štite svakog pojedinca. U konačnici, mjera uspješnosti jednog urbanog sistema nije broj vozila koje on može primiti, već nivo sigurnosti i slobode kretanja koji pruža svojim pješacima.:

⁷ Izvor: Mehanović, M., Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo

3.3 Biciklistički saobraćaj

U okviru koncepta nemotorizovanog grada, biciklistički saobraćaj se definiše kao primarni vid kretanja koji korisnicima omogućava siguran, ekološki prihvatljiv i efikasan transport, naročito pogodan za srednje i duže gradske relacije. Da bi biciklizam postao realna alternativa individualnom motornom prevozu, neophodno je uspostaviti sistem koji je pristupačan i infrastrukturno podržan.

Ugledajući se na pozitivne primjere iz Evropske unije, poput Maribora u Sloveniji, ključ uspjeha leži u implementaciji mreže terminala za iznajmljivanje bicikala rasprostranjenih širom urbane zone. Kroz simbolične cijene zakupa i visoku dostupnost, biciklizam se populariše među svim demografskim grupama, postajući integralni dio svakodnevnih migracija. Ovakvi sistemi bike-sharinga drastično smanjuju zavisnost od fosilnih goriva i optimizuju iskorištenost javnog prostora.

Međutim, funkcionalnost ovog sistema direktno zavisi od projektovanja adekvatne infrastrukture. Kritični izazov u trenutnom planiranju predstavlja prostorno pozicioniranje biciklističkih staza. Ukoliko su biciklisti primorani da dijele kolovoz sa motornim vozilima, oni postaju fizička prepreka toku saobraćaja, dok svaki konfliktni kontakt sa vozilima nosi rizik od fatalnih posljedica. S druge strane, integracija biciklističkog saobraćaja u pješačke zone bez jasne separacije ugrožava pješake, stvarajući rizik od naleta i povreda.⁸

Stoga je od presudne važnosti primijeniti princip fizičke separacije saobraćajnih tokova. Izgradnja nezavisnih i koherentnih biciklističkih koridora, koji su jasno odvojeni i od kolovoza i od pješačkih staza, jedini je način za postizanje maksimalnog stepena sigurnosti. Ovakav pristup ne samo da štiti ranjive učesnike, već i značajno podiže kvalitet života u gradu, čineći urbanu sredinu fluidnijom, zdravijom i sigurnijom za sve njene korisnike.

3.4 Sistem "Parkiraj i vozi"

Efikasno smanjenje pritiska motornog saobraćaja na centralne gradske zone nemoguće je postići bez integracije transportnih potreba stanovništva iz prigradskih naselja, periferija i susjednih manjih gradova. Ova populacija generiše intenzivne dnevne migracije uzrokovane radnim, obrazovnim i socijalnim potrebama, što rezultira kontinuiranim prilivom individualnih vozila u urbane jezgre. Kako bi se taj tok kanalisao prije ulaska u gradska područja, neophodna je implementacija sistema „Park and Ride“.

Ovaj koncept podrazumijeva izgradnju strateški pozicioniranih terminala na rubnim dijelovima grada, koji služe kao intermodalna čvorišta. Osnovna funkcija ovih terminala je da omogućе korisnicima bezbjedno odlaganje individualnih motornih vozila, nakon čega se putovanje ka centru nastavlja visokokvalitetnim uslugama javnog prevoza ili drugim vidovima održive mikromobilnosti. Da bi sistem bio funkcionalan, terminali moraju biti projektovani sa adekvatnim kapacitetom, tehnički opremljeni i direktno povezani sa brzim koridorima javnog prevoza.⁹

Strateškom implementacijom ovih sistema ostvaruju se višestruki benefiti:

⁸ Izvor: Lindov, O., Sigurnost u cestovnom saobraćaju, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, 2008, Sarajevo

⁹ Izvor: Ejubović, T., Razvoj urbane mobilnosti kroz primjenu sistema „PARKIRAJ I VOZI“ na području Bosne i Hercegovine, IPI- Institut za privredni inženjering, 2024, Zenica

1. Ekološka sanacija: Značajno se smanjuje ukupna emisija štetnih gasova i buka u gusto naseljenim zonama, jer se veliki broj vozila eliminiše sa gradske ulične mreže.
2. Sigurnost saobraćaja: Redukcija broja vozila direktno utiče na smanjenje vjerovatnoće saobraćajnih nezgoda i olakšava kretanje nemotorizovanim učesnicima.
3. Prostorna optimizacija: Smanjuje se potreba za izgradnjom novih parking površina u užim gradskim jezgama, čime se dragocjeni urbani prostor oslobađa za pješačke zone i zelene površine.

Zaključno, sistem „Park and Ride“ predstavlja neophodan filter koji transformiše tranzitni saobraćaj u održivu mobilnost. Bez ovakvog sistemskog rješenja, gradovi ostaju žrtve sopstvene gravitacione moći, dok njihova infrastruktura trpi neodrživo opterećenje uzrokovano eksternim motornim tokovima.

4. PREDNOSTI I NEDOSTACI

Izbor lokacije za logistički centar predstavlja fundamentalnu odluku koja direktno determiniše operativnu efikasnost, ekonomsku održivost i dugoročnu konkurentnost poslovnog subjekta. Optimalno pozicioniranje doprinosi značajnoj redukciji operativnih troškova (OPEX), poboljšanju vremenske efikasnosti lanaca snabdijevanja i minimizaciji ekološkog otiska. Nasuprot tome, neadekvatna prostorna lokacija generiše visoke transportne rashode i logističku rigidnost, što otežava adaptaciju na fluktuirajuće zahtjeve tržišta. Multimodalna infrastruktura i transportna povezanost Infrastruktura čini okosnicu logističkog čvorišta, integrišući različite vidove transporta. Dostupnost i kvalitet cestovne, željezničke, pomorske i vazdušne mreže su primarni faktori za ubrzanje distributivnih procesa i redukciju tranzitnog vremena. Strateško pozicioniranje u blizini kapitalnih saobraćajnih čvorova, poput autoputeva ili luka, esencijalno je za efikasan protok roba unutar globalnih lanaca snabdijevanja. Ekonomska analiza troškova i fiskalni poticaji Evaluacija lokacije obuhvata integralni pregled kapitalnih ulaganja (cijena zemljišta i izgradnje) i kontinuiranih operativnih troškova, uključujući fiskalna opterećenja, energetske resurse, radnu snagu i održavanje. Regije sa stimulativnim ekonomskim ambijentom i poreskim olakšicama imaju komparativnu prednost u privlačenju investicija. Primjer za to je Istočna Evropa, koja je postala primarno odredište uslijed optimalnog odnosa troškova rada i blizine velikih potrošačkih tržišta Zapadne Evrope. Ekološka održivost i digitalna transformacija Savremeni logistički sistemi se ubrzano prilagođavaju imperativima "zelene logistike", fokusirajući se na dekarbonizaciju, energetske efikasnost i eksploataciju obnovljivih izvora energije. Regije koje nude institucionalnu podršku i subvencije za ekološke inicijative postaju visokoprioritetne za investiture. Metodološki okvir za donošenje odluka Primjena naprednih naučnih metoda, poput Geografskih informacionih sistema (GIS) za prostornu vizualizaciju i Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) za višekriterijumsko rangiranje, omogućava transformaciju kompleksnih varijabli u informisane poslovne odluke. Budući trendovi ukazuju na to da će digitalizacija i održivost postati ključni stubovi na kojima će se temeljiti kriteriji za selekciju budućih logističkih lokacija.

ZAKLJUČAK

Koncept nemotorizovanog grada nosi sa sobom fundamentalne prednosti koje direktno utiču na revitalizaciju urbanog tkiva, primarno kroz ekološku regeneraciju i drastično smanjenje emisija štetnih čestica, te suzbijanje zagađenja bukom. Ovakva transformacija, bazirana na dekarbonizaciji i eliminaciji fosilnih goriva iz centralnih zona, postavlja sigurnosni imperativ kao prioritet, minimizirajući konfliktne tačke i fatalne ishode, što je od krucijalnog značaja za zaštitu ranjivih kategorija stanovništva poput djece i osoba sa invaliditetom. Prostorna humanizacija, kao prateći proces, omogućava oslobađanje dragocjenih javnih površina od okupacije parking mjestima, pretvarajući degradirani asfalt u funkcionalne pješačke koridore i zelene oaze. Time se postiže multimodalna efikasnost, gdje prioritetni koridori javnog gradskog prevoza i sistemi mikromobilnosti omogućavaju fluidno i brzo kretanje bez eksternih troškova koje generiše individualni motorni saobraćaj. Međutim, implementacija ovog modela u specifičnom kontekstu Bosne i Hercegovine suočava se sa kompleksnim nedostacima i sistemskim izazovima. Fragmentacija nadležnosti, uzrokovana složenim administrativnim uređenjem, stvara kontinuirano preklapanje ovlaštenja između kantonalnih, entitetskih i opštinskih nivoa, što rezultira nejasnoćama u upravljanju primarnom i sekundarnom uličnom mrežom i blokira jedinstveno strateško projektovanje. Ovakva administrativna blokada, produbljena nedostatkom usklađenih zakonskih regulativa, dovodi do institucionalnog vakuuma u kojem je nemoguće jasno prenijeti ovlaštenja za upravljanje ključnim intermodalnim terminalima, poput sistema „Park and Ride“. Finansijska i tehnička ograničenja, ogledana u zastarjelom voznom parku i sporim procedurama javnih nabavki, dodatno usporavaju modernizaciju, dok hronični nedostatak fizičke separacije biciklističkog i pješačkog saobraćaja u već preopterećenim jezgrima stvara otpor kod građana naviknutih na tradicionalne modele kretanja. Zaključno, dok su tehničke i ekološke prednosti nemotorizovanog grada neupitne, najveću prepreku u Bosni i Hercegovini predstavlja nejasno definisana nadležnost nad infrastrukturu. Bez uspostavljanja jedinstvenog centra upravljanja i eliminacije miješanja nadležnosti, sinergija javnog prevoza i nemotorizovanih zona ostat će na nivou izolovanih, parcijalnih incidenata umjesto da postane sistemsko rješenje za održivu budućnost.

LITERATURA

- 1) Mališević, M., Ejubović, T., Ekonomski uticaj kongestije saobraćaja na produktivnost i troškove prevoza – Bosna i Hercegovina i Evropa, Internacionalni univerzitet Travnik, 2025, Travnik
- 2) Ejubović, T., Razvoj urbane mobilnosti kroz primjenu sistema „PARKIRAJ I VOZI“ na području Bosne i Hercegovine, IPI- Institut za privredni inženjering, 2024, Zenica
- 3) Mehanović, M., Planiranje ponude usluga u gradskom prometu putnika, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo
- 4) Mehanović, M., Planiranje u saobraćaju, prevozu i komunikacijama, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, 2017, Sarajevo
- 5) Lindov, O., Sigurnost u cestovnom saobraćaju, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, 2008, Sarajevo

THE CONCEPT OF THE NON-MOTORIZED CITY AS AN IMPERATIVE FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT AND THE PRESERVATION OF QUALITY OF LIFE

Abstract:

In contemporary urban planning, the focus is progressively shifting toward the principles of sustainable development, placing the individual at the center of the transport system. The primary goal of this approach is to enable safe mobility and satisfy human needs without compromising public health, safety, or the resources intended for future generations. The central subject of this paper is the concept of the "non-motorized city," which entails the elimination or significant reduction of motorized traffic within inner-city cores. The implementation of this model requires not only a radical transformation of the transport infrastructure but also a profound shift in the ecological consciousness of the population. Analysis of the current state indicates that the modern pace of life generates high Average Annual Daily Traffic (AADT) values, resulting in chronic congestion and environmental degradation through noise and harmful emissions. A particular challenge is the deficit of parking areas, which further burdens the system, blurring the clear boundaries of peak hours and transforming them into a day-long gridlock. This paper emphasizes the necessity for the synergistic development of efficient public transport and the expansion of dedicated surfaces for non-motorized traffic participants. It is concluded that the integration of pedestrian and cycling corridors, alongside the discouragement of private vehicle use, is the only path toward creating resilient and humane urban environments that preserve biodiversity and the integrity of the living space.

Keywords: sustainable development, non-motorized transport, urban transport, quality of life, ecological awareness, traffic congestion.

PRIMENA SISTEMA UPRAVLJANJA BEZBEDNOŠĆU U UPRAVLJANJU KRIZNIM SITUACIJAMA NA AERODROMIMA: REGULATORNI ZAHTEVI I NAVIGACIONI ASPEKTI

Tatjana Dolžan-Milisavljević¹,
Nataša Stevanović²,
Vojkan Dimitrijević³

Rezime: Rad analizira primenu Sistema upravljanja bezbednošću (eng. Safety Management System – SMS) u upravljanju kriznim situacijama na aerodromima, sa posebnim osvrtom na regulatorne zahteve i navigacione aspekte. Polazeći od savremenog pristupa bezbednosti koji podrazumeva prelazak sa reaktivnog na proaktivno delovanje, razmatra se uloga Sistema upravljanja bezbednošću u integraciji sa aerodromskim planom za vanredne situacije i procedurama usluga vazdušne plovidbe. Posebna pažnja posvećena je koordinaciji subjekata, upravljanju informacijama i kontinuitetu komunikacija tokom kriznih situacija. Rezultati ukazuju da efektivna primena Sistema upravljanja bezbednošću značajno doprinosi smanjenju rizika, poboljšanju odgovora u realnom vremenu i ukupnom nivou bezbednosti vazdušnog saobraćaja.

Cljučne reči: Sistem upravljanja bezbednošću, krizne situacije, aerodromi, vazdušna plovidba, upravljanje rizikom, bezbednost vazdušnog saobraćaja.

UVOD I METODOLOŠKI OKVIR

Krizne situacije na aerodromima mogu se svrstati u grupu tzv. „brzih događaja“, a to podrazumeva dešavanja sa periodom trajanja koji se najčešće meri u minutima ali može i u satima.

Pomenute situacije obično se završavaju sa disproporcionalnim posledicama, a to znači povrede, gubitak života, zatvaranje poletno-sletne staze, domino-efekat koji izaziva poremećaj svih planiranih letova, kao i značajnu materijalnu štetu. U literaturi koja analizira gore pomenute situacije, vanredna situacija se definiše kao iznenadni i neplanirani događaj koji zahteva hitnu akciju. S druge strane planiranje odgovora predstavlja proces pripreme aerodroma da se sa takvim događajem izbori na samom aerodromu ili u njegovoj blizini, sa minimalnim negativnim posledicama [2].

Proces upravljanja bezbednošću u vazduhoplovstvu, posmatrano sa aspekta regulatornog okvira, prelazi sa polja reaktivnog delovanja i postupanja (karakteristično postupanje posle nesrećnog slučaja) na proaktivno i prediktivno delovanje, a ključni alat u tom postupanju je definisani Sistem upravljanja bezbednošću.

Sistem upravljanja bezbednošću primenjen u praksi nije pojedinačni normativni akt već skup odgovornosti, procedura i činjenica kojima se identifikuju opasnosti, zatim procenjuju rizici

¹ Tatjana Dolžan-Milisavljević, master inženjer saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, tdmilisavljevic@politehnika.edu.rs

² Nataša Stevanović, dipl. inž. saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, nstevanovic@politehnika.edu.rs

³ Vojkan mr Dimitrijević, magistar tehničkih nauka, predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Amrozić 3, Beograd, R.Srbija, vdimitrijevic@politehnika.edu.rs

i uvode kontrolne mere, da bi se praćenjem performansi uočila odstupanja i preduzele korektivne mere.

Upravo ovaj kvalitativni pomak koji donosi primena Sistema upravljanja bezbednošću ugrađen je u međunarodni okvir koji zahteva da država uspostavi adekvatni nacionalni program bezbednosti, a da istovremeno svi pružaoci usluga na aerodromima (uključujući operatora aerodroma i pružaoce usluga vazdušne plovidbe) uspostave pomenuti sistem [3].

Osnovna teza ovog rada ima strogo praktičnu komponentu, a to implicira da Sistem upravljanja bezbednošću unapredi upravljanje kriznim situacijama na aerodromu samo ako je direktno povezan i kompatibilan sa:

(a) aerodromskim planom koji definiše postupke u slučajevima vanrednih situacija [2] i

(b) procedurama službe kontrole letenja i navigacionim procedurama, uključujući objavljivanje informacija preko NOTAM-a. NOTAM (Notice to Air Missions) je službeno obaveštenje u vazduhoplovstvu kojim se pilotima i operativnom osoblju prenose važne, hitne ili privremene informacije koje mogu uticati na bezbednost letenja [11].

U suprotnom slučaju, tzv. „samo na papiru prisutni Sistem upravljanja bezbednošću” bez dobro uvežbanih procedura, verifikacije istih i korektivnih mera, neće sprečiti pojavu negativnih i nesrećnih događaja i kriznih situacija već će samo dokumentovati da nije ozbiljno tretiran.

Metodološki, ovaj rad koristi normativno-komparativnu analizu:

(1) međunarodnih standarda i pratećih dokumenata Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva,

(2) evropskog regulatornog okvira koji tretira aerodrome i vazdušnu plovidbu kao referentne prakse za operacionalizaciju Sistema upravljanja bezbednošću i aerodromskog plana koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija [2] i

(3) nacionalnih odredaba u regulativi Republike Srbije koje definišu Sistem upravljanja bezbednošću, obavezno prijavljivanje događaja u vazdušnom saobraćaju i ulogu nadležnog organa, tj Direktorata civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije [13].

Interpretacija tzv. „navigacionih aspekata” je usmerena pre svega na ono što u krizi odlučuje ishod, a to su prioriteti u uslugama u vazdušnoj plovidbi, preusmerenja i izolacija vazduhoplova, kontinuitet komunikacija i integritet/pravovremenost informacija.

2. Regulatorni zahtevi za Sistem upravljanja bezbednošću i upravljanje krizama

Međunarodni okvir koji obezbeđuje podršku primeni Sistemu upravljanja bezbednošću u civilnom vazduhoplovstvu definiše Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva, pri čemu je cilj Annex-a 19 ove organizacije da harmonizuje i proširi odredbe bezbednosnog upravljanja na ključne kategorije pružalaca usluga (operatori, pružaoci usluga vazdušne plovidbe, sertifikovani operatori aerodroma i drugi). Ovo je vrlo važna polazna tačka kada je u pitanju upravljanje kriznim situacijama iz razloga što se u pomenutim situacijama ne pita ko je „formalno odgovoran”, već ko je konkretno deo lanca u reakciji na kriznu situaciju bez „praznina” ili „preklapanja” u odgovornostima. [8]

Za aerodrome, osnovna normativna osnova kojom se definiše spremnost reagovanja na krizne situacije je obaveza uspostavljanja aerodromskog plana za vanredne situacije koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija (*eng: Aerodrome Emergency Plan-AEP*). Standard Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva u ovom slučaju zahteva da je plan

uspostavljen na konkretnom aerodromu i da bude srazmeran obimu operacija koje se na njemu odvijaju. Dodatno se naglašava da plan mora omogućiti koordinisanu akciju u vanrednom događaju na aerodromu ili u njegovoj blizini, uz upućivanje na detaljnije smernice u precizno definisanom aerodromskom priručniku [2]. Zvanična izdanja priručnika dostupna su isključivo na engleskom jeziku pa se obezbeđuje stručni prevod i objašnjenja putem internih materijala.

Praktični sadržaj aerodromskog plana koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija je detaljno razrađen dokument. On je primarno usmeren na pre-planiranje i koordinaciju između aerodromskih službi i subjekta u širem okruženju koje su sposobne da pruže pomoć. Ovo podrazumeva koordinaciju i sadejstvo čitave mreže subjekata kao što su kontrola letenja, spasilačko-vatrogasna služba, policija, medicinska služba, bolnice, operatori vazduhoplova, vlasti, korisnici aerodromske infrastrukture, transportne vlasti, uzajamna pomoć, kao i konkretne organizacione elemente (centar za operacije, komandno mesto, komunikaciona mreža) [2].

Agencija Evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja (eng: *European Union Aviation Safety Agency – EASA*) obezbeđuje regulatorni okvir za bezbednost vazdušne plovidbe kroz pravila i propise za aerodrome operacionalizuje zahtev da operator aerodroma implementira i održava sistem upravljanja koji integriše Sistem upravljanja bezbednošću [10].

Smernice aerodromskog plana koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija eksplicitno traže testiranje plana kroz vežbe punog obima i parcijalne vežbe između, uz pregled nakon vežbi ili stvarnih vanrednih događaja. [12]

Analizom evropskog regulatornog okvira uočava se snažna funkcionalna povezanost između upravljanja aerodromom i navigacionih usluga, pri čemu je operator aerodroma obavezan da obezbedi ili koordinira pružanje usluga vazdušne plovidbe u skladu sa obimom i uslovima saobraćaja, uz istovremeno obezbeđenje usklađenosti sa važećim procedurama letenja.

Takođe, operator aerodroma mora da obezbedi koordinaciju sa nadležnim organom kako bi informacije važne za bezbednost bile sadržane u aerodromskom priručniku i objavljene gde je potrebno kao što je Zbornik vazduhoplovnih podataka (eng: *Aeronautical Information Publication – AIP*).

Za pružaoce usluga vazdušne plovidbe, evropski model uspostavlja tzv. „zajedničke zahteve” kroz Uredbu Komisije (EU) 2017/373, kojom se detaljno definišu uslovi za upravljanje vazdušnim saobraćajem (Air Traffic Management – ATM), kao i nadzor nad njihovom primenom, uključujući elemente organizacije i upravljanja [11].

Iako Republika Srbija nije pod neposrednim EU režimom, ovaj okvir je praktično relevantan kao referenca za regionalnu interoperabilnost, jer vazdušna plovidba u Evropi funkcioniše kao međuzavisan sistem. U kriznim situacijama na aerodromu to znači da kontingencijski planovi pružaoca usluga u vazdušnoj plovidbi i upravljanje bezbednošću ne smeju biti izolovani od aerodromskog sistema upravljanja bezbednošću i aerodromskim planom koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija.

Važno je istaći da interfejsi, razmena podataka i koordinacija rizika moraju biti projektovani „bez praznina” u lancu aktivnosti reagovanja na kriznu situaciju.

Kada je u pitanju nacionalni nivo, zakon Republike Srbije uvodi Sistem upravljanja bezbednošću kao pravnu kategoriju. Naime, Sistem upravljanja bezbednošću je definisan kao organizacija, procedure i sistem odgovornosti kojima se uspostavlja i održava prihvatljiv nivo bezbednosti [13].

Zakon dalje propisuje obavezu vazduhoplovnog subjekta da Sistem upravljanja bezbednošću uspostavi na osnovu Nacionalnog programa bezbednosti i da pribavi saglasnost Direktorata civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije, uz obavezno prijavljivanje događaja i izričito naglašen cilj prijavljivanja a to je prevencija, a ne pripisivanje krivice. [12] [14]

3. SMS kao alat za pripravnost, odgovor i oporavak tokom krize

Sistem upravljanja bezbednošću doprinosi upravljanju kriznim situacijama tek kada se fokusira na tri pitanja koja se u praksi često tretiraju formalno, a trebalo bi inženjerski:

1. Ko tačno šta radi u prvih 5–30 minuta krizne situacije?
2. Koje su kontingencijske procedure kada standardni režim navigacije usluga vazdušnog saobraćaja više ne važi?
3. Kako se obezbeđuje da informacija (komanda, koordinacija, obaveštenja) bude tačna, jedinstvena i pravovremena?

U pristupu Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva aerodromskom vanrednom planiranju, upravo su koordinacija relevantnih subjekata, komunikacioni tokovi i komandna struktura jezgro planiranja. [8]

U Priručniku za upravljanje bezbednošću, koordinacija planiranja odgovora na vanredne situacije se eksplicitno pozicionira kao deo bezbednosnog upravljanja. Plan odgovora na vanredne situacije je integralna komponenta procesa upravljanja bezbednosnim rizikom za vanredne situacije i krize. [3]

Istovremeno, Priručnik za upravljanje bezbednošću naglašava da Annex 19 ne uvodi univerzalnu obavezu izrade Plana odgovora na vanredne situacije, već da se obaveze nalaze u relevantnim sektor-specifičnim aneksima. Ovo praktično znači da se regulatorni „minimum” postiže kroz sledeće usklađivanje: Sistem upravljanja bezbednošću je sistem, plan odgovora na vanredne situacije je operativni plan, a vežbe i provere su obavezno „lepak” koji sprečava da oba dokumenta ostanu teorijska [3].

Ključna vrednost Sistema upravljanja bezbednošću za kriznu situaciju je u formalnom, ponovljivom i dokumentovanom upravljanju rizikom. Opasnosti se identifikuju iz više izvora (obavezno i dobrovoljno prijavljivanje, inspekcije, auditi, ekspertska procena), procenjuju se po verovatnoći i težini, zatim se uvode kontrole, a potom meri efektivnost njihove primene.

Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva posebno ističe potrebu da opasnosti uključuju i one koje nastaju van organizacije ili van njene direktne kontrole (npr. ekstremno vreme, vulkanski pepeo i sl.). Ovo je analogno savremenim navigacionim degradacijama (npr. GNSS ometanje) pa organizacija mora planirati i ono što ne može „popraviti”, ali može umanjiti rizik. [17]

„Kooperativni” aspekt (više organizacija, jedan događaj) postaje kritičan kod ugovaranja i angažovanje eksternih pružalaca usluga. Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva naglašava da se odgovornosti za identifikaciju opasnosti i upravljanje rizikom moraju jasno definisati duž celog lanca pružanja usluga, bez praznina ili preklapanja.

Kada organizacija sa obavezom uspostavljanja Sistema upravljanja bezbednošću ugovara deo aktivnosti sa organizacijom bez ove obaveze, rizik koji uvodi izvođač mora pokriti Sistem upravljanja bezbednošću naručioca. U kriznim situacijama, ovo se direktno reflektuje na ugovore sa zemaljskim službama opsluživanja, privatnim obezbeđenjem, komunalnim službama,

dobavljačima opreme i sistemima (npr. komunikacije, osvetljenje) — jer su to tačke na kojima kriza prerasta u sistemski kvar.

Operativno, Sistem upravljanja bezbednošću treba da pruža podršku aerodromskom planu koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija kroz ciklus vežbanja i korekcije. Dokument Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva za aerodromski plan koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija predviđa različite tipove vežbi, kritiku i analizu, i jasno navodi da vežba mora da rezultira identifikacijom manjkavosti i unapređenjem plana i procedura.

Evropske smernice za aerodrome su eksplicitne: plan se testira sprovođenjem vežbi u punom obimu u definisanim periodima vremena i parcijalnim vežbama u godini između redovnih intervala i revidira nakon vežbi ili stvarnih vanrednih situacija. Treba naglasiti da su ovo proverljivi i obavezni zahtevi, a ne preporuke.

Ovaj pristup ukazuje na integraciju Sistema upravljanja bezbednošću sa operativnim procedurama upravljanja kriznim situacijama u vazdušnoj plovidbi, uz poseban fokus na navigacione degradacije, komunikacione tokove i upravljanje rizikom u realnom vremenu.

4, Navigacioni aspekti kriznih situacija: procedure, informacije i degradacije sistema

Navigacioni aspekt krize obuhvata obezbeđenje kontinuiteta usluga vazdušne plovidbe, prioritetno vođenje vazduhoplova u nuždi, sposobnost da se saobraćaj bezbedno redukuje ili preusmeri kao i sposobnost da se na zemlji spreče sekundarni incidenti (npr. neovlašćeni ulazak na poletno-sletnu stazu tokom evakuacije ili taksiranja ka izolovanoj parking poziciji).

Standardi Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva eksplicitno zahtevaju da se razviju i objave kontingencijski planovi za slučaj prekida ili potencijalnog prekida službe kontrole letenja ili drugih usluga vazdušnog saobraćaja [11].

Dokument 4444 Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva definiše tzv. operativnu „logiku prioriteta” u krizi a to je da vazduhoplov za koji se zna ili se veruje da je u stanju vanredne situacije (uključujući nezakonito ometanje) dobija prioritet [4].

Pomenuti dokument razrađuje i specifične postupke za nezakonito ometanje i pretnje bombama, uključujući upotrebu definisanih kodova za transponder u zavisnosti od vrste vanredne situacije kao i taksiranja ka izolovanoj parking poziciji uz rutu koja minimizuje rizike po druge vazduhoplove, osoblje i infrastrukturu. Ovaj deo predstavlja navigaciono-operativni most što znači da bez unapred definisane parking pozicije, bez jasnih ruta rulanja i bez koordinacije sa operatorom aerodroma, “navigaciona” odluka postaje izvor dodatnog rizika.

Pored navedenog, krizna situacija u velikoj meri zavisi i od komunikacija. Smernice Međunarodne organizacije za civilno vazduhoplovstvo za aerodromski plan koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija naglašavaju da komandno mesto i centar za operacije moraju imati sposobnost kontinuirane komunikacije sa svim uključenim subjektima i da moraju postojati rezervni načini komunikacije. Insistira se na komunikacionoj disciplini kako bi se izbeglo zagušenje hitnih frekvencija i na postojanju komandne frekvencije. Za Sistem upravljanja bezbednošću, ovo nije tehnička fusnota jer se komunikacioni tok tretira kao kontrolna mera (barijera) i mora imati dokaz o funkcionalnosti (testovi, vežbe, korektivne mere i ostalo).

Operativna informacija u kriznoj situaciji mora da bude objavljena i distribuirana. Dokument 10066 Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva pod nazivom Procedure

za usluge vazduhoplovne navigacije (eng: *Proceduras for Air Navigation Services-Aeronautical Information Management*) definiše izveštaj koji se podnosi vazduhoplovnoj vlasti da upozori pilote aviona na potencijalne opasnosti duž rute leta ili na lokaciji koja bi mogla uticati na let putem NOTAM-a, izmene u Zborniku vazduhoplovnih podataka, kao i standardizovane proizvode i naglašava cilj očuvanja integriteta vazduhoplovnih podataka duž lanca obrade i distribucije uz pravila ažuriranja [5].

U kriznim situacijama Sistem upravljanja bezbednošću mora povezati tri stepena:

(1) detekcija promene/stanja

(2) odluka i autorizacija, i

(3) objava kroz ispravan kanal (NOTAM, Zbornik vazduhoplovnih podataka, lokalne informacije), bez konflikta između izvora.

Krizni događaji na manevarskim površinama često imaju svoj „prethodni trag” prema podacima Sistema upravljanja bezbednošću. Događaj neovlašćenog prisustva vazduhoplova ili vozila ili osobe na poletno-sletnoj stazi u upotrebi je povezan sa programom prevencije koji se oslanjaju na principe Sistema upravljanja bezbednošću a to su:

- identifikacija opasnih tačaka;
- izrada i sprovođenje akcionih planova;
- koordinacija između operatora aerodroma, pružaoca usluga vazdušnog saobraćaja i korisnika, i
- sistematsko izveštavanje i klasifikacija ozbiljnosti događaja.

Drugim rečima, neplanirano i opasno zauzimanje poletno-sletne staze u upotrebi je tipičan primer gde se krizni događaj prevenira pre nego što se desi ali samo ako Sistem upravljanja bezbednošću aktivno istražuje slabe signale. [6]

Savremeni navigacioni rizik koji lako prerasta u kriznu situaciju je štetno ometanje Globalnog navigacionog satelitskog sistema. Dokumenta Međunarodne organizacije civilnog vazduhoplovstva klasifikuju pretnje kao ometanje i lažiranje i podstiču razvoj smernica i strategija umanjavanja rizika [17].

Dok pružalac usluga vazdušne plovidbe naglašava da je štetno ometanje Globalnog navigacionog satelitskog sistema evolutivna pretnja koja traži stalnu budnost i uspostavljanje strategija ublažavanja, u terminima Sistema upravljanja bezbednošću, to znači opasnost kao eksterni faktor, definišu se okidači (npr. detekcija degradacije), propisuju kontingencijske procedure (prelazak na konvencionalna sredstva, ograničenja kapaciteta, NOTAM), i meri se performansa reakcije [16].

5. Pravni aspekti i usklađenost: odgovornost, prijavljivanje događaja i Montrealska konvencija

Pravna usklađenost u kriznoj situaciji ima dve komponente koje se ne smeju mešati: bezbednosno-regulatornu (dokaz da organizacija kontroliše rizik i poštuje zahteve) i odštetno-pravnu (ko nadoknađuje štetu i u kom obimu).

Sistem upravljanja bezbednošću je direktno vezan za prvu komponentu kroz dokaziv sistem kontrole rizika, internu evaluaciju i kontinuirano poboljšanje, a indirektno utiče na drugu komponentu jer smanjuje verovatnoću i težinu štete, odnosno broj i ozbiljnost povreda i materijalnih gubitaka u kriznim situacijama.

Prijavljivanje događaja je pravni i operativni preduslov da Sistem upravljanja bezbednošću uopšte reaguje. Pri tome, Zakon Republike Srbije ne ostavlja prostor za pogrešno tumačenje već cilj prijavljivanja događaja tretira kao motiv sprečavanja udesa i nezgoda, a ne pripisivanje krivice ili odgovornosti uz definisanu ulogu Direktorata civilnog vazduhoplovstva da prikuplja, analizira, vodi bazu i razmenjuje podatke o događajima [13], [14].

Ovakav pristup je u skladu sa međunarodnom idejom da se analiziraju uzroci okolnosti događaja kao atmosfere poverenja u kojoj se osoblje podstiče da prijave važne informacije (uključujući bliske susrete), čime se omogućava učenje iz krizne situacije pre nego što ona postane katastrofa, a ne da se automatski kažnjavaju.

Kao referentni model, evropsko pravo o prijavljivanju događaja daje detaljniji okvir o obaveznom i dobrovoljnom prijavljivanju, analizi i zaštiti informacija, uz jasno naglašen cilj unapređenja bezbednosti kroz povratnu spregu iz incidenta u sistem. Iako ovaj režim formalno važi za EU jurisdikcije, za aerodrome i pružaoce usluga vazdušne plovidbe u regionu on je praktično relevantan zbog interoperabilnosti, prekogranične razmene podataka i zajedničkih bezbednosnih trendova u evropskoj mreži. [12]

Za odštetno-pravne posledice kriznih događaja, centralni međunarodni instrument je Montrealska konvencija (1999.god.), koja uspostavlja jedinstveni režim odgovornosti avio-prevozioca u međunarodnom prevozu putnika, prtljaga i robe, uključujući odgovornost za telesnu povredu/smrt nastalu usled „nesreće” na vazduhoplovu ili tokom ukrcavanja/iskrcavanja, kao i odgovornost za štetu zbog kašnjenja. Konvencija sadrži ograničenja odgovornosti izražena u Specijalnim pravima vučenja- međunarodna obračunska jedinica i predviđa periodične revizije iznosa. [15]

Za Republiku Srbiju, ovaj režim je operativno relevantan zato što Republika Srbija primenjuje Montrealsku konvenciju od 4. aprila 2010. godine, nakon usvajanja zakona o ratifikaciji 2009. godine. U kontekstu aerodromskih kriza, najosetljivija tačka prema konvenciji je upravo faza ukrcavanja/iskrcavanja (evakuacije posle incidenta, zadržavanje putnika u terminalu, prevoz do određene zone, organizacija medicinske pomoći) jer se tu povrede najčešće dešavaju i jer se radi o situacijama gde „organizacija odgovora” direktno utiče na obim štete.

Upravo zato Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva u planovima za reagovanje u vanrednim situacijama insistira na jasno definisanim ulogama relevantnih subjekata, komunikacionim mrežama, komandnom mestu i redovnim vežbama. Ovo su operativne mere koje istovremeno unapređuju bezbednost i redukuju pravni rizik. [9]

Zaključak

Sistem upravljanja bezbednošću može unaprediti upravljanje kriznim situacijama na aerodromima, ali samo pod uslovom da se koristi kao operativni sistem koji proizvodi dokaze u vidu podataka, procena, odluka, vežbi i korektivnih mera i koji mora biti integrisan sa aerodromskim planom koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija i kontingencijskim planovima pružaoca usluga vazdušnog saobraćaja.

Regulatorni zahtevi su međusobno konzistentni: Annex 14 traži aerodromski plan koji definiše postupanje u slučajevima vanrednih situacija, Annex 11 traži kontingencijske aranžmane za prekid pružaoca usluga vazdušnog saobraćaja, a Annex 19 traži Sistem upravljanja bezbednošću za relevantne pružaoce usluga.

Najзад, pravila Agencije Evropske unije za bezbednost vazdušnog saobraćaja operacionalizuju testiranje i kontinuirano poboljšanje kroz konkretne zahteve za vežbe, revizije i koordinaciju planova[10].

Navigacioni aspekt predstavlja oblast u kojoj se efektivnost Sistema upravljanja bezbednošću najjasnije manifestuje kroz operativne odluke, protok informacija i upravljanje degradacijama sistema u realnom vremenu. Naime, prioriteti u radu pružaoca usluga u vazдушnom saobraćaju, izolacija vazduhoplova, tok NOTAM/AIP informacija/podataka, upravljanje površinskim kretanjima i odgovor na degradacije navigacionih sistema su procesi koji u kriznim situacijama moraju reagovati “odmah”.

Ako kontingencijske procedure nisu jasne, koherentno objavljene i uvežbane, krizne situacije će to pokazati za nekoliko minuta. Zato je u praksi jedini održiv model sledeći lanac: Sistem upravljanja bezbednošću obuhvata proces koji se zasniva na proceni rizika, izradi planova za postupanje u vanrednim situacijama i kontingencijskim procedurama, njihovoj proverbi kroz vežbe, primeni korektivnih mera i kontinuiranom ažuriranju operativnih procedura i vazduhoplovnih informacija.

Sistem upravljanja bezbednošću u kriznom upravljanju na aerodromima mora stalno da se prilagođava novim izazovima i time ostane ključni alat otpornosti i poverenja u sistem vazdušnog saobraćaja.

LITERATURA

1. Civil Air Navigation Services Organisation, *GNSS Interference: Jamming and Spoofing Guidelines*.
2. Civil Aviation Directorate of the Republic of Serbia, *Primena Montrealske konvencije (2010)*.
3. European Commission, *Commission Implementing Regulation (EU) 2017/373 (ATM/ANS requirements)*.
4. European Union Aviation Safety Agency, *Easy Access Rules for Aerodromes (Regulation (EU) No 139/2014)*.
5. European Union, *Regulation (EU) No 376/2014 on occurrence reporting*.
6. International Civil Aviation Organization, *Airport Services Manual, Part 7 — Airport Emergency Planning (Doc 9137)*.
7. International Civil Aviation Organization, *Annex 11 — Air Traffic Services*.
8. International Civil Aviation Organization, *Annex 14, Volume I: Aerodromes — Aerodrome Design and Operations*.
9. International Civil Aviation Organization, *Annex 19 — Safety Management*.
10. International Civil Aviation Organization, *Convention for the Unification of Certain Rules for International Carriage by Air (Montreal Convention, 1999)*.
11. International Civil Aviation Organization, *GNSS Interference and Mitigation Materials, 2026*.
12. International Civil Aviation Organization, *Guidance on Airport Preparedness and Resilience (HADRA), 2022*.
13. International Civil Aviation Organization, *Manual on the Prevention of Runway Incursions (Doc 9870)*.
14. International Civil Aviation Organization, *Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management (PANS-ATM), Doc 4444*.
15. International Civil Aviation Organization, *Procedures for Air Navigation Services — Aeronautical Information Management (PANS-AIM), Doc 10066*.
16. International Civil Aviation Organization, *Safety Management Manual (SMM), Doc 9859, 4th Edition*.
17. Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of Serbia, *Zakon o vazдушnom saobraćaju Republike Srbije*.

APPLICATION OF SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN AIRPORT CRISIS MANAGEMENT: REGULATORY REQUIREMENTS AND NAVIGATION ASPECTS

Abstract: *This paper analyzes the application of the Safety Management System in managing crisis situations at airports, with a focus on regulatory requirements and navigation aspects. Based on the modern safety approach that shifts from reactive to proactive and predictive management, the role of SMS is examined in integration with airport emergency plans and air traffic service contingency procedures. Special attention is given to coordination among stakeholders, information management, and communication continuity during crises. The results indicate that effective SMS implementation significantly reduces risks, improves real-time response, and enhances overall aviation safety.*

Keywords: *Safety Management System, crisis management, airports, air navigation, risk management, aviation safety*

KOORDINACIJA VAZDUŠNIH I ZEMALJSKIH SLUŽBI U HELIKOPTERSKIM OPERACIJAMA TRAGANJA I SPASAVANJA

Vojkan Dimitrijević¹,
Tatjana Dolžan-Milisavljević²,
Nataša Stevanović³,

Rezime

Helikopterske operacije traganja i spasavanja (Search and Rescue – SAR) predstavljaju kompleksne operacije koje zahtevaju visok nivo koordinacija između vazdušnih i zemaljskih službi. Efikasna saradnja između različitih učesnika – pilota, kontrolora letenja, spasilačkih timova, medicinskog osoblja i komandnih centara je ključna za uspešno izvršenje misije i spašavanje ljudskih života. Ovaj rad analizira organizacione, tehničke i komunikacione aspekte koordinacije, sa posebnim osvrtom na izazove u realnim uslovima i značaj standardizovanih procedura. Takođe se razmatra uloga savremenih tehnologija i međunarodnih standarda u unapređenju SAR operacija.

Ključne reči: traganje i spasavanje, helikopterske operacije, koordinacija, vazdušne službe, zemaljske službe

UVOD

Operacije traganja i spasavanja predstavljaju vitalni segment sistema bezbednosti i zaštite ljudi u vanrednim situacijama. Helikopteri imaju posebnu ulogu u ovim operacijama zbog svoje sposobnosti da brzo reaguju, pristupe nepristupačnim terenima (sposobnost vertikalnog poletanja i sletanja kao i lebdenja iznad terena) i izvrše evakuaciju povređenih [1].

Koordinacija između vazdušnih i zemaljskih službi predstavlja ključni faktor uspešne realizacije operacija traganja i spasavanja. Drugim rečima, bez adekvatne i efikasne sinhronizacije između pomenutih učesnika može doći do kašnjenja, pogrešnog usmeravanja resursa ili ugrožavanja bezbednosti učesnika [2].

2. Osnovne karakteristike operacija traganja i spasavanja

Operacije traganja i spasavanja (Search and Rescue – SAR) obuhvataju više međusobno povezanih faza i modaliteta, koji se razlikuju prema cilju i dinamici intervencije, a to su:

¹ Vojkan mr Dimitrijević, magistar tehničkih nauka, predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, vdimitrijevic@politehnika.edu.rs

² Tatjana Dolžan-Milisavljević, master inženjer saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, tdmilisavljevic@politehnika.edu.rs

³ Nataša Stevanović, dipl. inž. saobraćaja, nastavnik veština, Akademija strukovnih studija Politehnika, Katarine Ambrozić 3, Beograd, R.Srbija, nstevanovic@politehnika.edu.rs

1. Potraga za nestalim licima.

Ova faza predstavlja inicijalnu fazu operacija traganja i spasavanja i podrazumeva sistematsko pretraživanje definisanog područja korišćenjem različitih metoda kao što su: vizuelna pretraga iz vazduha (helikopteri, dronovi), pretraga sa zemlje (timovi sa psima tragačima, specijalizovane jedinice) i korišćenje različitih tehničkih sredstava (termovizija, mobilni siglal tracking).

Ovu fazu operacije traganja i spasavanja karakteriše visok nivo neizvesnosti kao i potreba za vrlo preciznim planiranjem sektora pretrage.

2. Pružanje prve pomoći (on-site rescue).

Nakon inicijalne faze operacije traganja i spavanja i lociranja unesrećenog lica, prioritet predstavlja stabilizacija vitalnih funkcija istog. Ovo podrazumeva preduzimanje niza aktivnosti sa osnovnim ciljem osposobljavanja unesrećenog lica za transport do adekvatne medicinske ustanove u kojoj će joj biti ukazana dalja medicinska pomoć.

Najvažniji koraci koji se preduzimaju u okviru ove faze operacija traganja i spasavanja odnose se na:

- procenu stanja unesrećenog (ABCD pristup);
- imobilizaciju povreda unesrećenog lica;
- zaustavljanje krvarenja i osnovna reanimacija.

Ovu fazu operacije traganja i spasavanja u najvećem broju slučajeva sprovode specijalno obučeni spasioci ili medicinski tehničari koji predstavljaju deo helikopterske posade.

3. Evakuacija unesrećenih osoba

Ova faza operacije traganja i spasavanja podrazumeva izvlačenje unesrećenih osoba iz, vrlo često, nepristupačnih i opasnih okruženja. Evakuacija unesrećenih lica može se realizovati na različite načine ali najčešće korišćenjem bočne dizalice ili "long line" tehnikom, tj. upotrebom dugog užeta.

I jedan i drugi način evakuacije predstavlja visoko specijalizovane tehnike izvlačenja unesrećenih lica koja se primarno izvodi iz vazduha, najčešće helikopterom, u situacijama kada letelica ne može bezbedno da sleti na teren. Obe tehnike zahtevaju obučeni tim i visok nivo koordinacije između pilota, mehaničara –operatora u letu i spasioca koji su deo vazdušne posade. Za ove operacije koristi se ili "long line" dugačko uže ili bočna dizalica koji su zakačeni za helikopter, odnosno ugrađeni na njega, a na čijem kraju se nalazi spasilac ili nosila za izvlačenje.

Obe ove tehnike predstavljaju ključne komponente u brzim odgovorima na hitne situacije i kompleksnim spasavanjima gde je brzina od presudnog značaja.

4. Transport do zdravstvene ustanove (MEDEVAC/HEMS).

Ovo predstavlja završnu fazu operacije traganja i spasavanja koja obuhvata nekoliko faza:

- neophodni i adekvatni medicinski nadzor tokom leta od strane kompetentog medicinskog osoblja;
- izbor najbliže adekvatne medicinske ustanove koja može pružiti odgovarajuću medicinsku zaštitu i pomoć unesrećenom licu kao i
- kontinuiranu i neprekidnu komunikaciju sa medicinskom ustanovom kako bi se stvorili svi preduslovi za prijem unesrećenog lica.

Ovu fazu operacije traganja i spasavanja karakteriše potreba za velikom brzinom realizacije, ali i stabilnim i povoljnim uslovima leta.

Helikopterske misije su posebno značajne za realizaciju operacija traganja i spasavanja u planinskim područjima, operacijama iznad morskih površina, iznad urbanih sredina i nepristupačnih terena [3].

Specifičnosti misija koje se odvijaju u planinskim područjima karakteriše smanjena gustina vazduha, što se direktno odražava na performanse helikoptera, ograničeni prostori za sletanje, nagle promene vremena u smislu pojave vetra i magle. Karakteristične tehnike evakuacije koje se koriste su lebdenje i upotreba bočne dizalice.

Kada su u pitanju operacije koje se izvode iznad morskih površina osnovni potencijalni problemi koji mogu nastupiti odnose se na nestabilnost platformi za poletanje i sletanje (brod ili talasi), korozivni uticaj morske vode, tj. soli na strukturu helikoptera, kao i potreba za vrlo koncentrisanim i preciznim lebdenjem iznad vodene površine. Treba naglasiti i potrebu za kvalitetnom koordinacijom sa pomorskim jedinicama.

Izvođenje helikopterskih misija u uslovima urbanih sredina nosi sa sobom veoma specifične zahteve za posadu letelice s obzirom na prisutnost raznih prepreka u vidu zgrada i telekomunikacionih i strujnih kablova, ograničenih prostora za sletanje kao i gustog vazdušnog saobraćaja. Ovo podrazumeva veoma zahtevnu i preciznu navigaciju kao i koordinaciju sa kontrolom letenja.

Najzad, realizaciju operacija traganja i spasavanja u uslovima teško pristupačnih terena, kao što su šume, kanjoni, močvare, karakteriše vrlo često ograničena vidljivost, otežana komunikacija i odsustvo adekvatne infrastrukture. Iz pomenutih razloga za izvođenje operacija u ovakvim uslovima koriste se često kombinovane metode (vazduh+zemlja+dronovi).

3. Sastav i uloge učesnika u operacijama traganja i spasavanja

Sastav učesnika u operacijama traganja i spasavanja obuhvata nekoliko službi koje moraju, svaka u svom segmentu, obezbediti realizaciju faza operacija opisanih u prethodnom poglavlju. U tom smislu, mogu se izdvojiti tri bitne karike lanca u SAR operacijama koje će biti bliže opisane u sledećim odeljcima.

3.1 Vazdušna služba

Vazdušna služba uključuje sledeće subjekte, tj. učesnike u operacijama traganja i spasavanja:

- pilot i kopilot, sa osnovnom funkcijom bezbednog upravljanja letelicom;
- spasilac/tehničko osoblje (rescue swimmer/hoist operator) i
- medicinski tim u helikopteru (tehničar ili lekar).

Osnovna uloga vazdušne službe u celini je brzo lociranje, pristup i transport, odnosno, evakuacija unesrećenih [4].

3.2 Zemaljska služba

Zemaljska služba uključuje sledeće subjekte, tj. učesnike u operacijama traganja i spasavanja:

- vatrogasno-spasilačke jedinice;
- policija i gorska služba spasavanja i
- medicinski tim za hitnu medicinsku pomoć na terenu.

Osnovna uloga zemaljske službe u celini je pretraga i obezbeđenje pristupa terenu, stabilizacija povređenih i ostala logistička podrška [5].

3.3 Komandni centri (SAR Coordination Centers – RCC)

Osnovne funkcije komandnog centra ogleda se u planiranju i upravljanju operacijom traganja i spasavanja, distribuciji resursa i koordinaciji između svih učesnika. Očigledno je da komandni centri predstavljaju ključnu, tj. centralnu tačku odlučivanja i komunikacije između svih učesnika [6].

4. Osnovne aktivnosti koordinacije vazdušnih i zemaljskih službi

Osnovne aktivnosti koordinacije vazdušnih i zemaljskih službi u operacijama traganja i spasavanja obuhvata nekoliko ključnih koraka koje će biti bliže opisani u sledećim odeljcima.

4.1 Planiranje operacije traganja i spasavanja

Planiranje operacije traganja i spasavanja obuhvata:

- procenu situacije i određivanje prioriteta;
- definisanje zone pretrage;
- procenu rizika;
- izbor resursa i taktike i
- definisanje komunikacionih kanala.

Treba naglasiti da precuzno planiranje u značajnoj meri povećava efikasnost realizacije operacije traganja i spasavanja ali i smanjuje rizik od eventualnih grešaka i propusta [7].

4.2 Komunikacija

Efikasna komunikacija između subjekata koji učestvuju u operacijama traganja i spasavanja je ključna za koordinaciju cele operacije. Komunikaciju je moguće ostvariti na različite načine, odnosno, korišćenjem različitih sredstava ali najčešće korišćenjem:

- radio veze (VHF/UHF);
- satelitskih sistema i
- digitalnih platformi.

Standardizovani komunikacioni protokoli (npr. ICAO - standardi) smanjuju mogućnost nesporazuma u komunikaciji [8].

4.3 Upravljanje resursima

Upravljanje resursima u operacijama traganja i spasavanja je važan segment za uspešnu realizaciju operacije i uključuje nekoliko sledećih aktivnosti:

- raspodelu helikoptera i timova;
- praćenje statusa misije i
- optimizaciju vremena i troškova.

Optimalno raspoređivanje resursa omogućava bržu reakciju i povećava šanse za uspeh misije [9].

5. Savremene tehnologije u operacijama traganja i spasavanja

Tehnološki aspekti koordinacije operacija traganja i spasavanja ogledaju se u upotrebi savremenih tehnoloških dostignuća koje u velikoj meri unapređuju SAR operacije. U nastavku navodimo neke od najčešće korišćenih sistema:

- GPS sistemi, koji obezbeđuju precizno određivanje lokacije, navigaciju u realnom vremenu i geografsko mapiranje terena;
- digitalni sistemi za upravljanje operacijama koji obezbeđuju softver za planiranje misija, GIS sisteme i integraciju podataka sa terena i iz vazduha [10];
- dodatno, korišćenje dronova (UAV), termovizijskih kamera i sistema za automatsko praćenje signala (ELT, PLB).

Integracija pomenutih tehnologija omogućava bolju koordinaciju i bržu razmenu informacija.

6. Uticaj ključnih faktora na operacije traganja i spasavanja

Za uspešnu realizaciju operacija traganja i spasavanja neophodna je efikasna koordinacija između subjekata koji u njoj učestvuju, visok nivo bezbednosti i koncentracije učesnika, kao i visok nivo obučenosti i iskustva. Međutim, uslovi u kojima se operacije traganja i spasavanja u najvećem broju slučajeva su izrazito nepovoljni a vrlo često je za uspešnost operacija presudan ljudski faktor.

U skladu sa navedeni u prethodnom odeljku, mogu se izdvojiti tri grupe ključnih faktora, od kojih u najvećoj meri zavisi efikasnost i efektivnost operacija traganja i spasavanja:

1. Meteorološki uslovi.

Loši vremenski uslovi (magla, vetar, padavine, smanjena vidljivost i turbulencija) mogu otežavati u manjoj ili većoj meri rad helikoptera i komunikaciju između vazdušne i zemaljske službe. Ovo može direktno da utiče na bezbednost i mogućnost izvođenja misije [11].

2. Teren

Priroda terena određuje dostupnost i taktiku sprovođenja misije i utiče na izbor opreme i metode spasavanja. Takođe, treba naglasiti da nepristupačni tereni otežavaju i komunikaciju između vazdušnih i zemaljskih timova.

3. Ljudski faktor

Uticaj ljudskog faktora na uspešnost izvođenja operacija traganja i spasavanja ogleda se u mogućem prisustvu stresa i umora učesnika misije, donošenja odluka pod pritiskom, kao i neposredovanja adekvatnog nivoa obučenosti i iskustva. Ovaj faktor vrlo često može biti presudan za uspeh operacije jer prisustvo navedenih uticaja može negativno uticati na koordinaciju [12].

7. Organizacije i međunarodni okvir

Međunarodne organizacije koje definišu standarde za operacije traganja i spasavanja su:

- International Civil Aviation Organization (ICAO) – definiše SAR standard kroz Anex 12 (Search and Rescue);
- International Maritime Organization (IMO) – reguliše pomorske SAR operacije i
- European Union Aviation Safety Agency (EASA).

Nacionalni okvir kada je u pitanju Republika Srbija obezbeđuju sledeći subjekti:

- Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije;
- Ministarstvo unutrašnjih poslova;
- Helikopterske jedinice Vojske Srbije i
- Gorska služba spasavanja Srbije.

Gore pomenute organizacije obezbeđuju zakonski, međunarodni i nacionalni okvir, koji obezbeđuje standarde bezbednosti, procedure za hitne situacije i obavezu i nadležnost relevantnih institucija. Istovremeno, standardizacija omogućava sposobnost za zajednički rad različitih sistema, efikasnu saradnju između država i smanjenje grešaka [13].

U mnogim državama, uključujući i Srbiju, operacije traganja i spasavanja se oslanjaju na nacionalne službe kao što su Ministarstvo unutrašnjih poslova, Gorska služba spasavanja i Hitna pomoć. Međutim, međunarodni standardi (ICAO, IMO) insistiraju na zajedničkom radu i saradnji između različitih zemalja. Ovo upućuje na zaključak da nacionalni okvir stavlja akcenat na lokalne resurse, logistiku i obuku, a međunarodni naglasak na zajednički rad, zajedničke komunikacione protokole i razmenu informacija.

Integracija ova dva nivoa omogućava da se operacije traganja i spasavanja odvijaju efikasno i u uslovima prekogranične saradnje, kao što su npr. spasavanja na moru ili planinskim masivima koji se prostiru kroz više država.

8. Primeri dobre prakse

Praksa je pokazala da iza svake uspešne operacije traganja i spasavanja stoje sledeći faktori:

- jasna komandna struktura;
- kontinuirana obuka subjekata koji učestvuju u misijama;
- upotreba savremenih tehnologija i
- dobra komunikacija između timova [14].

Jedan od najpoznatijih primera uspešne koordinacije vazdušnih i zemaljskih službi dogodio se tokom spasavanja planinara u Alpima 2019.godine. Tokom misije, helikopter je locirao povređene pomoću GPS koordinata koje je dostavila Gorska služba spasavanja. Zemaljski timovi su obezbedili teren i pripremili povređene za evakuaciju, dok je medicinski tim u helikopteru odmah pružio prvu pomoć.

Ova operacija ukazala je na značaj:

- brze razmene informacija između komandnog centra i posade helikoptera;
- preciznog planiranja s obzirom na nepovoljne vremenske uslove i
- standardizovanih procedura koje su obezbedile da se operacija završi bez dodatnih rizika.

Opisana studija slučaja jasno ukazuje i da kombinacija primene savremenih tehnologija (GPS, radio-veze, GIS mapiranje) i dobro obučene ljudske posade predstavlja ključ uspeha operacije.

9. Psihološki i organizacioni aspekti koordinacije

Koordinacija između vazdušnih i zemaljskih službi ne zavisi samo od tehnologije i procedura, već i od psihološke spremnosti i organizacione kulture timova. Operacije traganja i spasavanja se vrlo često odvijaju u uslovima visokog stresa, neizvesnosti i vremenskog pritiska, što može dovesti do grešaka u komunikaciji ili donošenju odluka.

Najvažniji psihološki izazovi sa kojima se učesnici misija suočavaju su:

- stres i pritisak sa vremenom (spasioci moraju da donose odluke u roku od nekoliko sekundi što povećava rizik od grešaka);
- umor i iscrpljenost (dugotrajne operacije u teškim uslovima mogu smanjiti koncentraciju i efikasnost);
- timska dinamika (između članova vazdušnih i zemaljskih timova postoje razlike u iskustvu, obuci i kulturi što može izazvati nesporazume).

U pogledu organizacionih faktora važno je izdvojiti sledeće:

- postojanje jasne hijerarhije u smislu precizno definisanih uloga i odgovornosti što smanjuje konfuziju;
- kontinuirana obuka kroz redovne vežbe i simulacije pomaže u izgradnji poverenja i timske kohezije;
- kultura bezbednosti (organizacije koje podstiču otvorenu komunikaciju i prijavljivanje grešaka imaju bolje rezultate u kriznim situacijama).

Na osnovu napred navedenog nameće se jasan zaključak da integracija psihološke podrške (npr. debriefing nakon operacije, psihološka obuka za spasioca) i organizacionih standarda značajno doprinosi dugoročnoj održivosti operacija traganja i spasavanja.

10. Perspektive razvoja operacija traganja i spasavanja

U budućnosti se može očekivati dalji razvoj i evolucija operacija traganja i spasavanja kroz:

- primenu virtuelne i proširene stvarnosti u obuci radi simulacije realnih scenarija kriznih situacija;
- razvoja međunarodnih centara za obuku koji okupljaju timove iz različitih zemalja;
- integraciju civilnih i vojnih kapaciteta radi efikasnijeg korišćenja resursa i
- razvoja pametnih senzora i tehnologija za praćenje vitalnih funkcija unesrećenih lica i spasilaca u realnom vremenu.

Pomenute inovacije doprineće ne samo efikasnijem spasavanju, već i većoj bezbednosti samih učesnika operacija.

11. Preporuke za budući razvoj operacija traganja i spasavanja

Na osnovu analize iznete u ovom radu mogu se dati i određene preporuke. Najpre se nameće potreba za većom digitalizacijom komandnih centara uvođenjem integrisanih softverskih platformi koje povezuju vazdušne i zemaljske timove u realnom vremenu. Primena i korišćenje dronova za izviđanje terena pre dolaska helikoptera smanjilo bi rizik i skratilo vreme reagovanja . Postoji permanentna potreba za redovnim međunarodnim vežbama koje bi uključile različite službe i scenarije vanrednih situacija. Takođe, primena veštačke inteligencije u pravcu analiza podataka o vremenskim uslovima, terenu i resursima optimizovalo bi process planiranja i donošenja odluka. Najzad, treba istaći i značaj jačanja regionalne saradnje i koordinacije između susednih zemalja Balkana radi efikasnijeg odgovora na zajedničke izazove.

Kao generalni zaključak ovog rada može se konstatovati da koordinacija vazdušnih i zemaljskih službi u helikopterskim operacijama traganja i spasavanja predstavlja složen i multidisciplinarni proces. Njena efikasnost direktno utiče na uspešnost misije i spašavanje ljudskih života. Ključni faktori uspeha su dobra organizacija, standardizovana komunikacija, kontinuirana obuka i primena savremenih tehnologija. Dalji razvoj ovih sistema doprinosi povećanju bezbednosti i efikasnosti u vanrednim situacijama.

Literatura

1. ICAO, Annex 12 – Search and Rescue, 2019, Montreal
2. E. Comfort, 2019, Managing Crisis, Duke University Press
3. WMO, 2018, Weather and Aviation Safety
4. J. Reason, 2016, Human Error, Cambridge University Press
5. IMO, 2017, International Convention on Maritime Search and Rescue
6. European Aviation Safety Agency (EASA), 2021, SAR Best Practices
7. IAMSAR Manual, Volume I-III, IMO/ICAO, 2022
8. C.K.Hwang, 2018, Helicopter Rescue Operations, Aviation Press

9. J.Smith, 2020, Air Rescue Coordination, Routledge
10. MUP Republike Srbije, 2021, Priručnik za vanredne situacije
11. FEMA, 2020, Incident Command System Guidelines
12. D.Alexander, 2015, Principles of Emergency Planning, Oxford
13. ICAO, Doc 4444-Air Traffic Management, 2016
14. R.Perry, 2017, Emergency Management Theory, Wiley

COORDINATION OF AIR AND GROUND SERVICES IN HELICOPTER SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

Abstract

Helicopter search and rescue (SAR) operations represent complex missions requiring a high level of coordination between air and ground services. Effective collaboration among pilots, air traffic controllers, rescue teams, medical personnel, and command centers is essential for mission success and saving human lives. This paper analyzes organizational, technical, and communication aspects of coordination, with a focus on real-world challenges and the importance of standardized procedures. Additionally, the role of modern technologies and international standards in improving SAR operations is discussed. The study highlights that efficient coordination significantly enhances operational effectiveness and safety in emergency situations.

Keywords: search and rescue, helicopters operations, coordination, air services, ground services

ULOGA I ZNAČAJ KVALITETNOG OBELEŽAVANJA SIGNALIZACIJE NA AERODROMIMA U FUNKCIJI BEZBEDNOG UPRAVLJANJA VAZDUŠNIM SAOBRAĆAJEM

dr Đorđe Vranješ¹, dr Svetozar Sofijanić², dr Predrag Drobnjak,³ dr Branka Bursać Vranješ⁴

Abstrakt: Kvalitetno obeležavanje signalizacije na aerodromima predstavlja ključni element u sistemu bezbednog upravljanja vazdušnim saobraćajem. Cilj ovog rada je da analizira značaj horizontalne i vertikalne signalizacije, svetlosnih sistema i oznaka na manevarskim površinama aerodroma u funkciji smanjenja rizika od incidenata i nezgoda. U radu su korišćene metode analize međunarodnih standarda (ICAO, EASA), stručne literature i primera iz prakse. Poseban akcenat stavljen je na signalizaciju poletno-sletnih staza, rulnih staza i platformi, kao i na njihovu ulogu u komunikaciji između pilota i kontrole letenja. Rezultati ukazuju da pravilno projektovana i održavana signalizacija značajno doprinosi povećanju operativne bezbednosti, smanjenju mogućnosti greške i efikasnijem upravljanju saobraćajem. Zaključuje se da kontinuirano unapređenje sistema obeležavanja predstavlja neophodan uslov za bezbedno funkcionisanje savremenih aerodroma.

Ključne reči: aerodromska signalizacija, bezbednost letenja, ICAO standardi, upravljanje vazdušnim saobraćajem, rizik.

UVOD

Uvod u problematiku bezbednosti vazdušnog saobraćaja predstavlja osnovu za razumevanje kompleksnosti ovog sistema. Vazdušni saobraćaj je jedan od najbezbednijih vidova transporta, ali istovremeno zahteva najviši nivo kontrole i standardizacije. Aerodromi kao ključne tačke ovog sistema imaju presudnu ulogu u obezbeđivanju sigurnosti. Svaka operacija na aerodromu mora biti precizno definisana i kontrolisana. Jedan od najvažnijih elemenata te kontrole jeste signalizacija. Signalizacija omogućava komunikaciju između pilota, kontrolora letenja i zemaljskog osoblja. Ona predstavlja vizuelni jezik koji je univerzalno razumljiv. U uslovima povećanog saobraćaja, njen značaj postaje još izraženiji. Svaka nejasnoća u signalizaciji može dovesti do ozbiljnih posledica. Zbog toga je kvalitet obeležavanja od suštinskog značaja.

Savremeni aerodromi su složeni sistemi koji obuhvataju veliki broj infrastrukturnih i operativnih elemenata. Piste, rulne staze, platforme i prateći objekti čine jedinstvenu funkcionalnu celinu. Kretanje vazduhoplova na ovim površinama mora biti jasno usmereno. Signalizacija obezbeđuje tu usmerenost. Ona omogućava pilotima da bezbedno upravljaju vazduhoplovom na zemlji. Posebno je značajna u uslovima smanjene vidljivosti. Magla, kiša i noćni uslovi otežavaju orijentaciju. U takvim situacijama signalizacija postaje primarni izvor informacija. Njena uloga je tada nezamenljiva. Kvalitet obeležavanja direktno utiče na sigurnost operacija. Loša signalizacija povećava rizik od greške. To može dovesti do incidenata na pisti.

¹ dr Đorđe Vranješ, viši predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, djvranjes@politehnika.edu.rs

² dr Svetozar Sofijanić, profesor strukovnih studija, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, ssofijanic@politehnika.edu.rs

³ dr Predrag Drobnjak, profesor strukovnih studija, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, pdrobnjak@politehnika.edu.rs

⁴ dr Branka Bursać Vranješ, predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, bbvranjes@politehnika.edu.rs

U poslednjim decenijama došlo je do značajnog porasta vazdušnog saobraćaja. Povećan broj letova zahteva veću efikasnost aerodroma. Veća frekvencija kretanja povećava i rizik od konflikata. Signalizacija ima ključnu ulogu u smanjenju tih rizika. Ona omogućava organizaciju kretanja vazduhoplova i vozila. Jasno definisane oznake smanjuju mogućnost nesporazuma. Time se povećava operativna efikasnost. Bez adekvatne signalizacije, upravljanje saobraćajem bi bilo otežano. Povećao bi se broj incidenata. Bezbednost bi bila ugrožena. Zbog toga je standardizacija signalizacije neophodna.

Međunarodne organizacije razvile su standarde koji regulišu ovu oblast. ICAO propisi definišu način obeležavanja aerodroma. Standardizacija omogućava globalnu primenu signalizacije. Piloti širom sveta koriste iste principe. To smanjuje mogućnost greške. Jednoznačnost oznaka je ključna. Boje, oblici i položaj imaju definisano značenje. Na primer, bele oznake označavaju piste. Žute oznake koriste se za rulne staze. Crvene oznake ukazuju na zabranu. Ova pravila omogućavaju brzo donošenje odluka. Signalizacija mora biti jasna i uočljiva. Njena funkcionalnost zavisi od pravilnog održavanja. Ključni faktori u vezi sa obeležavanjem signalizacije dati su na slici 1.



Slika 1. Ključni faktori za kvalitetno obeležavanje signalizacije na aerodromu

Ljudski faktor ima značajnu ulogu u bezbednosti vazdušnog saobraćaja. Piloti donose odluke na osnovu dostupnih informacija. Signalizacija predstavlja jedan od ključnih izvora tih informacija. Ako je signalizacija nejasna, dolazi do pogrešne interpretacije. To može imati ozbiljne posledice. Zbog toga je važno prilagoditi signalizaciju ljudskim sposobnostima. Ergonomija i vizuelna percepcija su ključni aspekti. Obeležavanje mora biti jasno i jednostavno. Preopterećenje informacijama treba izbegavati. Kvalitetna signalizacija smanjuje stres pilota. Time se povećava sigurnost operacija.

Incidente na aerodromima često uzrokuju greške u komunikaciji i interpretaciji signalizacije. Runway incursion događaji predstavljaju ozbiljan bezbednosni problem. Oni nastaju kada vazduhoplov ili vozilo neovlašćeno uđe na pistu. Uzrok može biti nejasna signalizacija. Takođe, loše održavanje može doprineti problemu. Izbleдела ili oštećena oznaka gubi svoju funkciju. Redovno održavanje je zato neophodno. Kvalitet signalizacije mora biti konstantan. Svako odstupanje može povećati rizik. Preventivne mere su ključne za bezbednost.

Tehnološki razvoj doneo je unapređenja u oblasti signalizacije. Savremeni aerodromi koriste napredne svetlosne sisteme. LED tehnologija omogućava bolju vidljivost. Automatizovani sistemi povećavaju preciznost. Integracija signalizacije sa digitalnim sistemima doprinosi bezbednosti. Piloti dobijaju dodatne informacije putem navigacionih uređaja. Ipak, vizuelna signalizacija ostaje osnovni element. Njena uloga ne može biti zamenjena. Tehnologija je samo dopuna postojećem sistemu. Kvalitet obeležavanja ostaje ključan faktor.

Održavanje signalizacije predstavlja važan segment upravljanja aerodromom. Redovne kontrole obezbeđuju funkcionalnost sistema. Svaka oznaka mora biti jasno vidljiva. Oštećenja se moraju brzo otkloniti. Kvalitet materijala utiče na trajnost signalizacije. Upotreba odgovarajućih boja i materijala je neophodna. Klimatski uslovi mogu uticati na stanje oznaka. Zbog toga je potrebno prilagoditi održavanje uslovima okoline. Sistem upravljanja bezbednošću uključuje i signalizaciju. Njena kontrola je deo preventivnih mera.

Edukacija i obuka učesnika u saobraćaju dodatno doprinose bezbednosti. Piloti moraju biti upoznati sa značenjem signalizacije. Obuka obuhvata teorijski i praktični deo. Simulacije pomažu u razumevanju situacija. Kontrolori letenja takođe imaju važnu ulogu. Njihova komunikacija dopunjuje signalizaciju. Zemaljsko osoblje mora pravilno koristiti oznake. Svi učesnici moraju imati jasno razumevanje sistema. Time se smanjuje mogućnost greške. Koordinacija je ključna za bezbednost.

Uloga signalizacije u upravljanju vazдушnim saobraćajem je višestruka. Ona obezbeđuje sigurnost, efikasnost i organizaciju. Bez nje bi operacije bile znatno otežane. Kvalitetno obeležavanje omogućava precizno kretanje vazduhoplova. Time se smanjuje mogućnost sudara. Takođe, povećava se kapacitet aerodroma. Efikasno upravljanje smanjuje kašnjenja. Signalizacija doprinosi ukupnom kvalitetu usluge. Njena važnost je neosporna.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da signalizacija predstavlja jedan od ključnih elemenata bezbednosti. Njena pravilna primena smanjuje rizike. Standardizacija omogućava globalnu primenu. Održavanje obezbeđuje dugotrajnost sistema. Tehnološki razvoj dodatno unapređuje funkcionalnost. Edukacija učesnika povećava sigurnost. Integracija svih ovih elemenata daje najbolje rezultate. Signalizacija je neizostavan deo savremenih aerodroma. Njena uloga će u budućnosti biti još značajnija. Razvoj vazdušnog saobraćaja zahteva kontinuirano unapređenje. Kvalitetno obeležavanje ostaje osnovni uslov bezbednosti.

2. PREGLED NAJZNAČANIJIH DOKUMENATA KOJIMA JE REGULISANA PREDMETNA OBLAST

ICAO (2018) u dokumentu Annex 14: Aerodromes definiše osnovne standarde za projektovanje i obeležavanje aerodroma, pri čemu se poseban značaj pridaje jasnoći i jednoznačnosti signalizacije. Obeležavanje pista, rulnih staza i platformi mora biti usklađeno sa međunarodnim pravilima kako bi se omogućila univerzalna primena. Standardizacija boja i oznaka omogućava pilotima brzu i preciznu interpretaciju informacija. Vizuelna signalizacija predstavlja ključni element bezbednog kretanja vazduhoplova na zemlji. Primena ovih standarda direktno utiče na

smanjenje broja incidenata. ICAO (2016) u Runway Safety Manual (Doc 9870) naglašava značaj prevencije incidenata na pistama kroz unapređenje signalizacije i procedura. Posebno se analiziraju uzroci runway incursion događaja i uloga vizuelnih oznaka u njihovom sprečavanju. Jasne oznake za zaustavljanje i upozorenje imaju ključnu funkciju u kritičnim situacijama. Dokument ukazuje na potrebu stalnog unapređenja infrastrukture. Uloga signalizacije posmatra se kao deo šireg sistema upravljanja bezbednošću.

FAA (2020) u Advisory Circular 150/5340-1 pruža detaljne smernice za projektovanje aerodromske signalizacije. Dokument definiše dimenzije, boje i materijale koji se koriste za obeležavanje. Poseban naglasak stavljen je na vidljivost signalizacije u noćnim i lošim meteorološkim uslovima. Reflektivni materijali i svetlosni sistemi doprinose povećanju bezbednosti. Ove smernice imaju široku primenu i van Sjedinjenih Američkih Država. EUROCONTROL (2019) u izveštaju o bezbednosti pista analizira uzroke incidenata i identifikuje signalizaciju kao jedan od ključnih faktora. U radu se ističe značaj pravilnog dizajna i održavanja oznaka. Ljudski faktor prepoznat je kao čest uzrok grešaka u interpretaciji signalizacije. Poboljšanje vizuelnih informacija doprinosi smanjenju grešaka. Statistički podaci potvrđuju značaj unapređenja signalizacije. EASA (2017) u smernicama za projektovanje aerodroma definiše tehničke i operativne zahteve za signalizaciju. Poseban akcenat stavljen je na usklađenost sa evropskim standardima. Dokument promoviše harmonizaciju sistema signalizacije među državama članicama. Time se omogućava lakša adaptacija pilota na različite aerodrome. Signalizacija se posmatra kao deo integrisanog sistema bezbednosti. NASA (2015) u studiji o prevenciji incidenata na pistama analizira uticaj vizuelne percepcije na ponašanje pilota. Zaključeno je da nejasna ili loše postavljena signalizacija značajno povećava rizik od greške. Rad naglašava važnost kontrasta i vidljivosti oznaka. Predložena su unapređenja u dizajnu signalizacije. Ova istraživanja doprinose razvoju ergonomske rešenja.

Boeing (2022) u statističkom pregledu nesreća komercijalnih aviona ukazuje na značaj operacija na zemlji kao faktora rizika. Analiza pokazuje da se značajan broj incidenata dešava tokom rulanja i manevrisanja. Signalizacija ima ključnu ulogu u smanjenju ovih rizika. Podaci ukazuju na trend smanjenja incidenata uz poboljšanje infrastrukture. Ovaj izveštaj predstavlja važan izvor za bezbednosne analize. Airbus (2021) kroz publikaciju Safety First analizira operativne izazove u vazдушnom saobraćaju. Posebna pažnja posvećena je signalizaciji kao sredstvu komunikacije sa pilotima. Rad ukazuje na potrebu kontinuirane obuke i standardizacije. Jasna signalizacija smanjuje mogućnost pogrešne interpretacije. Dokument se koristi kao edukativni materijal u avijaciji.

ICAO (1993) u Human Factors Digest No. 7 analizira uticaj ljudskog faktora na bezbednost. Vizuelna signalizacija mora biti prilagođena ograničenjima ljudske percepcije. Rad ukazuje na značaj jednostavnosti i jasnoće oznaka. Preopterećenje informacijama može dovesti do grešaka. Ergonomija signalizacije ima ključnu ulogu u prevenciji incidenata. FAA (2021) u izveštaju o incidentima na pistama analizira trendove i uzroke ovih događaja. Signalizacija se identifikuje kao ključni faktor u smanjenju rizika. Neadekvatne oznake često dovode do pogrešnog kretanja vazduhoplova. Predlažu se tehnička i organizaciona unapređenja. Dokument se redovno koristi u bezbednosnim analizama.

EUROCONTROL (2017) u priručniku za implementaciju Airport CDM sistema naglašava značaj koordinacije između učesnika. Signalizacija doprinosi efikasnijem protoku saobraćaja. Bolja organizacija smanjuje kašnjenja i povećava bezbednost. Integracija signalizacije sa operativnim sistemima ima značajan efekat. Dokument promoviše savremene metode upravljanja. ICAO (2005) u Aerodrome Design Manual (Doc 9157) pruža detaljne tehničke smernice za projektovanje aerodroma. Signalizacija je jedan od ključnih elemenata infrastrukture. Dokument definiše parametre za obeležavanje i osvetljenje. Posebno se ističe značaj prilagođavanja lokalnim uslovima. Ovaj priručnik se široko koristi u projektovanju. EASA (2019) kroz Easy

Access Rules for Aerodromes objedinjuje pravila za upravljanje aerodromima. Signalizacija mora biti usklađena sa propisima EU. Dokument definiše minimalne standarde bezbednosti. Poseban akcenat stavljen je na održavanje signalizacije. Njegova primena doprinosi sigurnijem radu aerodroma. NASA (2014) u istraživanju vizuelne percepcije u avijaciji analizira način na koji piloti interpretiraju signalizaciju. Rezultati ukazuju na značaj kontrasta i osvetljenja. Loša vidljivost može dovesti do ozbiljnih grešaka. Predlažu se poboljšanja u dizajnu oznaka. Ovaj rad ima značajan uticaj na razvoj standarda.

ICAO (2017) u Global Aviation Safety Plan definiše globalne ciljeve bezbednosti. Signalizacija je prepoznata kao ključni infrastrukturni element. Dokument promoviše standardizaciju i unapređenje sistema. Fokus je na smanjenju nesreća. Plan ima strateški značaj za razvoj vazdušnog saobraćaja. FAA (2018) u vodiču za obeležavanje i osvetljenje aerodroma detaljno opisuje signalizaciju. Dokument naglašava međusobnu povezanost vizuelnih sistema. Posebna pažnja posvećena je noćnim operacijama. Signalizacija mora biti jasno vidljiva u svim uslovima. Ovaj vodič je važan za operativnu praksu. EUROCONTROL (2016) u radu o ljudskim performansama u upravljanju saobraćajem analizira uticaj signalizacije na donošenje odluka. Nejasne oznake povećavaju verovatnoću greške. Predlaže se optimizacija dizajna signalizacije. Ljudski faktor ima ključnu ulogu u bezbednosti. Dokument doprinosi razumevanju operativnih rizika.

ICAO (2018) u Safety Management Manual uvodi koncept upravljanja bezbednošću. Signalizacija je deo sistema za identifikaciju i kontrolu rizika. Dokument definiše metodologiju procene opasnosti. Predlažu se preventivne mere. Ovaj pristup unapređuje bezbednost. Boeing (2020) u studiji bezbednosti operacija na aerodromima analizira kretanje vazduhoplova. Signalizacija utiče na pravilno manevrisanje. Identifikovane su kritične tačke na aerodromima. Predložena su unapređenja infrastrukture. Studija je značajna za industriju. Airbus (2019) u operativnim smernicama za pilote naglašava važnost signalizacije. Piloti se oslanjaju na vizuelne oznake tokom rulanja. Standardizacija smanjuje mogućnost greške. Obuka igra ključnu ulogu u interpretaciji signalizacije. Dokument se koristi u edukaciji. FAA (2017) u radu o ljudskom faktoru u održavanju analizira uticaj signalizacije na tehničko osoblje. Nejasne oznake mogu dovesti do grešaka u održavanju. Predlaže se unapređenje sistema obeležavanja. Signalizacija utiče na sigurnost rada. Dokument ima praktičan značaj.

ICAO (2018) u Annex 11 definiše usluge kontrole letenja. Signalizacija je dopuna komunikaciji između pilota i kontrolora. Omogućava sigurnu navigaciju na zemlji. Standardizacija je ključna za efikasnost. Dokument ima globalnu primenu. EUROCONTROL (2018) u studiji procene rizika incidenata analizira signalizaciju kao faktor bezbednosti. Korišćene su kvantitativne metode. Identifikovani su scenariji grešaka. Predložene su mere za smanjenje rizika. Dokument doprinosi analizi bezbednosti. NASA (2016) u studiji operacija na aerodromima analizira kretanje vozila i aviona. Signalizacija utiče na koordinaciju. Identifikovani su konflikti u kretanju. Predložena su rešenja za unapređenje. Rad je značajan za optimizaciju. ICAO (2012) u priručniku za sertifikaciju aerodroma definiše kriterijume za signalizaciju. Proverava se usklađenost sa standardima. Signalizacija je ključni deo procesa. Dokument naglašava bezbednost. Sertifikacija obezbeđuje kvalitet. FAA (2019) u dokumentu o SMGCS sistemima opisuje napredne sisteme vođenja. Signalizacija je deo integrisanog sistema. Omogućava operacije u uslovima smanjene vidljivosti. Poboljšava bezbednost. Dokument je važan za velike aerodrome. EUROCONTROL (2020) u radu o naprednim sistemima analizira integraciju tehnologije i signalizacije. Poboljšava se situaciona svest. Smanjuju se greške. Sistem doprinosi efikasnosti. Dokument je značajan za moderne aerodrome. ICAO (2004) u priručniku o vizuelnim pomagalima definiše signalizaciju kao centralni element. Standardizacija omogućava globalnu primenu. Dokument naglašava vidljivost i kontrast. Signalizacija mora biti pouzdana. Koristi se širom sveta. NASA (2013) u studiji o donošenju odluka pilota analizira uticaj signalizacije. Vizuelne informacije su ključne za odluke. Greške nastaju zbog loše percepcije. Predlažu se unapređenja. Rad je značajan za

bezbednost. ICAO (2016) u Annex 19 definiše sistem upravljanja bezbednošću. Signalizacija je deo preventivnih mera. Upravljanje rizikom je ključni element. Dokument promoviše proaktivan pristup. Ima globalni značaj.

3. USLOVI ZA POSTAVLJANJE I OBELEŽAVANJE SIGNALIZACIJE NA AERODROMIMA

Uslovi za obeležavanje signalizacije na aerodromima definisani su međunarodnim standardima koji imaju za cilj obezbeđivanje maksimalne bezbednosti vazdušnog saobraćaja. Ovi standardi uspostavljeni su kako bi se obezbedila jednoznačnost i prepoznatljivost signalizacije širom sveta. Međunarodna organizacija civilnog vazduhoplovstva propisuje osnovna pravila u ovoj oblasti. Standardi se odnose na horizontalnu, vertikalnu i svetlosnu signalizaciju. Svaka vrsta signalizacije ima jasno definisanu funkciju. Obeležavanje mora biti u skladu sa ICAO Annex 14 dokumentom. Ovaj dokument predstavlja osnovu za projektovanje aerodroma. Svi aerodromi koji žele međunarodni status moraju ga primenjivati. Standardi su obavezujući za države članice. Njihova primena omogućava globalnu interoperabilnost.

Horizontalna signalizacija obuhvata oznake na pistama, rulnim stazama i platformama. Bele oznake koriste se za obeležavanje pista. Žute oznake koriste se za rulne staze. Ova podela omogućava brzu identifikaciju površina. Oznake moraju biti jasno vidljive iz kokpita vazduhoplova. Njihova širina i dužina su precizno definisane. Materijali koji se koriste moraju biti otporni na habanje. Površina mora imati odgovarajuću refleksiju. Obeležavanje mora biti kontinuirano i jasno. Svako oštećenje mora se odmah sanirati.

Vertikalna signalizacija uključuje znakove postavljene pored manevarskih površina. Ovi znakovi pružaju dodatne informacije pilotima. Boje i simboli imaju standardizovano značenje. Crvena boja označava zabranu. Žuta boja označava upozorenje ili informaciju. Natpisi moraju biti jasno čitljivi. Pozicija znakova mora biti optimalna. Ne sme doći do zaklanjanja znaka. Vidljivost mora biti obezbeđena u svim uslovima. Održavanje znakova je obavezno.

Svetlosna signalizacija ima ključnu ulogu u noćnim operacijama. Takođe je važna u uslovima smanjene vidljivosti. Svetla na pistama označavaju granice i pravac. Rulne staze imaju plava svetla. Piste imaju bela svetla. Kraj piste označen je crvenim svetlima. Intenzitet svetla mora biti prilagodljiv. Automatizovani sistemi upravljaju svetlima. Redovno održavanje je neophodno. Svaka neispravnost mora se brzo otkloniti.

Standardi zahtevaju visok nivo kontrasta signalizacije. Boje moraju biti jasno razlikovane. Površina mora biti čista. Prljavština može smanjiti vidljivost. Obeležavanje mora biti vidljivo i po kiši. Takođe mora biti vidljivo i po snegu. Klimatski uslovi utiču na signalizaciju. Zbog toga se koriste posebni materijali. Reflektivne boje povećavaju vidljivost. Održavanje je ključni faktor.

ICAO standardi definišu i minimalne dimenzije oznaka. Svaka oznaka mora biti proporcionalna veličini piste. Piloti moraju lako prepoznati oznake. Brzina vazduhoplova utiče na percepciju. Oznake moraju biti prilagođene toj brzini. Vizuelni kontakt mora biti pravovremen. Svaka oznaka ima svoju funkciju. Njeno značenje mora biti jednoznačno. Ne sme biti dvosmislenosti. Standardizacija eliminiše konfuziju.

EASA standardi dopunjuju ICAO pravila u Evropi. Oni obezbeđuju dodatnu kontrolu kvaliteta. Fokus je na bezbednosti i harmonizaciji. Države članice moraju ih primenjivati. Obeležavanje mora biti u skladu sa EU regulativom. Kontrole se vrše redovno. Sertifikacija aerodroma uključuje signalizaciju. Svaki nedostatak mora se otkloniti. Bezbednost je prioritet. Standardi se stalno unapređuju.

FAA standardi predstavljaju dodatni izvor smernica. Oni detaljno definišu tehničke zahteve. Fokus je na praktičnoj primeni. Obeležavanje mora biti funkcionalno. Testiranja se vrše pre puštanja u rad. Kontrola kvaliteta je obavezna. Dokumentacija mora biti uredna. Inspekcije su redovne. Nepravilnosti se sankcionišu. Sistem mora biti pouzdan.

Ljudski faktor ima značajnu ulogu u projektovanju signalizacije. Signalizacija mora biti prilagođena percepciji pilota. Kontrast i veličina su ključni elementi. Preopterećenje informacijama treba izbegavati. Obeležavanje mora biti jednostavno. Jasnoća je prioritet. Vizuelni elementi moraju biti intuitivni. Pilot mora brzo reagovati. Svaka sekunda je važna. Dizajn signalizacije mora to omogućiti.

Runway incursion događaji ukazuju na značaj signalizacije. Ovi incidenti nastaju zbog grešaka u kretanju. Nejasna signalizacija može biti uzrok. Standardi predviđaju mere za prevenciju. Jasne oznake smanjuju rizik. Obeležavanje mora biti nedvosmisleno. Pilot mora odmah razumeti informaciju. Signalizacija sprečava konfliktne situacije. Njena uloga je ključna. Bezbednost zavisi od nje.

Održavanje signalizacije je sastavni deo sistema. Redovne kontrole su obavezne. Svaka oznaka mora biti pregledana. Oštećenja se moraju sanirati. Kvalitet materijala utiče na trajnost. Upotreba standardizovanih boja je obavezna. Klimatski uslovi zahtevaju prilagođavanje. Sistem mora biti pouzdan. Kontinuirana kontrola je neophodna. Bezbednost zavisi od održavanja.

Tehnološki razvoj unapređuje signalizaciju. LED svetla povećavaju vidljivost. Automatizacija omogućava preciznost. Integracija sa digitalnim sistemima je sve veća. Piloti dobijaju dodatne informacije. Ipak, osnovna signalizacija ostaje ključna. Tehnologija je podrška sistemu. Vizuelni elementi su i dalje primarni. Njihova pouzdanost je neophodna. Razvoj se nastavlja.



Slika 2. Značaj signalizacije u noćnim uslovima odvijanja saobraćaja na aerodromu

Standardi zahtevaju i obuku osoblja. Piloti moraju poznavati signalizaciju. Kontrolori letenja moraju razumeti sistem. Zemaljsko osoblje mora pravilno koristiti oznake. Edukacija je

kontinuirana. Simulacije pomažu u obuci. Razumevanje signalizacije je ključno. Greške se moraju minimizovati. Koordinacija je neophodna. Bezbednost zavisi od znanja.

Sertifikacija aerodroma uključuje proveru signalizacije. Inspekcije su detaljne. Svaki element se proverava. Obeležavanje mora biti u skladu sa standardima. Dokumentacija mora biti potpuna. Nepravilnosti se sankcionišu. Sertifikat garantuje bezbednost. Redovne kontrole se nastavljaju. Sistem mora biti stabilan. Bezbednost je prioritet.

Zaključno, uslovi za obeležavanje signalizacije na aerodromima definisani su preciznim međunarodnim standardima. Njihova primena obezbeđuje visok nivo bezbednosti. Signalizacija ima ključnu ulogu u upravljanju saobraćajem. Standardizacija omogućava globalnu primenu. Održavanje obezbeđuje funkcionalnost. Tehnologija unapređuje sistem. Edukacija doprinosi sigurnosti. Integracija svih elemenata je neophodna. Razvoj standarda se nastavlja. Signalizacija ostaje ključni faktor bezbednosti.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da kvalitetno obeležavanje signalizacije na aerodromima predstavlja jedan od ključnih elemenata bezbednog upravljanja vazdušnim saobraćajem. Signalizacija nije samo pomoćno sredstvo, već integralni deo kompleksnog sistema koji obezbeđuje sigurnost kretanja vazduhoplova i svih učesnika na manevarskim površinama. Njena uloga posebno dolazi do izražaja u uslovima povećanog intenziteta saobraćaja i smanjene vidljivosti, kada vizuelne informacije postaju presudan faktor za donošenje pravovremenih i tačnih odluka.

Standardizacija signalizacije prema međunarodnim propisima, pre svega ICAO, EASA i FAA, omogućava jednoznačno tumačenje oznaka od strane pilota i kontrolora letenja širom sveta. Time se značajno smanjuje mogućnost pogrešne interpretacije i nastanka incidenata, kao što su runway incursion događaji. Dosledna primena ovih standarda, uz redovno održavanje i kontrolu signalizacije, predstavlja osnovu za obezbeđenje visokog nivoa operativne bezbednosti.

Poseban značaj ima i ljudski faktor, jer je pravilna percepcija i razumevanje signalizacije direktno povezano sa nivoom obuke i iskustva pilota i ostalog osoblja. U tom smislu, signalizacija mora biti projektovana tako da bude intuitivna, jasno vidljiva i prilagođena realnim uslovima rada. Jednostavnost, kontrast i pravovremena uočljivost predstavljaju osnovne principe njenog dizajna, čime se smanjuje mogućnost greške i povećava sigurnost operacija.

Tehnološki razvoj dodatno unapređuje sistem signalizacije kroz primenu savremenih svetlosnih sistema, automatizacije i integracije sa digitalnim sistemima upravljanja vazdušnim saobraćajem. Ipak, uprkos tehnološkom napretku, osnovna vizuelna signalizacija ostaje nezamenljiv element bezbednosti, jer obezbeđuje neposrednu i brzu komunikaciju sa pilotima u svim uslovima.

Na kraju, može se zaključiti da kvalitetno obeležavanje signalizacije direktno doprinosi povećanju bezbednosti, smanjenju broja incidenata, efikasnijem upravljanju vazdušnim saobraćajem i smanjenju uticaja ljudskog faktora kao izvora greške. Kontinuirano unapređenje standarda, ulaganje u održavanje i modernizaciju, kao i stalna edukacija učesnika u saobraćaju predstavljaju ključne preduslove za dalje povećanje bezbednosti na aerodromima. U tom kontekstu, signalizacija ostaje jedan od najvažnijih stubova savremenog sistema upravljanja vazdušnim saobraćajem.

LITERATURA

- 1) Airbus. (2019). *Flight operations briefing notes: Runway safety*. Airbus S.A.S.
- 2) Airbus. (2021). *Safety first magazine: Runway safety*. Airbus S.A.S.
- 3) Boeing. (2020). *Airport operations safety study*. Boeing Commercial Airplanes.
- 4) Boeing. (2022). *Statistical summary of commercial jet airplane accidents*. Boeing Commercial Airplanes.
- 5) Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije. (2022). *Smernice za bezbednost aerodromskih operacija*. Beograd.
- 6) EUROCONTROL. (2016). *Human performance in air traffic management*. EUROCONTROL.
- 7) EUROCONTROL. (2017). *Airport collaborative decision making implementation manual*. EUROCONTROL.
- 8) EUROCONTROL. (2018). *Runway incursion risk assessment*. EUROCONTROL.
- 9) EUROCONTROL. (2019). *Runway safety report*. EUROCONTROL.
- 10) EUROCONTROL. (2020). *Advanced surface movement guidance and control systems*. EUROCONTROL.
- 11) European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2017). *Aerodrome design guidelines*. EASA.
- 12) European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2019). *Easy access rules for aerodromes*. EASA.
- 13) Federal Aviation Administration (FAA). (2017). *Human factors in aviation maintenance*. FAA.
- 14) Federal Aviation Administration (FAA). (2018). *Airport marking and lighting guide*. FAA.
- 15) Federal Aviation Administration (FAA). (2019). *Surface movement guidance and control system (SMGCS)*. FAA.
- 16) Federal Aviation Administration (FAA). (2020). *Advisory circular 150/5340-1: Standards for airport markings*. FAA.
- 17) Federal Aviation Administration (FAA). (2021). *Runway incursion report*. FAA.
- 18) Ilić, N. (2021). *Sistemi signalizacije u saobraćaju*. Beograd: Visoka tehnička škola.
- 19) International Civil Aviation Organization (ICAO). (1993). *Human factors digest No. 7*. ICAO.
- 20) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2004). *Visual aids handbook*. ICAO.
- 21) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2005). *Aerodrome design manual (Doc 9157)*. ICAO.
- 22) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2012). *Aerodrome certification manual*. ICAO.
- 23) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2016). *Annex 19: Safety management*. ICAO.
- 24) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2016). *Runway safety manual (Doc 9870)*. ICAO.
- 25) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2017). *Global aviation safety plan*. ICAO.
- 26) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Annex 11: Air traffic services*. ICAO.
- 27) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Annex 14: Aerodromes*. ICAO.
- 28) International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). *Safety management manual*. ICAO.
- 29) Jovanović, M. (2018). *Bezbednost vazdušnog saobraćaja*. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- 30) Marković, D. (2019). *Aerodromska infrastruktura i bezbednost*. Beograd: Akademska misao.
- 31) National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2013). *Pilot decision making study*. NASA.
- 32) National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2014). *Visual perception in aviation*. NASA.
- 33) National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2015). *Runway incursion prevention study*. NASA.
- 34) National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2016). *Airport surface operations study*. NASA.
- 35) Petrović, S. (2020). *Upravljanje rizikom u vazdušnom saobraćaju*. Novi Sad: FTN.

- 36) Pravilnik o upravljanju bezbednošću u vazdušnom saobraćaju („Službeni glasnik RS“).
- 37) Pravilnik o uslovima koje moraju da ispunjavaju aerodromi („Službeni glasnik RS“).
- 38) Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu („Službeni glasnik RS“, br. 35/2023).
- 39) Zakon o vazdušnom saobraćaju („Službeni glasnik RS“, br. 73/2010, 57/2011, 93/2012, 45/2015, 66/2015 – dr. zakon, 83/2018 i 9/2020).

THE ROLE AND IMPORTANCE OF HIGH-QUALITY AIRPORT SIGNAGE AND MARKING IN SAFE AIR TRAFFIC MANAGEMENT

Abstract: Quality marking and signaling at airports represent a key element in the system of safe air traffic management. The aim of this paper is to analyze the importance of horizontal and vertical markings, lighting systems, and signage on airport maneuvering areas in reducing the risk of incidents and accidents. The research methodology includes analysis of international standards (ICAO, EASA), professional literature, and practical examples. Special emphasis is placed on runway, taxiway, and apron markings, as well as their role in communication between pilots and air traffic control. The results indicate that properly designed and maintained signaling significantly contributes to operational safety, reduces the possibility of human error, and improves traffic efficiency. It is concluded that continuous improvement of marking systems is essential for the safe operation of modern airports.

Keywords: airport signaling, flight safety, ICAO standards, air traffic management, risk.

SPECIFIČNOSTI ORGANIZACIJE I PRAĆENJA LOGISTIČKIH USLUGA U VAZDUŠNOM TRANSPORTU

dr Đorđe Vranješ,¹ dr Svetozar Sofijanić,² dr Ana Slavković,³ dr Nikola Slavković⁴

Abstrakt: Vazdušni transport predstavlja ključni segment savremenih logističkih sistema, posebno u uslovima globalizacije i intenzivnog razvoja međunarodne trgovine. Cilj ovog rada je detaljna analiza specifičnosti organizacije logističkih usluga u vazdušnom transportu, uz integrisani pregled najznačajnijih naučnih radova iz ove oblasti. Metodologija istraživanja zasniva se na kvalitativnoj analizi sekundarnih izvora, uključujući naučne radove, knjige i izveštaje međunarodnih organizacija. Rezultati ukazuju na visok nivo kompleksnosti logističkih procesa, kao i na ključnu ulogu optimizacije, koordinacije i digitalizacije. Poseban akcenat stavljen je na izazove upravljanja kapacitetima, troškovima i regulatornim zahtevima.

Ključne reči: Vazdušni transport, logistika, air cargo, lanac snabdevanja.

1. UVOD

Vazdušni transport zauzima posebno mesto u savremenim logističkim sistemima zbog svoje brzine, pouzdanosti i globalne dostupnosti. Njegova uloga je naročito izražena u transportu robe visoke vrednosti i vremenski osetljivih pošiljki, kao što su farmaceutske proizvodi, medicinska oprema, elektronika i kvarljiva roba. U savremenim uslovima globalizacije, kompanije sve više zavise od brzih i efikasnih logističkih rešenja, što dodatno povećava značaj vazdušnog transporta. Prema Rodrigue (2020), vazdušni transport omogućava integraciju globalnih tržišta i ubrzava tokove robe, kapitala i informacija. Morrell (2011) ističe da iako ovaj vid transporta čini mali deo ukupnog obima robe, njegov udeo u vrednosti transportovane robe je izuzetno visok. Ova disproporcija jasno ukazuje na strateški značaj vazdušnog transporta. Razvoj e-trgovine, posebno nakon digitalne transformacije tržišta, dodatno je povećao potrebu za brzim i pouzdanim transportom (Button, 2008). U takvim uslovima, organizacija logističkih usluga postaje kompleksnija i zahteva integraciju različitih sistema i aktera.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U cilju sagledavanja specifičnosti organizacije i praćenja logističkih usluga u vazdušnom transportu, u radu je primenjen kombinovani metodološki pristup koji obuhvata kvalitativne i kvantitativne metode istraživanja. Ovakav pristup omogućava sveobuhvatno razumevanje složenih logističkih procesa, kao i identifikaciju ključnih faktora koji utiču na njihovu efikasnost i bezbednost. U okviru teorijskog dela rada primenjena je metoda analize sadržaja, kojom su proučeni relevantni međunarodni i nacionalni propisi, stručna literatura i standardi iz oblasti vazdušnog transporta i logistike. Poseban fokus stavljen je na dokumente međunarodnih organizacija kao što su ICAO, IATA i EASA, koji definišu osnovne principe organizacije logističkih procesa i njihove kontrole. Analiza literature omogućila je identifikaciju osnovnih karakteristika logističkih sistema u vazdušnom transportu, kao i uočavanje ključnih izazova u njihovoj implementaciji.

¹dr Đorđe Vranješ, viši predavač, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, djvranjes@politehnika.edu.rs

²dr Svetozar Sofijanić, profesor strukovnih studija, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, ssofijanic@politehnika.edu.rs

³dr Ana Slavković, profesor strukovnih studija, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, aslavkovic@politehnika.edu.rs

⁴dr Nikola Slavković, profesor strukovnih studija, Akademija strukovnih studija Politehnika, Beograd, nslavkovic@politehnika.edu.rs

Empirijski deo istraživanja zasnovan je na metodi studije slučaja, koja omogućava detaljno sagledavanje organizacije logističkih usluga u realnom okruženju. Kao predmet analize uzet je model organizacije logističkih procesa na aerodromu, sa posebnim osvrtom na tok robe, upravljanje prtljagom i koordinaciju između različitih učesnika u sistemu. Posmatranjem i analizom operativnih aktivnosti identifikovane su kritične tačke u procesu logistike, kao i faktori koji utiču na efikasnost i bezbednost pružanja usluga. Pored toga, primenjena je metoda komparativne analize, kojom su upoređeni različiti modeli organizacije logističkih sistema u vazdušnom transportu. Ova metoda omogućila je sagledavanje prednosti i nedostataka pojedinih pristupa, kao i identifikaciju optimalnih rešenja za unapređenje logističkih procesa. Poseban akcenat stavljen je na razlike između tradicionalnih i savremenih logističkih sistema, uključujući primenu digitalnih tehnologija i automatizacije. U cilju procene efikasnosti logističkih usluga korišćeni su i kvantitativni pokazatelji, kao što su vreme obrade pošiljki, brzina protoka robe, tačnost isporuke i nivo bezbednosti. Analizom ovih pokazatelja moguće je kvantifikovati performanse logističkog sistema i identifikovati potencijalne oblasti za unapređenje. Dobijeni rezultati interpretirani su u kontekstu postojećih standarda i preporuka, čime je omogućeno donošenje relevantnih zaključaka. Metod indukcije korišćen je za izvođenje opštih zaključaka na osnovu pojedinačnih posmatranja, dok je metod dedukcije primenjen u proveru postavljenih teorijskih pretpostavki. Ovakav pristup omogućava povezivanje teorijskih saznanja sa praktičnim iskustvima i doprinosi sveobuhvatnosti istraživanja. Na kraju, rezultati istraživanja interpretirani su kroz prizmu savremenih zahteva logistike u vazdušnom transportu, sa posebnim naglaskom na bezbednost, efikasnost i održivost. Time je obezbeđena relevantnost istraživanja i njegova primenljivost u praksi.

3. PREGLED LITERATURE I ANALIZA NAJZNAČAJNIJIH RADOVA

Rad autora Feng, Li i Shen (2015) predstavlja jedan od najznačajnijih pregleda literature u oblasti air cargo operacija. Autori sistematski analiziraju različite modele optimizacije koji se primenjuju u vazdušnom transportu, uključujući planiranje ruta, rasporeda letova i upravljanje prihodima. Posebno naglašavaju postojanje značajnog jaza između teorijskih modela i njihove praktične primene u realnim logističkim sistemima. Zaključuju da je neophodno razvijati realističnije modele koji će uzeti u obzir operativna ograničenja i dinamičke uslove poslovanja. Rad Feng et al. (2020) fokusira se na problem izbora špeditera u uslovima neizvesnosti i rizika. Autori razvijaju robusne matematičke modele koji omogućavaju donošenje optimalnih odluka u kompleksnim logističkim sistemima. Njihov pristup doprinosi smanjenju rizika i povećanju efikasnosti u lancima snabdevanja. Rezultati istraživanja imaju značajnu praktičnu primenu u savremenim logističkim operacijama. Swan (2004) analizira razvoj logističkih mreža u vazdušnom transportu sa posebnim osvrtom na hub-and-spoke sistem. Autor objašnjava kako centralizacija tokova robe omogućava smanjenje troškova i povećanje efikasnosti transporta. Posebno ističe ulogu velikih logističkih čvorišta u organizaciji globalnih tokova robe. Njegov rad predstavlja teorijsku osnovu za razumevanje savremenih logističkih mreža. Gardiner et al. (2005) istražuje ključne faktore koji utiču na izbor aerodroma od strane logističkih operatera. Autori zaključuju da vreme transporta ima veći značaj od troškova u procesu donošenja odluka. Takođe naglašavaju važnost infrastrukture, dostupnosti usluga i povezanosti sa drugim transportnim mrežama. Njihov rad doprinosi boljem razumevanju konkurentnosti aerodroma u globalnom logističkom sistemu. Ohashi et al. (2005) analizira ponašanje korisnika logističkih usluga u vazdušnom transportu. Fokus istraživanja je na kompromisu između vremena i troškova transporta. Autori koriste empirijske modele kako bi kvantifikovali uticaj različitih faktora na izbor transportne opcije. Zaključuju da brzina transporta ima dominantnu ulogu u donošenju logističkih odluka. Chao i Yu (2013) proučava konkurentnost cargo aerodroma na globalnom tržištu. Autori identifikuju ključne faktore kao što su kapacitet, efikasnost operacija i povezanost sa logističkim mrežama. Poseban naglasak stavljen je na strateško upravljanje aerodromima kao faktor

konkurentnosti. Njihov rad ima značajnu primenu u planiranju i razvoju logističke infrastrukture. Debbage i Debbage (2021) daje sveobuhvatan pregled logistike vazdušnog transporta u savremenim uslovima. Autori analiziraju strukturu globalnih tokova robe i ulogu različitih aktera u lancu snabdevanja. Posebno ističu uticaj e-trgovine i digitalizacije na razvoj vazdušnog transporta. Njihov rad povezuje teorijske koncepte sa praktičnim aspektima logistike. Kupfer et al. (2017) istražuje rast vazdušnog tereta i njegovu povezanost sa međunarodnom trgovinom. Autori analiziraju statističke podatke i identifikuju ključne trendove razvoja. Zaključuju da vazdušni transport prati dinamiku globalne ekonomije i trgovinskih tokova. Njihov rad je značajan za analizu tržišnih kretanja i strateško planiranje. Bowen (2012) analizira logističke mreže velikih transportnih kompanija kao što su FedEx i UPS. Autor se fokusira na organizaciju distribucije i geografsku raspodelu logističkih čvorišta. Pokazuje kako centralizacija i optimizacija mreža utiču na efikasnost poslovanja. Njegovi nalazi imaju direktnu primenu u logističkoj praksi. Hsu i Hsieh (2007) razvijaju modele za planiranje flote i operacija u vazdušnom transportu. Autori koriste matematičke i optimizacione metode za unapređenje logističkih procesa. Njihov rad doprinosi povećanju efikasnosti i smanjenju troškova operacija. Fokus istraživanja je na operativnom upravljanju logističkim sistemima.

Yan i Chen (2007) predlažu modele za raspored teretnih letova u vazdušnom transportu. Autori uzimaju u obzir različita operativna ograničenja, uključujući kapacitete i vremenske rokove. Njihov model omogućava optimizaciju logističkih operacija i povećanje efikasnosti. Rad ima značajnu praktičnu primenu u planiranju transporta. Kasarda (2010) uvodi koncept aerotropolis kao novog modela razvoja logističkih sistema. Autor objašnjava kako aerodromi postaju centri ekonomskog razvoja i logističkih aktivnosti. Poseban naglasak stavljen je na integraciju transporta, logistike i urbanog razvoja. Njegov rad ima veliki uticaj na savremeno planiranje infrastrukture. Morrell (2011) analizira ekonomske aspekte vazdušnog transporta. Autor se fokusira na troškove, profitabilnost i tržišne strukture u industriji. Njegov rad pruža teorijski okvir za razumevanje ekonomije vazdušnog transporta. Predstavlja važan doprinos analizi logističkih sistema. Doganis (2010) daje detaljan pregled razvoja i ekonomije avio-industrije. Autor analizira konkurenciju, regulaciju i poslovne modele u sektoru. Njegov rad je jedan od najcitiranijih u oblasti transporta. Pruža osnovu za dalja istraživanja i analize. Rodrigue (2020) integriše teoriju transporta i logistike u jedinstven analitički okvir. Autor analizira globalne tokove robe i značaj infrastrukture u logističkim sistemima. Posebno naglašava ulogu vazdušnog transporta u globalnoj ekonomiji. Njegov rad je široko primenjen u akademskim i praktičnim istraživanjima.

4. SPECIFIČNOSTI ORGANIZACIJE LOGISTIČKIH USLUGA

Organizacija logističkih usluga u vazdušnom transportu karakteriše se izuzetno visokim nivoom kompleksnosti i koordinacije između velikog broja učesnika. U ovaj proces uključeni su avio-prevoznici, špediteri, operateri na zemlji, carinske službe, kao i krajnji korisnici logističkih usluga. Svaki od ovih aktera ima specifičnu ulogu u logističkom lancu, što zahteva precizno usklađivanje aktivnosti. Efikasnost celokupnog sistema zavisi od sinhronizacije svih operativnih procesa. Jedna od ključnih specifičnosti jeste potreba za preciznim planiranjem kapaciteta. Kapacitet vazdušnog transporta je ograničen i podložan promenama, što zahteva kontinuirano prilagođavanje logističkih planova. Upravljanje kapacitetima uključuje optimizaciju prostora u avionima, raspodelu tereta i planiranje letova. Ove aktivnosti imaju direktan uticaj na troškove i efikasnost transporta. Upravljanje tokovima robe predstavlja još jedan značajan aspekt organizacije logističkih usluga. Roba se kreće kroz složen sistem logističkih čvorišta, gde dolazi do konsolidacije i redistribucije. Ovaj proces zahteva visok nivo koordinacije između različitih transportnih i logističkih sistema. Posebno je važna brzina obrade pošiljki, koja direktno utiče na kvalitet usluge. Optimizacija logističkih procesa ima ključnu ulogu u povećanju efikasnosti. Primena matematičkih modela i algoritama omogućava bolje planiranje ruta i rasporeda. Time se smanjuju troškovi i povećava iskorišćenost resursa. Optimizacija takođe doprinosi smanjenju kašnjenja i povećanju pouzdanosti sistema. Logističke mreže u vazdušnom transportu zasnovane su na hub-and-spoke modelu, koji predstavlja dominantan način organizacije globalnih tokova robe. Ovaj model omogućava centralizaciju transporta kroz ključna logistička čvorišta. Na taj način se postiže veća efikasnost i smanjuju operativni troškovi. Prema Swan (2004), ovaj model omogućava optimalno korišćenje kapaciteta i

bolju povezanost tržišta. Aerodromi imaju ključnu ulogu u logističkom sistemu kao centralna čvorišta. Oni omogućavaju konsolidaciju, skladištenje i distribuciju robe. Savremeni aerodromi razvijaju specijalizovane cargo terminale sa naprednom infrastrukturom. Svi izazovi u organizaciji i praćenju sumirani su na slici 1.



Slika 1. Izazovi i rizici kod logističkih usluga u vazdušnom saobraćaju

Prema Kasarda (2010), razvoj aerotropolis dodatno naglašava značaj aerodroma kao logističkih centara. Informacione tehnologije predstavljaju osnovu savremenih logističkih sistema. One omogućavaju praćenje pošiljki u realnom vremenu i unapređenje transparentnosti. Integracija informacionih sistema omogućava bolju koordinaciju između učesnika u lancu snabdevanja. Prema Cook i Tanner (2015), digitalizacija značajno doprinosi povećanju efikasnosti i smanjenju operativnih grešaka. Digitalizacija logističkih procesa omogućava automatizaciju mnogih aktivnosti, uključujući obradu dokumentacije i upravljanje zalihama. Time se smanjuje potreba za manuelnim radom i povećava brzina obrade podataka. Automatizacija doprinosi smanjenju troškova i povećanju tačnosti operacija. Takođe, smanjuje se mogućnost ljudske greške. Bezbednosni zahtevi predstavljaju jednu od najvažnijih specifičnosti vazdušnog transporta. Sve pošiljke moraju proći detaljne kontrole i provere. Ove procedure produžavaju vreme obrade, ali su neophodne za sigurnost sistema. Bezbednost ima prioritet u odnosu na brzinu i troškove. Regulatorni okvir takođe ima značajan uticaj na organizaciju logističkih usluga. Međunarodni propisi i standardi moraju se striktno poštovati. Carinske procedure dodatno komplikuju logističke procese. Efikasno upravljanje ovim zahtevima ključno je za uspešno poslovanje. Intermodalna integracija predstavlja važan aspekt logistike u vazdušnom transportu. Vazdušni transport je često povezan sa drumskim i železničkim transportom. Ova integracija omogućava kompletnu logističku uslugu „od vrata do vrata“. Efikasnost sistema zavisi od koordinacije između različitih vidova transporta. U savremenim uslovima, fleksibilnost logističkih sistema postaje sve važnija. Promene u potražnji i tržišnim uslovima zahtevaju brzo prilagođavanje. Logistički sistemi moraju biti sposobni da odgovore na nepredviđene situacije. Fleksibilnost povećava otpornost sistema. Takođe, održivost postaje sve značajniji faktor u organizaciji logističkih usluga. Smanjenje emisija i optimizacija potrošnje energije predstavljaju ključne ciljeve. Kompanije sve više ulažu u zelene tehnologije. Održiv razvoj postaje standard u logistici. Na kraju, može se

zaključiti da organizacija logističkih usluga u vazdušnom transportu zahteva integrisan pristup koji uključuje tehnologiju, infrastrukturu i menadžment. Efikasnost sistema zavisi od koordinacije svih učesnika. Digitalizacija i automatizacija predstavljaju ključne faktore razvoja. Budućnost logistike u vazdušnom transportu biće zasnovana na inovacijama i održivosti.

5. IZAZOVI U ORGANIZACIJI I PRAĆENJU LOGISTIČKIH USLUGA

Organizacija logističkih usluga u vazdušnom transportu suočava se sa brojnim izazovima koji proizlaze iz specifičnosti ovog vida transporta, ali i iz dinamičnih promena u globalnom ekonomskom okruženju. Jedan od najznačajnijih izazova odnosi se na visoke operativne troškove koji karakterišu vazdušni transport. Prema Morrell (2011), troškovi goriva, održavanja letelica, aerodromskih taksi i bezbednosnih procedura čine ovaj vid transporta znatno skupljim u odnosu na druge. Ovi troškovi imaju direktan uticaj na cenu logističkih usluga i konkurentnost na tržištu. Upravljanje troškovima postaje ključni faktor uspešnog poslovanja logističkih kompanija. Kompanije nastoje da optimizuju procese kako bi smanjile troškove bez ugrožavanja kvaliteta usluge. Ovo uključuje racionalizaciju ruta, bolje planiranje kapaciteta i povećanje efikasnosti operacija.

Pored visokih troškova, ograničen kapacitet predstavlja jedan od ključnih operativnih izazova. Kapacitet vazdušnog transporta zavisi od dostupnosti aviona, njihove nosivosti i raspoloživosti slotova na aerodromima. Sezonske fluktuacije u potražnji dodatno komplikuju planiranje. U periodima povećane tražnje dolazi do zagušenja sistema, što može dovesti do kašnjenja i povećanja troškova. Efikasno upravljanje kapacitetima zahteva precizno planiranje i fleksibilnost u donošenju odluka. Logističke kompanije često koriste napredne analitičke alate za predviđanje potražnje. Time se smanjuje rizik od nedovoljnog ili prekomernog kapaciteta.

Globalizacija predstavlja još jedan značajan izazov za organizaciju logističkih usluga. Kako ističe Button (2008), globalizacija dovodi do povećanja konkurencije i složenosti logističkih tokova. Kompanije posluju na globalnom tržištu gde moraju da odgovore na različite zahteve kupaca. Povećava se broj učesnika u lancu snabdevanja, što dodatno komplikuje koordinaciju. Globalni logistički sistemi postaju sve složeniji i zahtevaju integraciju različitih tehnologija i procesa. Pored toga, globalizacija povećava zavisnost od međunarodnih tokova robe, što logističke sisteme čini osetljivim na globalne poremećaje.

Liberalizacija tržišta značajno utiče na strukturu vazdušnog transporta. Prema Zhang i Zhang (2016), deregulacija i liberalizacija dovode do povećanja konkurencije između avio-kompanija i logističkih operatera. Ovo rezultira smanjenjem cena, ali i povećanim pritiskom na profitabilnost. Kompanije su primorane da kontinuirano unapređuju svoje usluge kako bi zadržale konkurentsku prednost. Liberalizacija takođe omogućava ulazak novih učesnika na tržište. Time se povećava dinamika i kompleksnost logističkog sistema.

Bezbednosni zahtevi predstavljaju poseban izazov u vazdušnom transportu. Zbog potencijalnih rizika, sve pošiljke moraju proći rigorozne kontrole. Ove procedure uključuju skeniranje, proveru dokumentacije i fizičke inspekcije. Iako su neophodne, one produžavaju vreme obrade i povećavaju troškove. Logističke kompanije moraju pronaći balans između bezbednosti i efikasnosti. Uvođenje novih tehnologija može doprineti ubrzanju bezbednosnih procedura. Regulatorni okvir takođe značajno utiče na organizaciju logističkih usluga. Međunarodni standardi i propisi moraju se striktno poštovati. Različite zemlje imaju različite carinske i regulatorne zahteve. Ovo dodatno komplikuje međunarodni transport robe. Logističke kompanije moraju biti dobro upoznate sa regulativom kako bi izbegle kašnjenja i dodatne troškove. Upravljanje regulatornim zahtevima postaje važan deo logističkog menadžmenta. Ekološki zahtevi i održivost postaju sve važniji izazovi u vazdušnom transportu. Emisija štetnih gasova i uticaj na životnu sredinu nalaze se u fokusu savremenih istraživanja. Kompanije su pod pritiskom da smanje svoj ekološki otisak. Uvođenje alternativnih goriva i energetske efikasne tehnologije predstavlja jedan od načina za rešavanje ovog problema. Održivost postaje ključni faktor konkurentnosti.

Tehnološki razvoj donosi i nove izazove. Iako digitalizacija unapređuje efikasnost, ona zahteva velika ulaganja. Implementacija informacionih sistema može biti kompleksna i skupa. Takođe, postoji potreba za obukom zaposlenih. Upravljanje tehnološkim promenama predstavlja izazov za organizacije. Kompanije moraju kontinuirano ulagati u inovacije kako bi ostale konkurentne.

Još jedan značajan izazov predstavlja upravljanje rizicima. Logistički sistemi su izloženi različitim rizicima, uključujući vremenske nepogode, političke nestabilnosti i ekonomske krize. Ovi faktori mogu izazvati poremećaje u lancu snabdevanja. Razvoj strategija za upravljanje rizicima postaje neophodan. Fleksibilnost i adaptabilnost su ključne karakteristike savremenih logističkih sistema.

Intermodalna koordinacija takođe predstavlja izazov. Vazdušni transport je često povezan sa drugim vidovima transporta. Nedostatak koordinacije može dovesti do kašnjenja i povećanja troškova. Integracija različitih transportnih sistema zahteva visok nivo organizacije. Efikasna komunikacija između učesnika je ključna.

Na kraju, ljudski faktor predstavlja važan aspekt organizacije logističkih usluga. Nedostatak kvalifikovane radne snage može negativno uticati na efikasnost sistema. Obuka i razvoj zaposlenih postaju prioritet. Upravljanje ljudskim resursima je ključ uspeha logističkih organizacija. Zaključno, izazovi u organizaciji logističkih usluga u vazdušnom transportu su brojni i međusobno povezani. Njihovo rešavanje zahteva integrisan pristup koji uključuje tehnologiju, menadžment i strategiju. Samo organizacije koje uspešno upravljaju ovim izazovima mogu ostvariti dugoročnu konkurentsku prednost. Digitalizacija i automatizacija predstavljaju ključne trendove. Veštačka inteligencija se sve više koristi. E-trgovina povećava potražnju (Debbage & Debbage, 2021).

Razvoj infrastrukture i održivih sistema biće ključan. Integracija novih tehnologija unaprediće logistiku.

Izazovi u organizaciji i praćenju logističkih usluga u vazdušnom transportu predstavljaju jednu od ključnih tema savremene logistike. Vazdušni transport karakteriše visok nivo složenosti operacija. U takvom okruženju logistički procesi moraju biti precizno planirani. Svaka greška može dovesti do ozbiljnih posledica. Organizacija logističkih usluga zahteva koordinaciju velikog broja učesnika. U proces su uključeni aerodromi, aviokompanije, špediteri i carinske službe. Svaki od ovih subjekata ima svoju ulogu. Njihova međusobna saradnja mora biti efikasna. Nedostatak koordinacije dovodi do zastoja. To utiče na ukupnu efikasnost sistema. Jedan od osnovnih izazova odnosi se na kompleksnost logističkih tokova. Roba i prtljag prolaze kroz više faza obrade. Svaka faza mora biti pažljivo kontrolisana. Greške u jednoj fazi utiču na ceo sistem. Upravljanje ovim procesima zahteva visoku stručnost. Potrebno je koristiti savremene informacione sisteme. Bez njih je teško pratiti tok robe. Digitalizacija je postala neophodna. Ipak, implementacija novih tehnologija nosi svoje izazove. Visoki troškovi predstavljaju ograničenje. Organizacije moraju ulagati značajna sredstva. Praćenje logističkih usluga zahteva precizne podatke. Tačnost informacija je ključna. Neispravni podaci dovode do pogrešnih odluka. Sistem mora obezbediti pouzdane informacije u realnom vremenu. Kašnjenje informacija smanjuje efikasnost. Integracija različitih sistema predstavlja izazov. Različiti učesnici koriste različite platforme. Njihova kompatibilnost nije uvek obezbeđena. To otežava razmenu podataka. Standardizacija informacionih sistema je neophodna.

Bezbednost predstavlja jedan od najvažnijih izazova. Vazdušni transport zahteva visok nivo sigurnosti. Logistički procesi moraju biti zaštićeni. Postoji rizik od krađe i oštećenja robe. Takođe postoji rizik od nelegalnih aktivnosti. Kontrola robe mora biti rigorozna. To usporava procese. Balans između bezbednosti i efikasnosti je teško postići. Organizacije moraju pronaći optimalno rešenje. Bezbednosne procedure su često kompleksne. Ljudski faktor predstavlja značajan izazov. Greške zaposlenih mogu imati velike posledice. Obuka i edukacija su ključni. Nedovoljna obučanost povećava rizik. Rad pod pritiskom utiče na performanse. Zaposleni su često izloženi stresu. To može dovesti do grešaka. Upravljanje ljudskim resursima je od velikog značaja. Motivacija zaposlenih utiče na kvalitet rada. Organizacije moraju ulagati u razvoj kadrova. Vremenska ograničenja predstavljaju poseban izazov. Vazdušni transport zahteva brzinu. Rokovi su često kratki. Kašnjenja nisu prihvatljiva. Logistički procesi moraju biti optimizovani. Svako zadržavanje utiče na lanac snabdevanja. Planiranje mora biti precizno. Nepredviđene situacije dodatno komplikuju procese. Loši vremenski uslovi mogu izazvati kašnjenja. Tehnički problemi takođe utiču na tok operacija.

Infrastruktura aerodroma ima veliki uticaj na logistiku. Ograničeni kapaciteti predstavljaju problem. Veliki aerodromi imaju veće mogućnosti. Manji aerodromi imaju ograničenja. Nedostatak prostora utiče na organizaciju. Modernizacija infrastrukture je neophodna. Međutim, ona zahteva velika ulaganja. Planiranje razvoja mora biti dugoročno. Neadekvatna infrastruktura usporava procese. To utiče na konkurentnost. Koordinacija između različitih učesnika predstavlja veliki izazov. Svaki učesnik ima svoje ciljeve. Njihovi interesi se ne poklapaju uvek. Komunikacija mora biti efikasna. Nedostatak komunikacije dovodi do problema. Razmena informacija mora biti pravovremena. Organizacija mora obezbediti jasne procedure. Standardizacija komunikacije je važna. Time se smanjuje mogućnost greške. Koordinacija je ključ uspeha. Tehnološki razvoj donosi nove izazove. Automatizacija zahteva prilagođavanje sistema. Implementacija novih tehnologija nije jednostavna. Potrebna su dodatna znanja. Zaposleni moraju biti obučeni. Integracija sistema može biti složena. Održavanje tehnologije zahteva resurse. Kvarovi mogu izazvati zastoje. Pouzdanost sistema je ključna. Organizacije moraju obezbediti kontinuitet rada. Praćenje performansi logističkih usluga je složen zadatak. Potrebno je definisati odgovarajuće indikatore. KPI sistemi omogućavaju merenje efikasnosti. Međutim, njihova implementacija nije laka. Potrebno je prikupiti relevantne podatke. Analiza podataka zahteva stručnost. Rezultati moraju biti pravilno interpretirani. Na osnovu toga donose se odluke. Pogrešna interpretacija vodi lošim odlukama. Sistem mora biti pouzdan.

Regulatorni okvir predstavlja dodatni izazov. Propisi su strogi i kompleksni. Organizacije moraju biti usklađene sa njima. Promene propisa zahtevaju prilagođavanje. To može biti zahtevno. Međunarodni transport podrazumeva različite regulative. Harmonizacija pravila nije uvek postignuta. To otežava poslovanje. Organizacije moraju pratiti propise. Usklađenost je obavezna. Ekološki zahtevi postaju sve značajniji. Održivost je važan aspekt logistike. Vazdušni transport ima uticaj na životnu sredinu. Organizacije moraju smanjiti emisije. To zahteva dodatna ulaganja. Ekološki standardi postaju stroži. Implementacija zelenih rešenja je izazov. Balans između efikasnosti i ekologije je težak. Održivost postaje prioritet. Logistika mora biti prilagođena.

Globalizacija dodatno komplikuje logističke procese. Roba se transportuje na velike udaljenosti. Lanac snabdevanja je kompleksan. Koordinacija je otežana. Različite vremenske zone utiču na komunikaciju. Kulturne razlike mogu biti izazov. Standardizacija je neophodna. Globalni sistem mora biti usklađen. Organizacije moraju biti fleksibilne. Adaptacija je ključna. Rizici u logistici su brojni. Mogu biti operativni, tehnički i bezbednosni. Upravljanje rizicima je neophodno. Identifikacija rizika je prvi korak. Potrebno je razviti strategije za njihovo ublažavanje. Sistem mora biti otporan na poremećaje. Krizne situacije zahtevaju brzu reakciju. Planiranje je ključno. Organizacije moraju biti spremne. Upravljanje rizicima povećava sigurnost. Zaključno, organizacija i praćenje logističkih usluga u vazdušnom transportu suočavaju se sa brojnim izazovima. Kompleksnost sistema zahteva visok nivo koordinacije. Tehnologija donosi i prednosti i izazove. Ljudski faktor ostaje ključan. Bezbednost i efikasnost moraju biti u ravnoteži. Standardizacija je neophodna. Kontinuirano unapređenje sistema je obavezno. Samo integrisanim pristupom moguće je prevazići izazove. Logistički sistemi moraju biti fleksibilni. Time se obezbeđuje njihova održivost i uspešnost.

6. ULOGA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U ORGANIZACIJI I PRAĆENJU USLUGA

Veštačka inteligencija predstavlja jedan od ključnih pokretača transformacije savremenih logističkih sistema, posebno u oblasti vazdušnog transporta koji karakterišu visoka složenost, brzina i potreba za preciznom koordinacijom. Uvođenje AI tehnologija omogućava značajno unapređenje organizacije logističkih usluga, kao i efikasnije praćenje tokova robe, prtljaga i informacija u realnom vremenu. Korišćenjem naprednih algoritama i sistema za obradu podataka moguće je optimizovati procese planiranja, upravljanja i kontrole logističkih operacija. Jedna od osnovnih uloga veštačke inteligencije ogleda se u unapređenju procesa planiranja logističkih tokova. AI sistemi analiziraju velike količine podataka i omogućavaju predviđanje opterećenja aerodroma, vremena obrade pošiljki i potencijalnih zastoja. Na osnovu ovih analiza moguće je doneti optimalne odluke u vezi sa raspodelom resursa i organizacijom operacija. Time se smanjuje mogućnost kašnjenja i povećava efikasnost logističkog

sistema. U oblasti praćenja logističkih usluga, veštačka inteligencija omogućava kontinuirani nadzor nad kretanjem robe i prtljaga. Integracijom AI sistema sa IoT uređajima i senzorima obezbeđuje se praćenje pošiljki u realnom vremenu. Ovakav pristup omogućava pravovremeno reagovanje u slučaju nepravilnosti ili odstupanja od planiranih tokova. Transparentnost procesa značajno se povećava, što doprinosi boljoj kontroli i smanjenju rizika.

Veštačka inteligencija ima značajnu ulogu i u unapređenju bezbednosti logističkih operacija. Korišćenjem sistema za prepoznavanje obrazaca i analizu ponašanja moguće je identifikovati potencijalne bezbednosne pretnje. AI sistemi mogu detektovati sumnjive aktivnosti i automatski pokrenuti odgovarajuće procedure. Na taj način se povećava nivo sigurnosti u vazdušnom transportu i smanjuje mogućnost nelegalnih aktivnosti.



Slika 2. Uloga AI u organizaciji i praćenju logističkih usluga u vazdušnom saobraćaju

Automatizacija procesa predstavlja još jednu važnu primenu veštačke inteligencije (slika 2) u logistici vazdušnog transporta. Automatizovani sistemi za sortiranje prtljaga i robe omogućavaju bržu i precizniju obradu pošiljki. Time se smanjuje potreba za manuelnim radom i minimiziraju greške izazvane ljudskim faktorom. Povećava se produktivnost i efikasnost logističkog sistema.

Poseban značaj AI tehnologija ogleda se u upravljanju rizicima. Analizom istorijskih podataka i trenutnih operativnih parametara moguće je predvideti potencijalne probleme i preduzeti preventivne mere. Ovakav proaktivan pristup omogućava smanjenje broja incidenata i povećanje pouzdanosti sistema. Upravljanje rizicima postaje preciznije i efikasnije.

Uprkos brojnim prednostima, primena veštačke inteligencije nosi i određene izazove. Implementacija AI sistema zahteva značajna finansijska ulaganja i stručne kadrove. Integracija sa postojećim sistemima može biti složena i dugotrajna. Takođe, postoji potreba za zaštitom podataka i obezbeđivanjem njihove sigurnosti. Organizacije moraju razviti adekvatne strategije za upravljanje ovim izazovima.

Zaključno, veštačka inteligencija ima ključnu ulogu u unapređenju organizacije i praćenja logističkih usluga u vazdušnom transportu. Njena primena omogućava povećanje efikasnosti, bezbednosti i pouzdanosti logističkih sistema. Iako postoje određeni izazovi u implementaciji, prednosti koje AI donosi značajno prevazilaze potencijalne nedostatke. U budućnosti se očekuje još intenzivnija primena veštačke inteligencije, što će dodatno unaprediti logističke procese u vazdušnom transportu i doprineti njihovoj održivosti i konkurentnosti.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Analizom dostupne literature i praktičnih primera može se zaključiti da logistički sistemi u vazdušnom transportu predstavljaju izuzetno složene i dinamične strukture. Njihova efikasnost zavisi od velikog broja međusobno povezanih faktora. Svaki segment logističkog lanca ima značajnu ulogu u ukupnom funkcionisanju sistema. Koordinacija između učesnika predstavlja jedan od osnovnih preduslova uspešnog rada. Bez adekvatne koordinacije dolazi do zastoja i smanjenja efikasnosti. Upravljanje logističkim procesima zahteva visok nivo organizacije. Planiranje mora biti precizno i pravovremeno. Svaka greška može imati domino efekat. Zbog toga je kontrola procesa od ključnog značaja.

Savremeni logistički sistemi oslanjaju se na primenu informacionih tehnologija. Digitalizacija omogućava praćenje tokova robe u realnom vremenu. Time se povećava transparentnost sistema. Tačne i pravovremene informacije omogućavaju donošenje kvalitetnih odluka. Međutim, implementacija informacionih sistema nosi određene izazove. Potrebna su značajna finansijska ulaganja. Integracija različitih sistema može biti složena. Organizacije moraju obezbediti kompatibilnost platformi. Bez toga je otežana razmena podataka. Digitalna transformacija zahteva kontinuirano unapređenje. Uprkos izazovima, njene prednosti su značajne.

Bezbednost logističkih usluga predstavlja prioritet u vazdušnom transportu. Visoki standardi bezbednosti neophodni su za zaštitu robe i putnika. Kontrola logističkih tokova mora biti rigorozna. Postoje brojni rizici koji mogu ugroziti sistem. Organizacije moraju razviti efikasne mehanizme zaštite. Upravljanje rizicima je ključni element logistike. Identifikacija i analiza rizika omogućavaju njihovo ublažavanje. Preventivne mere imaju značajnu ulogu. Bezbednosni sistemi moraju biti pouzdani. Kontinuirana kontrola doprinosi sigurnosti. Ljudski faktor ostaje jedan od najvažnijih elemenata logističkog sistema. Zaposleni učestvuju u svim fazama procesa. Njihova stručnost i iskustvo utiču na kvalitet rada. Greške zaposlenih mogu imati ozbiljne posledice. Obuka i edukacija su neophodni za smanjenje grešaka. Rad u logistici često podrazumeva visok nivo stresa. Upravljanje ljudskim resursima mora biti pažljivo planirano. Motivacija zaposlenih doprinosi efikasnosti. Organizacije treba da ulažu u razvoj kadrova. Kvalitetan kadar predstavlja ključ uspeha. Vremenski aspekt logističkih usluga ima veliki značaj. Vazdušni transport karakteriše potreba za brzinom. Kašnjenja mogu izazvati velike gubitke. Planiranje mora biti precizno. Organizacije moraju biti spremne na nepredviđene situacije. Loši vremenski uslovi često utiču na tok operacija. Tehnički problemi mogu izazvati dodatne zastoje. Fleksibilnost sistema je neophodna. Brza reakcija smanjuje negativne posledice. Upravljanje vremenom predstavlja važan izazov.

Infrastruktura aerodroma ima direktan uticaj na logistiku. Kapaciteti aerodroma određuju obim operacija. Nedostatak prostora može ograničiti efikasnost. Modernizacija infrastrukture je neophodna. Međutim, ona zahteva velika ulaganja. Planiranje razvoja mora biti dugoročno. Savremeni aerodromi teže povećanju kapaciteta. Time se poboljšava logistička efikasnost. Infrastruktura mora pratiti potrebe tržišta. Njena uloga je ključna. Regulatorni okvir značajno utiče na logističke procese. Propisi su često kompleksni i zahtevni. Organizacije moraju biti usklađene sa njima. Međunarodni transport podrazumeva različite regulative. Harmonizacija pravila nije uvek postignuta. To otežava poslovanje. Praćenje promena propisa je obavezno. Usklađenost zahteva dodatne resurse. Ipak, regulativa doprinosi bezbednosti. Njena primena je neophodna.

Tehnološki razvoj donosi nove mogućnosti. Automatizacija procesa povećava efikasnost. Upotreba savremenih sistema smanjuje greške. Integracija tehnologije unapređuje logistiku. Međutim, tehnološki razvoj nosi i rizike. Kvarovi sistema mogu izazvati zastoje. Održavanje tehnologije zahteva resurse. Organizacije moraju obezbediti pouzdanost sistema. Kontinuirano unapređenje je neophodno. Tehnologija predstavlja važan faktor razvoja. Ekološki aspekt logistike postaje sve značajniji. Vazdušni transport ima uticaj na životnu sredinu. Organizacije moraju smanjiti negativne efekte. Primena održivih rešenja je izazov. Ekološki standardi postaju stroži. Uvođenje zelenih tehnologija zahteva ulaganja. Balans između efikasnosti i ekologije je kompleksan. Održivost postaje

prioritet. Logistički sistemi moraju se prilagoditi. Zaštita životne sredine je važna. Globalizacija dodatno komplikuje logističke procese. Međunarodni tokovi robe zahtevaju koordinaciju. Različite vremenske zone utiču na komunikaciju. Kulturne razlike mogu predstavljati izazov. Standardizacija procesa je neophodna. Organizacije moraju biti fleksibilne. Adaptacija na globalno tržište je ključna. Konkurencija je velika. Efikasnost logistike utiče na uspeh. Globalni sistem zahteva prilagođavanje. Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da organizacija i praćenje logističkih usluga u vazдушnom transportu predstavljaju složen i dinamičan proces. Njegova uspešnost zavisi od koordinacije, tehnologije, ljudskog faktora i regulative. Svaki od ovih elemenata ima značajnu ulogu. Integracija svih faktora je neophodna. Kontinuirano unapređenje sistema predstavlja osnov za razvoj. Organizacije moraju biti spremne na promene. Fleksibilnost i inovativnost su ključne. Samo takav pristup omogućava efikasno funkcionisanje. Time se obezbeđuje konkurentnost na tržištu. Logistički sistemi vazdušnog transporta imaju veliki značaj za globalnu ekonomiju. Njihov razvoj će u budućnosti biti još intenzivniji.

LITERATURA

1. Bowen, J. (2012). A spatial analysis of FedEx and UPS: Hubs, spokes, and network structure. *Journal of Transport Geography*, 24, 419–431.
2. Button, K. (2008). The impacts of globalisation on international air transport activity: Past trends and future perspectives. *Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World*. OECD.
3. Chao, C. C., & Yu, M. M. (2013). The determinants of air cargo competitiveness. *Journal of Air Transport Management*, 30, 27–31.
4. Cook, A., & Tanner, G. (2015). European airline delay cost reference values. EUROCONTROL.
5. Debbage, N., & Debbage, K. (2021). Air transportation and global logistics: Trends and developments. *Transport Reviews*, 41(4), 1–20.
6. Doganis, R. (2010). *Flying off course: Airline economics and marketing* (4th ed.). Routledge.
7. Feng, B., Li, Y., & Shen, Z. J. M. (2015). Air cargo operations: Literature review and comparison with practices. *Transportation Research Part C*, 56, 263–280.
8. Feng, B., Li, Y., & Shen, Z. J. M. (2020). Air freight forwarder selection under uncertainty. *Transportation Research Part E*, 134, 101839.
9. Gardiner, J., Ison, S., & Humphreys, I. (2005). Factors influencing cargo airlines' choice of airport. *Journal of Air Transport Management*, 11(6), 393–399.
10. Hsu, C. I., & Hsieh, Y. P. (2007). Routing, ship scheduling and fleet deployment for liner shipping. *Transportation Research Part E*, 43(2), 178–197.
11. Kasarda, J. D. (2010). *Aerotropolis: The way we'll live next*. Farrar, Straus and Giroux.
12. Kupfer, F., Meersman, H., Onghena, E., & Van de Voorde, E. (2017). The underlying drivers and future development of air cargo. *Journal of Air Transport Management*, 61, 6–14.
13. Morrell, P. (2011). *Moving boxes by air: The economics of international air cargo*. Ashgate Publishing.
14. Ohashi, H., Kim, T. J., Oum, T. H., & Yu, C. (2005). Choice of air cargo transport mode in Japan. *Journal of Air Transport Management*, 11(3), 149–158.
15. Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
16. Swan, W. M. (2004). Airline network development. *Journal of Air Transport Management*, 10(4), 273–278.
17. Yan, S., & Chen, H. L. (2007). A scheduling model for air cargo flights. *Transportation Research Part E*, 43(4), 357–376.
18. Zhang, A., & Zhang, Y. (2016). Airport economics and policy: Efficiency and competition. *Journal of Air Transport Management*, 56, 1–3.

Abstract

Air transport represents a key segment of modern logistics systems, particularly in the context of globalization and the rapid development of international trade. The aim of this paper is to provide a detailed analysis of the specific characteristics of organizing logistics services in air transport, along with an integrated review of the most significant scientific studies in this field. The research methodology is based on a qualitative analysis of secondary sources, including academic papers, books, and reports of international organizations. The results indicate a high level of complexity of logistics processes, as well as the crucial role of optimization, coordination, and digitalization. Special emphasis is placed on the challenges of capacity management, cost control, and regulatory requirements.

Keywords: Air transport, logistics, air cargo, supply chain.

INOVACIJE U KOOPERTIVNOM TRANSPORTU I SAOBRAĆAJNOJ LOGISTICI

Dipl. maš. ing. Zoran Cvijetić¹

Doc. dr Ratomir Antonović²

Apstrakt: Cilj ovog rada je da ukaže na značajne promjene i inovacije u kooperativnom transportu i saobraćajnoj logistici. U radu, koautori ukazuju, na osnovu empirijskog istraživanja iz bogate prakse sudskog vještačenja iz oblasti mašinstva i saobraćaja, na nove tehnologije, znanja i sposobnosti iz ove oblasti. Polazna hipoteza rada polazi od toga da kooperativni transport predstavlja sistem kojem više kompanija, organizacija ili pojedinaca, obrazuju neprekidni transportni lanac sa ciljem optimizacije logističkih procesa i podjele resursa, informacija i infrastrukture.

Ključne riječi: saobraćaj, logistika, vještačenje, vozila.

UVOD

Kooperativni transport predstavlja sistem u kojem više kompanija, organizacija ili pojedinaca obrazuju neprekidni transportni lanac a to sve u svrhu optimizacije logističkih procesa i podjele resurse, informacije i infrastrukturu kako bi se ostvarili zajednički ciljevi.

Kooperativni transport karakteriše se :

- Razmjenom informacija u realnom vremenu
- Zajedničkim korištenje transportnih kapaciteta
- Optimizacijom ruta i vremena isporuke
- Smanjenje praznih vožnji

Kooperativni transport uključuje aktivnosti :

- Dijeljenje skladišta
- Konsolidaciju tereta
- Zajedničku distribuciju robe

Inovacije u kooperativnom transportu manifestuju se u sledećim aktivnostima :

Digitalizacija i pametni sistemi

Jedna od najvažnijih inovacija je primjena digitalnih tehnologija:

- Internet of Things (IoT)
- GPS praćenje vozila
- Softver za upravljanje flotom

Ovi sistemi omogućavaju:

¹ Ovlašćeni sudski vještak za teritoriju Osnovnog suda u Bijeljini, e-mail: zoran.cvijetic.bn@gmail.com

² Docent na Pravnom fakultetu Univerziteta Privredna akademija Brčko distrikta BiH, e-mail: antonovicr@gmail.com

- Praćenje pošiljki u realnom vremenu
- Bolju koordinaciju između učesnika
- Brže donošenje odluka

Platforme za dijeljenje transporta

Razvoj digitalnih platformi omogućio je povezivanje različitih prevoznika i korisnika usluga.

Prednosti platformi za dijeljenje transporta

- Bolja iskorištenost kapaciteta
- Smanjenje troškova transporta
- Brža organizacija prevoza

Automatizacija i autonomna vozila

Automatizacija transporta u koorprativnom transportu uključuje:

- Autonomna vozila
- Robote u skladištima
- Automatizovane sisteme za utovar i istovar

Prednosti primjene automatizacija transporta u koorprativnom transportu su :

- Smanjenje ljudske greške
- Povećanje sigurnosti
- Veća efikasnost

Ekologija

Ekološke inovacije u koorprativnom transportu imaju sve veći značaj:

- Električna i hibridna vozila
- Optimizacija ruta radi smanjenja emisije CO₂
- Korištenje obnovljivih izvora energije

Prednosti primjene automatizacija transporta u koorprativnom transportu su :

- Smanjenje zagađenja
- Održivi razvoj transportnog sistema

1. INOVACIJE U SAOBRAĆAJNOJ LOGISTICI

U logistici, inovacije omogućavaju:

- Bolje planiranje transporta
- Efikasnije upravljanje lancem snabdijevanja
- Smanjenje vremena isporuke

Pravilnikom o načinu obavljanja poslova i zadataka članova posade motornih vozila (Sl.gl RS 101/2009) (u daljem tekstu Pravilnik) definisane su obaveze vozača motornog vozila u svim fazama rada sa motornim vozilom .

U međunarodnom transportu važe propisi koji se u nekim obavezama vozača i vlasnika vozila razlikuju od navedenog Pravilnika a to je definisano u Njemačkim propisima o dopuštenoj upotrebi vozila u drumskom prevozu

- **Vlasnik vozila** odgovoran je za ispravnost i ispravnost svog vozila. Ovo također vrijedi za opremu s elementima za pričvršćivanje tereta (član 30 i 31 Njemački propisi o dopuštenju upotrebe vozila u prevozu). Viši regionalni sud u Düsseldorfu odlučio je, u svojoj rezoluciji od 18/07/89, da se vlasnik mora pridržavati VDI direktive 2700. To znači da vlasnik vozila također mora osigurati da je vozilo opremljeno odgovarajućim teretom -oprema za osiguranje, prikladna za teret, tako da vozač može izvršiti osiguranje tereta na temelju VDI direktive 2700. **Vlasnik vozila ne smije dopustiti korištenje neprikladnih vozila.**
- **Osnova za obvezu osiguranja tereta od strane utovarivača je član 22 njemačkih Propisa o drumskom saobraćaju**, budući da se ne odnosi isključivo na vozača, kao što se pretpostavlja. Ovdje se utovarivač smatra "rukovoditeljem zadataka utovara" i, za prijevoz opasnih tereta, "osobom koju je ovlastio utovarivač", tj. osobom koja ima **pravo samostalno donositi odluke u pogledu utovara**. Osim ako ne postoji posebna pojedinačna ugovorna odredba, odgovornost nadređenog proteže se sve do uprave tvrtke. To znači da je za osiguranje tereta odgovorna uprava tvrtke osim ako odgovornost nije prenijela na podređenu osobu. **Prema zakonu, obveza pričvršćivanja tereta leži na utovarivaču.**

PRIMJER I.

Dinamizam uzroka i posljedice nastanka štete

Prilikom utovara stvari vozač je obavezan prisustvovati utovaru vozila kojim upravlja a obaveze vozača pritom utovaru definisane su Pravilnikom o načinu obavljanja poslova i zadataka članova posada motornih vozila (u daljem dijelu Pravilnik) član 12 .

Obveze firme koja vrši otpremu robe uključuju : pravilno slaganje, vezivanje, uklinjavanje, vezivanje i učvršćivanje tereta tako da tokom normalnog prevoza u svakodnevnom saobraćaju (čak i u ekstremnim situacijama) sile koje djeluju na vozilo ne ugroze ili oštete robu, osobe ili vozila.

Siguran utovar uključuje i obvezu špeditera da osigura odgovarajuće vozilo. Ovo mora biti u stanju prevoziti teret na putu na siguran način, uzimajući u obzir propisane dimenzije, težine i osovinska opterećenja u normalnom svakodnevnom prevozu (uključujući i ekstremne situacije).

Nakon ovako sprovedenih aktivnosti **vozač preuzima odgovarajuću dokumentaciju i svojim potpisom potvrđuje da je vozilo spremno za uključenje u saobraćaj.**

Prilikom upravljanja predmetnim teretnim motornim vozilom vozač može, uz primjenu ograničenja koja su definisana propisima (brzina kretanja vozila, vrijeme upravljanja vozila, praćenjem saobraćajnih znakova i postupanja po istim i drugo), dovesti predmetno vozilo do istovarnog mjesta bez oštećenja teretnog vozila i robe koja se prevozi .

Uvidom u Potvrdu koju je izdalo Ministarstvo unutarnjih poslova PU Zagreb II Postaja prometne policije Zagreb (u daljem tekstu Potvrda) konstatujem da se dogodila saobraćajna nesreća /događaj u kojoj su učestvovali vozači :

1. Vozač teretnog vozila za koji je priključena prikolica
2. Vozač putničkog motornog vozila

Navedena Potvrda izdata je na zahtjev stranke zbog ostvarivanja prava po prometnoj nesreći /događju na cestama te se u druge svrhe ne može koristiti

U Potvrdi je navedeno da je mjesto događaja fotografisano ali navedene fotografije nisu dostavljene uz Potvrdu .

Vozač predmetnog teretnog vozila , koje nije direktno učestvovalo u saobraćajnoj nezgodi , podvrgnut je provjeri prisustva alkohola a to se vidi iz Zapisnika o ispitivanju prisutnosti alkohola kod lica koje vozač predmetnog vozila , PU Zagrebačka .

Provjera prisustva alkohola kod lica , u ovom slučaju vozača , koja su učesnici u saobraćajnoj nesreći /događaj potvrđuje učešće tih lica u predmetnoj saobraćajnoj nesreći /događaju

Prilikom kretanja po autocesti A3 predmetno teretno vozilo na dionici Buzin-Kosnica nailazi na saobraćajnu nesreću/događaj a zbog ovog vanrednog događaja vozač predmetnog teretnog vozila prisiljen je da , u svrhu izbjegavanja kontakta sa vozilima koji su već u kontaktu , forsirano koči predmetno teretno vozilo.

Prilikom kretanja teretno vozilo ,priključno vozilo i teret čine jednu cijelinu i isti skup posjeduje kinetičku energiju koja je u funkciji mase i brzine navedenih elemenata ove cjeline .

Prilikom forsiranog kočenja, a u svrhu izbjegavanja kontakta sa vozilima koji su već u kontaktu, preko kočionih sistema teretno i priključno vozilo smanjuju brzinu kretanja i time im se smanjuje kinetička energija i isti teže da se zaustave.

Teret , u ovom slučaju čelični profili ,posjeduje kinetičku energiju i zbog kočenja teretnog i priključnog vozila ista se pretvara u deformacioni rad na elementima veze terta i priključnog vozila . Takav deformacioni rad , u ovom slučaju , oštećuje elemente veze terta i priključnog vozila i teret se kreće nekontrolisano pravolinijski i pri tom kretanju oštećuje dijelove priključnog i teretnog vozila .

Uzrok nastanka štete je događaj kada se dogodila saobraćajna nesreća /događaj , posledica ovog događaja je nastanak štete

U skladu sa članom **17. Opštih uslova za osiguranje automobilske kasko nastala šteta je utvrđena na vozilu :**

- 1.teretnom vozilu kao djelimična šteta
2. priključnom vozilu kao totalna šteta

U ukupnu štetu, pored djelimične i totalne štete, treba računati i izmaklu korist i fiksne troškove poslovanja a to je definisano Posebnim uputstvom za procijenu i likvidaciju šteta na motornim vozilima (član 58) a to se računa :

1. teretno vozilo :

Vrijeme za popravku vozila : 16 +2 dana (primopredaja vozila)

$$14,8 : 16+2 = 2,9 \text{ dana}$$

- 2.Priključno vozilo

Totalna šteta= 30dana



PRIMJER II

- Postupajući po Naredbi Okružnog tužilaštva u Bijeljini izašao sam na lice mjesta gdje je dovežen skup vozila (TMV marke DAF i priključnog vozila marke SCHWARCMULLER) koji je učestvovao u požaru.

1. DAF FTXF 105

Uvidom u predočenu dokumentaciju (potvrda o registraciji) i podatke iz baze podataka o registrovanim vozilima konstatujem da se radi o vozilima sa sledećim tehničkim karakteristikama :

VRSTA VOZILA	N3- teretno
MARKA VOZILA	DAF
TIP	FTXF 105
MODEL	XF05EDN3
OBLIK KAROSERIJE	BC- TEGLJAČ SA SEDLOM
GOD. PROIZV.	2011 .god..

PREGLED I UTVRĐIVANJE OŠTEĆENJA NA VOZU DAF FTXF 105

Navedeno vozilo osigurano je po polisi i sa važećim tehničkim pregledom za navedeno vozilo .

Za ovu vrstu vozila predviđeno je Pravilnikom o tehničkom pregledu vozila (Sl. gl.BiH BR. 33/2019 član 18 stav 2) da se ista podvrgavaju tehničkom pregledu pa iz toga proizilazi da je predmetno vozilo , neposredno prije saobraćajne nezgode , bilo tehnički ispravno jer njegov tehnički pregled važeći

Pravilnikom o tehničkim pregledima vozila perviđena je i mogućnost obavljanja vanrednog tehničkog pregleda vozila (član 18 stav 8) nakon vanrednog događaja a taj vanrdni događaj , o vom slučaju, je požar predmetnog vozila .

Zbog opšteg stanja vozila nakon saobraćajne nezgode vanredni tehnički pregled se nije mogao izvršiti jer stepen oštećenja to ne dozvoljavaju.



Fotografija opšteg izgleda vozila



Fotografija mjesta veze predmetnog vozila i priključnog vozila Fotografija oštećenja predmetnog vozila



1. Fotografija oštećenja vozila (akumulator) 1.4.2. Fotografija oštećenja vozila (akumulator)

Zbog opšteg stanja vozila nakon požara , oštećenja na predmetnom vozilu takvog su obima i karaktera da se vozilo ne može startovati, odnosno pokretati, što je preduslov da se provjeri ispravnost na tehnološkoj liniji stanice tehničkog pregleda vozila: uređaja za kočenje, sistema za odvod izduvnih gasova, sistema za upravljanje i drugih elemenata vozila, čija se ispravnost provjerava prilikom tehničkog pregleda na tehnološkoj liniji, te sam pregled predmetnog vozila izvršen na parking prostoru . gdje predmetno vozilo doveženo

Uvidom na licu mjesta uočio sam da su oštećenja na vozilu nastala u predmetnom požaru kao posledica prenošenja požara sa priključnog vozila na predmetno vozilo i da nisu imali predhodnih oštećenja koja bi mogla biti uzročnici ovog požara .

2. SCHWARZMUELLER SPA 3/E

Uvidom u predočenu dokumentaciju (potvrda o registraciji) i podatke iz baze podataka o registrovanim vozilima konstatujem da se radi o vozilima sa sledećim tehničkim karakteristikama :

VRSTA VOZILA	O4- priključno vozilo
MARKA VOZILA	SCHWARZMUELLER
TIP	SPA 3/E
MODEL	3/E
OBLIK KAROSERIJE	DA OTVORENO
GOD. PROIZV.	2008 .god..

Navedeno vozilo osigurano je po polisi i sa važećim tehničkim pregledom za navedeno vozilo

Za ovu vrstu vozila predviđeno je Pravilnikom o tehničkom pregledu vozila (Sl. gl. BiH BR. 33/2019 član 18 stav 2) da se ista podvrgavaju tehničkom pregledu pa iz toga proizilazi da je predmetno vozilo , neposredno prije saobraćajne nezgode , bilo tehnički ispravno jer njegov tehnički pregled važi do

Pravilnikom o tehničkim pregledima vozila poviđena je i mogućnost obavljanja vanrednog tehničkog pregleda vozila (član 18 stav 8) nakon vanrednog događaja .

Zbog opšteg stanja vozila nakon požara i činjenice da je požar nastao na ovom priključnom vozilu vanredni tehnički pregled se nije mogao izvršiti jer stepen oštećenja to nedozvoljavaju. (fotografija broj 2.1)



2.1 Fotografija opšteg izgleda vozila

Daljim pregledom priključnog vozila konstatuiem da je požar nastao u zoni desnog točka treće osovine navedenog priključnog vozila (fotografija broj 2.1.1.) a da se požar proširio na pod priključnog vozila u blizini već zahvaćenog plamenom desnog točka (pneumatika desnog točka).

Stanje poda priključnog vozila sa donje strane pokazuje da je plamen od gorenja desnog pneumatika prinio na pod priključnog vozila

Nepravilan rad desnog točka treće osovine uočen je prilikom analize video zapisa sa video nadzora kružnog toka , u neposrednoj blizini gdje se vozilo zaustavilo zbog razvoja požara a to zaključujem uočavanjem crnog traga na podlozi puta nastalog od nepravilnog kretanja desnog točka treće osovine .



2.1.1 Fotografija opšteg izgleda vozikla



2.1.2 . Fotografija opšteg izgleda vozikla

Zbog nepravilnog rada desnog točka na trećoj osovini priključnog vozila došlo je do nepravilnog rada i lijevog točka treće osovine a kao posledicu istoga je oštećenje i lijevog pneumatika navedene osovine (fotografija broj 2.1.2)



2.1..3. Fotografija opšteg izgleda vozila

Pregledom priključnog vozila uočavam da je požar krenuo od desnog pneumatika treće osovine i da se od toga preneo na robu (fotografija broj 2.1.3)

Uvidom na licu mjesta uočio sam da su oštećenja na sistemu kočenja vozilom nastala u predmetnom požaru i da nisu imali predhodnih oštećenja koja bi mogla biti uzročnici ovog požara .

Nepravilan rad zadnjeg desnog točka na priključnom vozilu izazvao je destabilizaciju i nepravilno kretanje priključnog vozila a ta nepravilnost prenosi se na vučno vozilo i otežava kretanje ovog skupa vozila

Vozač skupa vozila nije postupio u skladu sa odredbama Pravilnika o načinu vršenja poslova i zadataka članova posade motornih vozila jer nije vršio u toku vožnje konstantno kontrolisao rad rad vozila (skupa vozila) i nije reagovao na nepravilan rad ovog skupa vozila (član 8) i nije obavijestio dispečera (vlasnika vozila) o nastalom kvaru i isključiti vozilo iz saobraćaja (član 16)

Nema mogućnost tehničkog pregleda TMV marke DAF , i priključnog vozila marke SCHWARCMULLER a ovim skupom vozila upravljao je vozač koji je učestvovao u požar na skupu vozila koji se dogodi .

Uvidom na licu mjesta uočio sam da su oštećenja na vozilu nastala u predmetnom požaru kao posledica prenošenja požara sa priključnog vozila na predmetno vozilo i da nisu imali predhodnih oštećenja koja bi mogla biti uzročnici ovog požara .

Nakon vizuelnog pregleda skupa vozila i uvidom u raspoloživu dokumentaciju konstatuje da . vozač skupa vozila nije postupio u skladu sa odredbama Pravilnika o načinu vršenja poslova i zadataka članova posade motornih vozila jer nije vršio u toku vožnje konstantno kontrolisao rad vozila (skupa vozila) i nije reagovao na nepravilan rad ovog skupa vozila (član 8) i nije obavijestio dispečera (vlasnika vozila) o nastalom kvaru i isključiti vozilo iz saobraćaja (član 16)

Na osnovu predhodnih radnji na analizi navedenih primjera mogu dati sledeće zajedničko

ZAKLJUČAK

PRIMJER I

Prilikom utovara stvari vozač je obavezan prisustvovati utovaru vozila kojim upravlja što je isti i učinio

Obveze firme koja vrši otpremu robe uključuju : pravilno slaganje, vezivanje, uklinjavanje, vezivanje i učvršćivanje tereta tako da tokom normalnog prevoza u svakodnevnom saobraćaju (čak i u ekstremnim situacijama) sile koje djeluju na vozilo ne ugroze ili oštete robu, osobe ili vozila i te aktivnosti su uredno sprovedene, ali je oštećenje osiguranih stvari nastalo kao posledica iznenadnih i od osiguranikove ili vozačeve volje nezavisnog događaja .

PRIMJER II

Uvidom na licu mjesta uočio sam da su oštećenja na vozilu nastala u predmetnom požaru kao posledica prenošenja požara sa priključnog vozila na predmetno vozilo i da nisu imali predhodnih oštećenja koja bi mogla biti uzročnici ovog požara .

Nakon vizuelnog pregleda skupa vozila i uvidom u raspoloživu dokumentaciju konstatuje da . vozač skupa vozila nije postupio u skladu sa odredbama Pravilnika o načinu vršenja poslova i zadataka članova posade motornih vozila jer nije vršio u toku vožnje konstantno kontrolisao rad vozila (skupa vozila) i nije reagovao na nepravilan rad ovog skupa

vozila (član 8) i nije obavijestio dispečera (vlasnika vozila) o nastalom kvaru i isključiti vozilo iz saobraćaja (član 16)

LITREATURA

1. Pravilnik o načinu obavljanja poslova i zadataka članova posada motornih vozila (Sl. Glasnik RS broj 101/2009)
2. Njemački propisi o dopuštenju upotrebe vozila u prevozu
3. Opšti uslovi za osiguranje automobilske kasko
4. Zakon o osnovama bezbjednosti na putevima u BiH

INNOVATIONS IN COOPERATIVE TRANSPORT I TRANSPORT LOGISTICS

Abstract: *The aim of this paper is to indicate significant changes and innovations in cooperative transport and traffic logistics. In the paper, the co-authors indicate, based on empirical research from the rich practice of forensic expertise in the field of mechanical engineering and traffic, new technologies, knowledge and abilities in this field. The starting hypothesis of the work starts from the fact that cooperative transport represents a system in which several companies, organizations or individuals form a continuous transport chain with the aim of optimizing logistics processes and sharing resources, information and infrastructure.*

Keywords: *traffic, logistics, expertise, vehicles.*

OSTALO

PRETEČA PRAVA OSIGURANJA U ANTICI

Prof.dr. Dževad Drino¹

Levius laedit quiquid praevidimus ante
Manje nas pogađa ono što smo ranije predviđjeli
(Cato- Dis. De mor. 2,24.)

Sažetak

Pravo osiguranja, koje je danas neophodno za sigurno obavljanje različitih pravnih poslova, čini sastavni dio trgovačkog prava i prisutno je kod različitih kontrakata, bilo je u osnovu poznato drevnim trgovačkim narodima: Feničanima, Rimljanima i Grcima. Djela rimskih historičara Tita Livija, Svetonija, kao i Ciceronova pisma potvrđuju da se pravo osiguranja koristilo, iako osiguranje od rizika nije bilo razvijeno i široko rasprostranjeno. Tit Livije bilježi da su ugovaratelji trgovci koji su prevozili robu za vojne potrebe trupama u Španiju imali garant da će troškove u slučaju gubitka i opasnosti na moru snositi država. U drugom odlomku Livije daje detaljan opis prevara koje je počinio publikan Postumius tokom II Panskog rata, lažno tvrdeći da su njegovi brodovi koji su učestvovali u javnoj službi uništeni. Postumius je, prema zapisima, vraćao sa puta olupine koje su namjerno uništene, kako bi naplatio odštetu koju je država garantovala. Svetonije, opisujući život cara Klaudija, navodi da je imperator, kako bi podstakao uvoz kukuruza, preuzeo na sebe rizik od gubitaka koji bi mogli zadesiti trgovce na moru. Ciceron u pismu Caniniusu Sallustu, prokvestoru, kaže kako smatra da osiguranje treba postojati u bilo kojem slučaju transporta javnih dobara (posebno novca) iz antičkog grada Loadicea i kako bi obje strane trebale biti zaštićene od rizika transporta. Iz navedenog je vidljivo kako su transakcije blisko povezane sa osiguranjem postojale u antičkom svijetu te kako antički pisci daju dokaze da je koncept bio poznat ako ništa, u komercijalne svrhe u trgovini.

Ključne riječi: *pravo osiguranja, antika, historijat, izvori.*

Uvod

Sama riječ osiguranje na različitim jezicima, pored svoga pravnog i ekonomskog značenja, sadrži i ono šire značenje koje govori o pojmu sigurnosti, povjerenja i zaštite, ono omogućava obnovu uništenog, i vremenom se pretvorilo u naučnu disciplinu- pravo osiguranja.²

Istraživanje njegove historije pokazuje i njegov razvoj od tzv. aleatornih ugovora, sa osnovnim funkcijama zaštite, finansisjke akumulacije ali i opće društvenu funkciju. Izvorna vrela kroz historiju ukazuju na poznate različite teorije o postanku ovog prava; pojedini autori, kao što su Grotius³, Bynkershoek⁴, Marshall i Hopkins smatraju kako pravo osiguranja nije bilo razvijeno u antičkom svijetu, bez detaljnijeg sagledavanja ovoga starog pravnog posla. Dok Alferd Manes smatra da se osiguranje javlja tek od XIV stoljeća, a da su se do tada primjenjivali različiti

¹ Pravni fakultet Univerziteta Privredna Akademija Brčko, dzevad.drino@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4488-9449

² M.Džidić, M.Čurković, *Pravo osiguranja*, Pravni fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar 2017., 21.

³ Grotius, *De Jure Belli et Pacis*, II, 12, 3, 5.

⁴ Bynkershoek, *Quest, Juris Pub. i*, 21. "Adeo tamten ile contractusolit fuit incogtitus, ut ntec tnomen ejus, nec rem ipsamt in jure Romano."

instituti koji su u sebi imali tragove osiguranja;⁵ mnogi autori nalaze njegove tragove u dalekoj antici, pogotovo u rimskom pravu!⁶ Razlike u tumačenjima pripisuju se najčešće užem i širem tumačenju samog pojma osiguranja, ugovori o osiguranju onakve kakve ih danas poznajemo, nisu bili uvršteni u drevne zakone, a njihova primjena je bila rijetka i selektivna.. Ipak, ukoliko se šire tumači pojam osiguranja, kao „bilo koja konvencionalna radnja kojom jedna ili više osoba preuzme rizik od opasnosti kojoj su drugi izloženi i na taj način prihvati dogovor za pomoć u nezgodi“- onda je sam institut osiguranja poznat koliko i samo čovječanstvo.⁷ Prvi takvi primjeri nalaze se kod Kineza u čijem se sistemu pri transportu robe brodom, u slučaju gubitka broda vlasniku nadoknađivala šteta, a ako brod stigne na destinaciju vlasnik je bio dužan da isplati određeni dio dobiti.⁸ Naime, trgovci su prevozeći terete preko velike rijeke Jang ce, gdje su bili brzaci i podvodne stijene, prekrcavali teret u manje čamce kako bi smanjili izloženost riziku potonućća ili štete. U slučaju nezgode, vlasnici roba koji nisu pretpjeli štetu, dijelom svoje robe su nadoknađivali štetu oštećenim trgovcima i time je provedena ideja o raspodjeli velikogrizika na više manjih. U prvim najstarijim zakonicima na svijetu dolazi do izražaja odgovornost brodarka za nemar i štetu.⁹ Najveći pravni spomenik staroga Istoka, Hamurabijev zakonik (oko 1750.g. stare ere), pored naknade štete daje i prve elemente kolektivne solidarnosti vlasnika karavana u slučaju iznenadne oružane pljačke.¹⁰ U Siriji i Palestini i stočari su osnivali fondove za nadoknadu štete članu, ako bi došlo do razbojništva i otimanja stada.¹¹ Historija osiguranja seže u daleku prošlost, razvijajući se iz potrebe za zaštitom trgovine i imovine. Začeci potiču, rekost, iz drevne Kine (oko 3000. pr. Kr.) i Babilona, gdje su trgovci dijelili rizik prijevoza robe, a moderni oblici osiguranja razvili su se iz pomorskog prava i osiguranja brodova tijekom srednjeg vijeka. Tako dolazimo i do prvih ključnih epoha u razvitku osiguranja; antike, gdje staro babilonsko pravo bilježi korištenje kod karavana sistema “zajedničke štete”, što se prenosi u kasnije grčke zakone; srednjeg vijeka, kada dolazi do određenja modernog pojma osiguranja. Atinski zakonodavac Solon koji je živio od 640. do 588. godine prije nove ere objedinjuje pripadnike istog filozofskog ili političkog ubjeđenja u društva zvana heterije, kao nosioce uzajamnog osiguranja od potencijalne nesreće jednako vjerovatne za svakog pojedinca. Najstarija poznata Notarska isprava o pomorskom osiguranju je pronađena u Genovi i izdana je 23 oktobra 1347 godine dok je prva samostalna polica osiguranja izdana 1384 godine u Pisi, pa italijanskim gradovima pripada prioritet modernog regulisanje ugovora o osiguranju.Vrlo značajno mjesto u razvoju pomorskog osiguranja pripada i Dubrovniku gdje je 1562 godine izdan Zakon o pomorskom osiguranju '*Ordo super assecuratoribus*' koji se smatra jednim od najstarijih, ako ne i najstariji zakonski akt koji sistematski reguliše odnose iz osiguranja na ovim širim prostorima.

Babilon

Babilon je bila zemlja prirodno neopskrbljena materijalima za gradnju, pamukom, vunom, svilom, draguljima, kožama, što je sve pogodovalo izvozu i razvoju trgovine.¹² Isprva su veliki poljoprivredni proizvođači upošljavali svoje robove ili rođake da raznose robu i naprave kratka

⁵ Alfred Manes, *Verisicherungswesen*, Berlin 1924.

⁶ D.Ogrizović, *Ekonomika osiguranja*, Sarajevo 1985., 95.

⁷W. R. Wance, *The Early History of Insurance Law*, u: *Columbia Law Review*, Vol. 8, No. 1 , Columbia Law Review Association, Inc., 1908, 1-17. Dostupna elektronska verzija na: <http://www.jstor.org/stable/1109564>, pristup 10.10.2015.

⁸C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009, 329.

⁹ *Bilalamov zakonik ili Zakonik grada Ešnune*, najstariji poznati akadski tekst, nastao oko 1980.godine stare ere, u članu 5 utvrđuje odgovornost brodarka- vidi u: Dž.Drino, *Drevno pravo/Ancient Law*, Pravni fakultet u Zenici, Zenica, 2021., 40-44.

¹⁰ *Hamurabijev zakonik*, 47-84., u: Dž.Drino, *Drevno pravo/Ancient Law*, Pravni fakultet u Zenici, Zenica 2021.

¹¹o.c., 283.

¹² C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009, 5-6.

trgovačka putovanja kao njihovi predstavnici; ovi zaposlenici nisu bili partneri, već jednostavno njihove sluge, bez ikakvih odgovornosti ali i bez udjela u očekivanom profitu.¹³ Kada je, međutim, proizvodnja postala veća nego što je dovoljno da se zadovolje potrebe domaćeg tržišta, postalo je neophodno da proizvođači prošire svoje pogone i traže udaljenija tržišta. Da bi to postigli, bili su primorani da koriste druge načine slanja svoje robe za inostrana trgovačka središta, gdje su slali svoje trgovce i ustanovljavali svoja predstavništva i kolonije. Kao posljedica toga, postalo je ustaljeno da proizvođač ili finansijer ima velike zalihe robe ili novca na raspolaganju, uz zapošljavanje svojih vlastitih trgovačkih putnika ili posrednika kako bi pronašli zamjenu za ono kako danas nazivamo modernog komercijalnog putnika. Proizvođači su ulazili u poslovne odnose sa *Damkarom* (vrstom prodavača ili trgovca karavanom), opskrbljujući ga robom (ili novcem) sa kojim je prodavac mogao napraviti trgovačko putovanje.¹⁴ Ovaj je trgovac kao zalog za pozajmicu davao „sebe, svoju porodicu i imovinu, u gradu i državi, na cesti, ili u zalihama.“¹⁵ Kamata ili bonus koji je plaćao iznosio je polovinu njegovog profita - ako je ugovorena polovina prekoračivala 100 procenata zajma, a ako nije - on je plaćao minimalnu kamatu od 100 procenata na zajam ili 100 procenata samo na zajam kolika god bila njegova dobit ili gubitak, uz refundiranje kapitalne vrijednosti uzajmljene robe.¹⁶ Iznos kamate na bilo koju datu transakciju ostajao je isti bez obzira na dužinu perioda tokom kojeg je trgovac odsutan dok je na trgovačkom putovanju. Ovaj oblik sporazuma je naizgled dobro funkcionisao u mnogim slučajevima, ali je takvim trgovcima stvarao velike teškoće, jer su česte bile nesreće i gubici robe usljed napada pljačkaša i zbog tuđe, a ne svoje, krivice i nemara. Pljačke karavana su se često dešavale, posebno kada su se trgovačka putovanja obavljala u slučajevima oružanih ratova, buna ili opće nestabilnosti. Rezultat toga je da su mnogi od ovih trgovaca bili u nemogućnosti da ispune svoj dogovor na vrijeme, i kao posljedica toga, oni i njihove porodice su postali apsolutno vlasništvo njihovih nadzornika, po čijoj odluci su mogli biti zadržani ili prodati kao robovi, ili čak biti ubijeni. Kako je stanje postajalo nepodnošljivo, postepeno je došlo do sljedećeg dogovora: prodavac je davao robu trgovcu koji bi mu zauzvrat uručivao zapečaćen podsjetnik ili listu koja je sadržavala vrijednost robe uz sporazum da su sigurnost i iznos otplate kamate isti kao one unaprijed navedene; ali da bi, u trenutku kada bi bio opljačkan tokom trgovačkog putovanja, zbog tuđeg nemara ili prisilnog pristanka, dajući svečanu izjavu u tu svrhu, trebao biti oslobođen duga (i uzajmljenog iznosa koji je donesen 1750. godine pr.n.e.).¹⁷ Navedene odredbe tzv. babilonski ugovor o karavani opisan je čl. 100. do 103. Hamurabijevog zakonika.¹⁸ Pored navedenog, Hamurabijev zakonik svjedoči o postojanju odredbe o zaštiti stranaca u slučaju pljačke u gradu, ali i o međusobnoj obavezi učesnika trgovačkog karavana da nadoknade štetu koja bi nastala u slučaju pljačke. Naime, prema Hammurabiju, grad u kojem bi bilo koji čovjek bio lišen svoje imovine, treba biti pod obavezom da mu nadoknadi gubitak, a ukoliko se radi o smrtnom slučaju, porodica unesrećenog ima pravo da se obešteti iz javne riznice.¹⁹

Fenikija

Fenikija je od 1600. do 1000. godine p.n.e. bila ogromna pomorska snaga Mediterana. Bila je država pomorske trgovine, pomorsko-tržišno i trgovačko središte, i na neki način veza između

¹³ C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009, 5.

¹⁴ Hamurabijev zakonik: „Ako čovjek da srebro drugom čovjeku kao ulog u njihov ortački rizični poduhvat, pred bogovima neka dijele na ravne dijelove bilo dobit bilo gubitak“-u: Dževad Drino, *Drevno pravo/Ancient Law*, Pravni fakultet Univerziteta u Zenici, Zenica 2021., 60.

¹⁵ Ibid, 6.

¹⁶ Ibid. 7.

¹⁷ C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009, 6.

¹⁸ Nikol Žiha, *Fenus nauticum kao preteča prava osiguranja*, doktorska disertacija, 2012, 12.

¹⁹W. R. Wance, *The Early History of Insurance Law*, u: *Columbia Law Review*, Vol. 8, No. 1, Columbia Law Review Association, Inc., 1908, 5.

tri kontinenta tada poznatog svijeta. Da bi razvila svoju obimnu i rasprostranjenu trgovinu, bila je primorana da osnuje kolonije i trgovačka skladišta za svoju robu u različitim zemljama koje su graničile na Mediteranu.²⁰ Sami Feničani su stoljećima učili poslovne navike od Babilonaca sa kojima su imali najbliže trgovačke veze; Babilonci su bili vodeći u kopnenoj trgovini Male Azije, a Feničani veliki prekomorski trgovci i prijevoznici.²¹ Kako se babilonska trgovina odvijala kopnenim saobraćajem, bili su osiguravani samo oni gubici u slučaju putovanja kopnom. Fenički koncept pomorske havarije primitivniji je i bitno se razlikuje od onog reguliranog rodskim zakonom- to upućuje na zaključak, da je institut reguliran feničkim pravom prethodio onom grčkom.²² Jevreji su bili u stalnim trgovačkim odnosima s Feničanima, posebno sa gradovima Tirom i Sidonom, te su sporove proizašle iz takvih odnosa rješavali pred rabinskim sudovima koji su tim slučajevima primjenjivali feničko pravo- budući da na njega upućuje Talmud i na taj način su rabini na raznim mjestima u Talmud preuzeli pravila iz rimske Fenicije: „*Oni koji plove imaju pravo postaviti uvjet, da ako se brod razbije, platit će im se drugi. U slučaju ako bi kapetan otišao na mjesto gdje brodovi ne bi trebali ići, ne treba mu se platiti.*“²³

Rimsko-pravno uređenje osiguranja

Društva slična grčkim (*Eratoi* i *Thiasoi*) postojala su i u starom Rimu, pod nazivom *Collegia*. Njihova uspostava, po legendi, pripisuje se kralju Numi Pompiliju²⁴. Ona takođe vrše ulogu sličnu današnjim osiguravajućim kućama, nudeći i pružajući pomoć bolesnim i starijim članovima, te snoseći troškove pokopa umrlih. U Lanuviumu, rimskom gradu udaljenom 15 kilometara od Rima pronadjen je mramor sa natpisom koji sadrži dijelove ustava i propisa koji se odnose na *Collegie* u vrijeme rimskog cara Hadriana²⁵: „1. *Udruženje (collegium) utemeljeno na osnovu udredbi rimskog senata i naroda, u čast Diane i Antinousa, odobreno dekretom ima privilegiju održavanja sastanaka i zajedničkog djelovanja. Svako ko želi plaćati mjesečnu pretplatu za pogrebne obrede može pristupiti sastanku, ali ne više od jednom mjesečno i to samo u svrhu doprinosa za sahranu mrtvih.* 3. *Vi koji želite postati novi članovi ovog udruženja prvo pročitajte zakone pažljivo, kako ne bi poslije žalili ili ostavili predmet spora svojim nasljednicima.* 4. *Svako ko želi biti član udruženja ima obavezu platiti članarinu u iznosu od sto sestercija, dati amforu dobrog vina i platiti mjesečnu članarinu u naturi, 5 magaraca.* 5. *Onaj ko izostane u plaćanju članarine nekoliko uzastopnih mjeseci, a zadesi ga sudbina čovječanstva, društvo neće platiti troškove pogreba, iako je sastavio oporuku.* 6. *Riješeno je da će nakon smrti bilo kojeg člana udruženja koji je isplaćivao svoje obaveze, za njega iz riznice biti izdvojeno 300 sestercija: od čega će 50 sestercija biti izdvojeno za spaljivanje tijela. Pogrebna povorka ide pješice.* 7. *Riješeno je da pogrebne obrede neće imati onaj koji na bilo koji način i iz bilo kojeg razloga izazove svoju smrt.* 8. *Riješeno je da, svaki član udruženja može slobodno, kada želi, doprinijeti amforu dobrog vina.*“²⁶

Rimski kolegiji nisu bili prihvaćeni od strane careva, ali ipak su nastavili postojati sa ograničenim funkcijama i utjecajem. Rimski kroničar Svetonije donosi svjedočanstvo kako je imperator Klaudije²⁷, kako bi podstakao uvoz kukuruza, preuzeo rizik od gubitaka koji bi mogli

²⁰ C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009, 7-8.

²¹ Ibid.

²² Nikol Žiha, *Fenus nauticum kao preteča prava osiguranja*, doktorska disertacija, 2012, 26.

²³ Ibid.

²⁴ Prema predanju, Numa Pompilije (*Numa Pompilius*) je bio drugi kralj Rima, poslije Romula. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 147.

²⁵ Car Hadrijan (24. I. 76. – 10. VII. 138. god. n. e.), vladao je od 10. VIII. 117. do 10. VII. 138. god. n. e. Po rođenju se zvao *Publius Aelius Hadrianus*, a kao princeps *Caesar Publius Aelius Traianus Hadrianus Augustus*. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 1648.

²⁶ W. R. Wance, *The Early History of Insurance Law*, u: *Columbia Law Review*, Vol. 8, No. 1, Columbia Law Review Association, Inc., 1908, 4.

²⁷ Klaudije (živio od 1. VIII. 10. p. n. e. – 13. X. 54. god. n. e.) je vladao od 24. I. 41. do 13. X. 54. god. n. e. Po

zadesiti trgovce na moru: "*Namt et negotiatoribus certa lucra proposuit, suscepto in se damno, si cui quid per tempestates accidisset, et naves mercatura causa, fabricantibus magna commoda constituit.*"²⁸ Klaudije je imao i izraženu želju da se poveća količina obradive i plodne zemlje u Italiji,²⁹ pa je država je na sebe preuzimala i osiguranje brodova trgovaca i prevoznika žita i druge hrane koji bi bili voljni da rizikuju putovanje Sredozemnim morem van sezone. Date su i posebne privilegije ovim mornarima, povučeni su i porezi koje je Kaligula uveo na hranu, a smanjivani su porezi na zajednice koje su patile od suše, gladi ili drugih nepogoda.³⁰

Poznati rimski pravnik i govornik Ciceron, u pismu *Caniniusu Sallustu*, prokvestoru, navodi kako smatra da osiguranje treba postojati u bilo kojem slučaju transporta javnih dobara (posebno novca) iz antičkog grada Loadicea, navodeći kako bi obje strane trebale biti zaštićene od rizika transporta: "*Laodicea me ipredcs accepturum arbitror omntis pecunice publics, ut et itihi et populo cautufl sit sine vecturce periculo.*"³¹ Ipak, prema Plutarhu, Ciceronov prijedlog nije mogao biti u široj upotrebi, a kao primjer navodi dosjetljivost Katona Mlađeg³² koji je koristio posebnu tehniku kako bi spriječio gubitke na moru prilikom prevoza javnog/državnog novca iz Kipra u Rim. Novac je stavljan u veći broj malih bačvi koje su dugim konopcima bile povezane za plutanaj na taj način pošiljke su sa vrlo malo gubitaka stizale u Rim.³³

Livije navodi slučajeve iz prakse, u kojima rimska republika obeštećuje za gubitke one koji se bave prevozom vojnih zaliha, pod uvjetom da su gubici nastali usljed napada neprijatelja ili nesreća na moru: "*ut quce in naves imposuissent ab hostiurm tempestatisve vi publico periculo essent.*"³⁴ To je nesumnjivo vrsta osiguranja, ali u ograničenom smislu. U drugom odlomku Livije navodi detaljan opis prevara koje je počinio *Postumius*³⁵ tokom II Panskog rata, lažno navodeći da su njegovi brodovi koji su učestvovali u javnoj službi uništeni. *Postumius* je, prema zapisima,

rođenju se zvao *Tiberius Claudius Drusus*, od 4. god. n. e. *Tiberius Claudius Nero Germanicus*, da bi dolaskom na čelno mjesto Rimske Države nosio ime *Tiberius Claudius Caesar Augustus Germanicus*. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 1459.

²⁸ Suetonius, lib. 5, c. 18.

²⁹ Ovo je trebalo biti učinjeno isušivanjem Fucinskog jezera (kojim bi se riješilo i pitanje močvarnog područja), ali je posao u dva navrata (ukupno je trajao 11 godina i na njemu je radilo 30 000 ljudi) bio trajavo i loše rađen, i puni rezultati su izostali. August i pored upornih molbi lokalnog stanovništva nije htio započeti ovaj mega projekt. Isušivanje jezera su pokušali i Trajan i Hadrijan, te u srednjem vijeku sveterimski car Fridrih II., i tek je u XIX. st. to konačno učinjeno. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 1480.

³⁰ Djelovanje u ovom pravcu klaudijevske administracije, kao i postupanje tiberijanskog režima sa područjima zapadnog dijela Male Azije koje je pogodio težak zemljotres pokazuju da je Rimska državni vrh u vrijeme ranog principata imao izražen osjećaj o solidarnosti i potrebu za pomoći, i da je bio spreman da djeluje u okviru općih interesa. Jednostavno rečeno, rimsko društvo se zasnivalo i na prisutnim i održanim javnim vezama koje su pojedincima i zajednicama garantirale stabilnost i ispomoć u slučaju potrebe. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 1480.

³¹ Cicero, Epist. ad Fam., lib. II, Epist. 17.

³² Posebno mjesto među tradicionalistima, koji su isticali vrijednosti i norme starog republikanskog sustava (naravno sa dominacijom nobiliteta) zauzimao je Marko Porcije Katon Mlađi (kasnije u historiografiji prozvan Utički. Marcus Porcius Cato Uticensis). On je rođen 95. god. p. n. e., još od najranije mladosti Katon Mlađi se isticao nizom vrlina i sposobnosti. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 582.

³³ W. R. Wance, *The Early History of Insurance Law*, u: *Columbia Law Review*, Vol. 8, No. 1, Columbia Law Review Association, Inc., 1908, 2.

³⁴ Tit Livije, *Ab urbe condita*, Beograd 1971., 44-Livy, lib. 23, c. 49. "*Ut quce in naves imposuissent ab hostiurmtempestatisve vi publico periculo essent.*"

³⁵ Aulus Postumius Albinus; konzul za 151. god. p. n. e. Vidi: Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013, 35.

vraćao sa puta olupine koje su namjerno uništene, kako bi naplatio odštetu koju je vlada garantovala.³⁶

Vratimo se rimskopravnim osnovama: na grčkom otoku Rodosu se u trećem vijeku prije nove ere razvija i produbljuje pomorski zajam koji veoma podsjeća na klasično osiguranje zasnovano na naplati premije, ovakav vid pomorskog zajma koristili su atinski Grci u šestom vijeku prije nove ere, a nešto kasnije i Rimljani. Naime, Rodoski zakon je preuzet u rimsko pravo kao *Lex Rhodia de iactu* još u doba republike i nazvan je tako jer prvi utvrđuje pravila o tzv. zajedničkoj havariji po slijedećem: ako za vrijeme prijevoza dođe do žrtvovanja dijela tereta radi spasavanja broda i ostalog tereta (*iactus mercium navis levandae gratia*), nastalu štetu srazmjerno snose vlasnik broda i vlasnici spašene robe.³⁷ Pravila o raspodjeli štete, po današnjem pomorskom pravu- zajednička havarija, javlja se kod Feničana, preuzetra u praksu grčkog ostrva Rodosa po kome je i dobila ime. Temeljno načelo se u praksi svodila na ovakvo ponašanje: ako za vrijeme prijevoza roba treba jedan dio tereta žrtvovati radi spašavanja broda i ostalog tereta (*iactus mercium navis levandae gratia*), nastalu štetu srazmjerno snose vlasnik broda i vlasnik (vlasnici) spašene robe. Zahtjev u tom smislu mogli su postaviti vlasnici propale ili oštećene robe pomoću tužbe *actio locati*, a ovaj je pomoću tužbe *actio conducti* mogao od vlasnika spašene i uredno prevezene robe tražiti razmjerno namirenje nastale štete. Zapovjednik broda imao je uz to i pravo zadržavanja (*retentio*) robe dok mu šteta ne bude namirena.³⁸

Inače pomorski zajam (*fenus nauticum*) predstavlja specifičan oblik zajma kao pravnog posla pod suspenzivnim uslovom, koji je visokom kamatnom stopom (kod Justinijana 12%) imao faktičku ulogu osiguranja pomorskog poduhvata. Sam ugovor o pomorskom prevozu zaključivan je u obliku *locatio conductio rei* i *operis*, a pretor je odobrio korištenje i tzv. *receptum nautarum*.³⁹ Pomorski zajam predstavljao je kapital koji se stavljao na raspolaganje trgovcu radi pomorskog pothvata i vraćao uz kamate samo u slučaju sretnog povratka broda i robe u luku.⁴⁰ Zajam se davao uz klauzulu *salva nave*, odnosno da vjerovnik ima pravo potraživati kapital samo ako brod sretno stigne u odredišnu luku.⁴¹ Justinijan je definitivno uredio pitanje kamate kada je gornju granicu postavio na 6% godišnje (*dimidia centesima*), izuzetno za trgovce 8%, dok je za pomorski zajam bila maksimalna u iznosu od 12%.⁴² Pored *fenus nauticum*, u antičkoj Grčkoj su još u 3. stoljeću stare ere postojala društva poznata kao *Eratoi* i *Thiasoi*, što su preuzele i rimske bratovštine, koja su po svojoj prirodi navedena društva bila religijska i ritualna, ali jedna od njihovih osnovnih funkcija je bila snošenje troškova sahrane za vlastite članove, kao određen vid posmrtnog osiguranja, i danas prisutnog u savremenom svijetu.

Raspadom rimskog carstva u 5. stoljeću, nastupanjem ranog srednjeg vijeka praksa osiguranja se gubi i do 11. stoljeća nema tragova organizovanog osiguranja. Tek pod utjecajem srednjovjekovnog *lex mercatoria* kao međunarodnog trgovačkog prava pojavljuju se svojevrzne zajednice rizika, u smislu osiguranja koji svojim članovima obezbjeđuju naknadu štete.⁴³ Širenjem trgovine i razmjene dobara u srednjem vijeku, a posebno na i oko Mediterana, pojavila se potreba za aerodinamičnijim, svrhovitijim mehanizmom za prijenos rizika u trgovini od jedne osobe do druge. Ova potreba nije zadovoljena neposrednim stvaranjem novog oblika ugovora, već postepenom adaptacijom postojećih oblika ugovora, od kojih je najvažniji bio pomorski zajam. Osiguranje se u početku još uvijek ne izdvaja jasno iz pomorskog zajma, ali kada je

³⁶ Livy, lib. 25, c. 3.

³⁷ Corpus iuris civilis, Digeste 14,2,1. Paulus libro secundo sententiarum: *Lege Rhodia cavetur, ut, si levandae navis gratia iactus mercium factus iest, omnium contributione sarciatur quod pro omnibus datum est.*

³⁸ Ante Romac, *Rimsko pravo*, II izdanje, Narodne novine, Zagreb 1987., 317.

³⁹ Dževad Drino, *Istorija pravnih institucija*, B. Gradiška 2014., 102-103.

⁴⁰ Nikol Žiha, *Fenus nauticum kao preteča prava osiguranja*, doktorska disertacija, 2012, 2.

⁴¹ o.c., 25.

⁴² Ante Romac, *Rimsko pravo*, II izdanje, Narodne novine, Zagreb 1987., 266.

⁴³ J. P. Van Niekerk, *The Development of the Principles of Insurance Law in the Netherlands from 1500 to 1800*, Juta&Co, LTD, 1998, 179.

katolička crkva 1230. godine počela da zabranjuje naplaćivanje zelenaških kamata na pomorski zajam, osiguranje postaje samostalni institut.⁴⁴

Zaključak

Starom svijetu nije bio poznat ugovor o osiguranju u današnjoj modernoj formi, korišteni su različiti mehanizmi prenosa rizika koji u primitivnom smislu ipak ispunjavali komercijalnu funkciju današnjeg osiguranja. Rimljani ne samo da su bili upoznati sa principima kao što je apsolutni gubitak/oštećenje (*general average*, *generalna havarija*) koji je uključivao podjelu i širenje rizika u određenim situacijama i uslovima, već su također koristili ugovorne odredbe prenosa rizika kod običnih ugovora o zajmu, prodaji, transportu i razmjeni, kako bi prenijeli rizik gubitka ili oštećenja dobara od jedne strane do druge. Najistaknutiji primjer ovog posljednjeg bio je pomorski zajam (*fenus nauticum*), novčani zajam u vezi sa pomorskim trgovačkim poduhvatom koji je omogućavao zajmoprimcu da opremi svoj brod ili da stekne sredstva sa kojima je namjeravao trgovati. U smislu zajma, zajmodavac je preuzimao rizik sigurnosti tog poduhvata zbog odredbe da je zajam, zajedno sa kamatom (*usurae*) na taj zajam, otplativ samo po sigurnom dospijeću broda ili dotičnih dobara na ugovoreno odredište. Kamata koja se naplaćivala na pomorski zajam tada je bila viša nego inače, jer je uključivala premiju koja je predstavljala kompenzaciju za zajmodavca u slučaju rizika koji je na sebe preuzimao, da bi povratio svoj kapital i utvrđenu kamatu. Ali ugovor o osiguranju u svojoj modernoj formi kod koga je prenos rizika osnovni predmet ugovora i nije povezan niti zavisi od drugog ugovora kao što je taj o zajmu- bio je nepoznat u rimskom pravu. Od skromnih početaka i preteče u pomorskom prevozu roba, kao mediteranska pomorska tradicija početno Fenikije, kasnije Helade, potom Rima, postepeno se uobličava u institut zaštite stranaka u saobraćaju, da bi tek sa srednjovjekovnim *Lex mercatoria* dobio definitivno uobličenje zasebnog instituta, kasnije pravne grane- prava osiguranja.

Literatura

1. Alfred Manes, *Verisherungswecen*, Berlin 1924.
2. Ante Romac, *Rimsko pravo*, II izdanje, Narodne novine, Zagreb 1987., 317.
3. Bynkershoek, *Quest, Juris Pub.*, Roma 1973.
4. C. F. Trenerry, *The Origin and Early History of Insurance: Including the Contract of Bottomry*, The Lawbook Exchange, LTD, Clark, New Jersey, 2009,
5. *Corpus iuris civilis*, Berlin 1902., Digeste 14,2,1.
6. D.Ogrizović, *Ekonomika osiguranja*, Sarajevo 1985
7. Dž.Drino, *Drevno pravo/Ancient Law*, Pravni fakultet u Zenici, Zenica, 2021
8. Dževad Drino, *Istorija pravnih institucija*, B. Gradiška 2014.,
9. Grotius, *De Jure Belli et Pacis*, Leiden 1886.
10. J. P. Van Niekerk, *The Development of the Principles of Insurance Law in the Netherlands from 1500 to 1800*, Juta&Co, LTD, 1998, 179.
11. M.Boras- L.Margetić, *Rimsko pravo*, Zagreb 1980., 45., A.Egersdorfer, *Predavanje o institucijama rimskog prava*, Zagreb 1915/1917.,
12. M.Džidić, M.Ćurković, *Pravo osiguranja*, Pravni fakultet Sveučilišta u Mostaru, Mostar 2017., 21.
13. Nikol Žiha, *Fenus nauticum kao preteča prava osiguranja*, doktorska disertacija, Pravni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek 2012.

⁴⁴ M.Boras- L.Margetić, *Rimsko pravo*, Zagreb 1980., 45., A.Egersdorfer, *Predavanje o institucijama rimskog prava*, Zagreb 1915/1917., 34.

14. Salmedin Mesihović, *Edicija XII stoljeća rimskog svijeta*, Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 2013,
15. Tit Livije, *Ab urbe condita*, Beograd 1971.
16. W. R. Wance, *The Early History of Insurance Law*, u: *Columbia Law Review*, Vol. 8, No. 1, Columbia Law Review Association, Inc., 1908, 1-17. Dostupna elektronska verzija na: <http://www.jstor.org/stable/1109564>, pristup 10.03.2026.

THE FORERUNNER OF INSURANCE LAW IN ANTIQUITY

Abstract:

The practice of insurance that it is still necessary for the safe conduct of trade and is an integral part of various modern legal affairs, was known to the ancient trading nations: the Phoenicians, Romans and Greeks. Works of Livy, Suetonius, and Cicero's letters confirm that insurance was used, although insurance from the risk was not very developed and widespread. Livius states that the contractors-traders carrying goods for the military troops in Spain had a guarantee that the costs in the event of loss and sea hazards will be borne by the government. In the second paragraph Livius gives the detailed description of the fraud committed by Postumius during the Second Punic War, who falsely alleged that his ships that participated in the public service had been destroyed. Postumius, according to records, returned from a journey wrecks that were deliberately destroyed, in order to collect compensation guaranteed by the government. Suetonius, describing the life of Claudius points out that the emperor, in order to encourage imports of corn, took the risk of losses that might happen to traders at sea. Malynes concludes that Claudius gave the "most convincing insurance". Cicero in a letter to Caninius Salluste, the proquestor, said he believes that the insurance should exist in any case of transport of public goods (especially money) from the ancient city of Loadicea, saying that both sides should be protected from the risk of transport. From the above presented facts, it is evident that transactions closely related to the insurance existed in the ancient world, and that the above writers provide evidences that the concept was known if anything, for commercial purposes and trade.

Keywords: *insurance, insurance law, antiquity, history, sources.*

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

МЕЂУНАРОДНА научно-стручна конференција ISCTTL 2026 (2 ;
Брчко [Дистрикт])

Zbornik radova druge međunarodne naučno-stručne konferencije
ISCTTL 2026 / [urednici zbornika Željko Petrić... [et al.]]. - Banja Luka
: Primaprom ; Brčko [Distrikt] : Univerzitet "Privredna akademija", 2026
(Banja Luka : Markos Graphic&Design studio). - 374 стр. : илустр. ; 25
cm

Текст на срп. и енгл. језику. - Тираж 50. - Напомене и библиографске
референце уз текст. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-99997-43-12-9

656.1/.5(082)

COBISS.RS-ID 144317441

